



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



**INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE SAN LUIS POTOSÍ**

**APUNTES**

# **INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Clave INR-1017**

**Ingeniería Industrial  
IIND-2010-227**

**María Merced Cruz Rentería**

**Septiembre 2025**

## **Contribución académica**

El objetivo general del programa educativo de Ingeniería Industrial es “Formar profesionales, éticos, líderes, creativos y emprendedores en el área de Ingeniería Industrial; competente para diseñar, implantar, administrar, innovar y optimizar sistemas de producción de bienes y servicios; con enfoque sistémico y sustentable en un entorno global”.

La asignatura de Ingeniería de Sistemas aporta el enfoque sistémico para abordar los retos y problemas cotidianos que se presentan en las organizaciones, debido a que no hay una causa única, sino mas bien, un conjunto de variables que inciden simultáneamente. La Ingeniería de Sistemas proporciona las bases teóricas para identificar el tipo de sistema o la problemática que se presenta, así como los abordajes metodológicos para encontrar el conjunto de variables o causas y poder reflejarlas en modelos estructurados para visualizar las posibles alternativas de acción.

El enfoque sistémico va acompañado de la sustentabilidad, porque en todo sistema en el que interviene el hombre hay uso de recursos materiales, financieros y naturales, algunos de los cuales son limitados.

Los ingenieros industriales intervienen en la optimización y mejora continua de los sistemas con herramientas de análisis, diagnóstico y seguimiento, apropiadas a sistemas duros (determinísticos) o a problemas blandos (relacionados con el factor humano).

La carrera de Ingeniería Industrial tiene la acreditación por CACEI por cinco años, de 2023 a 2027, y de los diez Atributos de Egreso (AE) vigentes, en los siguientes hay una contribución de la asignatura Ingeniería de Sistemas: “Problemas de Ingeniería” Identifica, formula y resuelve problemas de ingeniería complejos; “Diseño de Ingeniería” Diseña y desarrolla soluciones para los problemas de ingeniería complejos. Diseña sistemas, procesos o componentes que satisfacen necesidades específicas; “Mejora continua” Aplica herramientas de mejora continua, como manufactura esbelta y seis sigma, en la solución de problemas relacionados con la productividad de los sistemas, procesos o componentes; “Sustentabilidad” Ejerce su profesión con enfoque sistémico y sustentable, de respeto a la conservación y uso racional de los recursos naturales.

Como se puede apreciar, la asignatura de Ingeniería de Sistemas, es de gran ayuda para tener una visión holista de los sistemas o problemas.

## ÍNDICE GENERAL

| <b>Contenido</b> |                                                      |                                                                    | <b>Página</b> |
|------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Unidad 1</b>  | <b>La Teoría General de Sistemas</b>                 |                                                                    | <b>1</b>      |
|                  | <b>1.1</b>                                           | <b>Teoría General de Sistemas</b>                                  | <b>2</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.1.1 Orígenes y evolución de la teoría General de Sistemas</b> | <b>2</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.1.2 Finalidad de la TGS</b>                                   | <b>4</b>      |
|                  | <b>1.2</b>                                           | <b>Sistemas</b>                                                    | <b>6</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.2.1 Concepto de Sistema</b>                                   | <b>6</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.2.2 Límites de los Sistemas</b>                               | <b>7</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.2.3 Entornos o medio ambiente de los Sistemas</b>             | <b>7</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.2.4 Pensamiento Sistémico</b>                                 | <b>7</b>      |
|                  | <b>1.3</b>                                           | <b>Conceptualización de principios</b>                             | <b>8</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.3.1 Causalidad</b>                                            | <b>8</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.3.2 Teleología</b>                                            | <b>8</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.3.3 Recursividad</b>                                          | <b>8</b>      |
|                  |                                                      | <b>1.3.4 Manejo de Información</b>                                 | <b>9</b>      |
| <b>Unidad 2</b>  | <b>Propiedades y Características de los Sistemas</b> |                                                                    | <b>12</b>     |
|                  | <b>2.1</b>                                           | <b>Propiedades de los Sistemas</b>                                 | <b>13</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.1. Estructura</b>                                           | <b>13</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.2. Emergencia</b>                                           | <b>14</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.3. Comunicación</b>                                         | <b>14</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.4. Sinergia</b>                                             | <b>15</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.5. Homeostasis</b>                                          | <b>15</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.6. Equifinalidad</b>                                        | <b>16</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.7. Entropía</b>                                             | <b>16</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.8. Inmergencia</b>                                          | <b>16</b>     |
|                  |                                                      | <b>2.1.9. Control</b>                                              | <b>17</b>     |

|                 |     |                                                                       |           |
|-----------------|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
|                 |     | 2.1.10. Ley de la variedad requerida                                  | 18        |
|                 | 2.2 | Organización de los Sistemas Complejos                                | 18        |
|                 |     | 2.2.1. Supra-Sistemas                                                 | 19        |
|                 |     | 2.2.2. Infra-Sistemas                                                 | 19        |
|                 |     | 2.2.3. Iso-Sistemas                                                   | 20        |
|                 |     | 2.2.4. Hetero-Sistemas                                                | 21        |
| <b>Unidad 3</b> |     | <b>Taxonomía de los Sistemas</b>                                      | <b>24</b> |
|                 | 3.1 | Los Sistemas en el contexto de la solución de problemas               | 25        |
|                 |     | 3.1.1. La naturaleza del pensamiento de Sistemas duros                | 25        |
|                 |     | 3.1.2. La naturaleza del pensamiento de los sistemas blandos (suaves) | 25        |
|                 | 3.2 | Taxonomía de Boulding                                                 | 26        |
|                 | 3.3 | Taxonomía de Jordan                                                   | 27        |
|                 | 3.4 | Taxonomía de Beer                                                     | 28        |
|                 | 3.5 | Taxonomía de Checkland                                                | 29        |
| <b>Unidad 4</b> |     | <b>Metodología de los Sistemas Duros</b>                              | <b>32</b> |
|                 | 4.1 | Paradigma de análisis de los Sistemas duros                           | 33        |
|                 | 4.2 | Metodología de Hall y Jenking                                         | 34        |
|                 | 4.3 | Aplicaciones (enfoque determinístico)                                 | 40        |
| <b>Unidad 5</b> |     | <b>Metodología de los Sistemas Blandos</b>                            | <b>43</b> |
|                 | 5.1 | Metodología de los Sistemas suaves de Checkland                       | 43        |
|                 | 5.2 | El Sistema de actividad humana como un lenguaje de modelación         | 45        |
|                 | 5.3 | Aplicaciones (enfoque probabilístico)                                 | 47        |

## **Competencia de la asignatura**

- ❖ Desarrollar un pensamiento holístico al obtener conocimientos sobre el enfoque de sistemas, que le permita un mejor análisis para la toma de decisiones, búsqueda de alternativas y oportunidades, para redefinir y solucionar problemas, estableciendo una relación armónica con su medio ambiente comprendiendo todas las entradas, salidas del sistema, sus interrelaciones y características de sus elementos permitiéndole modelar un sistema de interés para obtener una solución viable respetando la naturaleza del sistema.

## Unidad 1. La Teoría General de Sistemas

### Competencia específica:

- ❖ Desarrolla el conocimiento del concepto de sistemas y enfoque sistémico su interpretación práctica y su evolución.
- ❖ Conoce las teorías de los principales filósofos del enfoque sistémico.
- ❖ Comprende y compara otras culturas en el proceso de implementación del enfoque sistémico.

### Contenido

#### 1.1 Teoría General de Sistemas.

1.1.1 Orígenes y evolución de la teoría General de Sistemas.

1.1.2 Finalidad de la TGS

#### 1.2 Sistemas.

1.2.1 Concepto de Sistema.

1.2.2 Límites de los Sistemas.

1.2.3 Entornos o medio ambiente de los sistemas

1.2.4 Pensamiento Sistémico

#### 1.3 Conceptualización de principios.

1.3.1 Causalidad.

1.3.2 Teleología.

1.3.3 Recursividad.

1.3.4 Manejo de Información.

### Desarrollo de la unidad

Previo al desarrollo de la Teoría General de Sistemas, la investigación científica se orientaba principalmente al mecanicismo, que explicaba la naturaleza como si fuera una máquina. Bajo esta perspectiva, cada disciplina se dedicaba a estudiar fenómenos aislados para identificar sus rasgos principales y las leyes causales que los gobernaban. Este enfoque favoreció importantes avances, aunque su carácter reduccionista resultó limitado frente a los retos multidisciplinarios de la ciencia actual.

## 1.1 Teoría General de Sistemas

La TGS se plantea como una propuesta interdisciplinaria que busca comprender la realidad de manera integrada. A diferencia de los enfoques tradicionales, no se limita a un área específica, sino que articula saberes de distintas disciplinas para analizar un sistema en su totalidad (Rodríguez-Valencia, 2003).

La TGS se centra en encontrar principios universales aplicables a los sistemas en general, lo que permitiría pensar en la posibilidad de alcanzar la unificación de la ciencia por medio de la noción de isomorfismo entre los diferentes campos, es decir, mediante la uniformidad estructural que permite el uso de modelos mejor conocidos o más simples para explicar fenómenos complejos o difíciles de manejar (Ramírez, 1999).

Para abarcar el espectro total de un problema, el método que propone la TGS es el **enfoque de sistemas**, lo que significa resolver el problema del sistema mayor, con soluciones que satisfagan los objetivos de los subsistemas y, al mismo tiempo, garanticen la sobrevivencia del sistema global.

La principal premisa de la TGS es que, para entender completamente la operación de un organismo social o biológico, éste debe ser concebido como un sistema (Rodríguez-Valencia, 2003).

### 1.1.1 Orígenes y evolución de la TGS

El origen de la TGS podría remontarse a los orígenes de la ciencia y la filosofía, pero para efectos prácticos, la línea de tiempo se iniciará con algunas ideas relacionadas con la TGS que se le atribuyen al filósofo alemán George Wilhem Friederich Hegel (1770-1831):

1. El todo es más que la suma de las partes
2. El todo determina la naturaleza de las partes
3. Las partes no pueden comprenderse si se aíslan o separan del todo
4. Las partes están dinámicamente interrelacionadas o son interdependientes

Desde Hegel se reconoce que la esencia de un sistema no puede comprenderse únicamente al separar sus componentes, pues es la interacción entre ellos la que define su naturaleza. Retomando esta idea, Bertalanffy diferenció los sistemas abiertos —que mantienen intercambio constante con su entorno— de los cerrados, regidos solo por leyes físicas (Bertalanffy, 1956).

De una manera más puntual, en 1954 se formó la *Society for Advancement of General Systems Theory* (Sociedad para el avance de la Teoría General de Sistemas); en 1957 el nombre cambió a *Society for General System Research* (Sociedad para la investigación

general de sistemas). Esta sociedad sentó las bases y los objetivos de la TGS (Johansen-Bertoglio, 1993):

- a. Investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos y facilitar las transferencias entre aquellos.
- b. Promoción y desarrollo de modelos teóricos en campos que carecen de ellos.
- c. Reducir la duplicación de los esfuerzos teóricos
- d. Promover la unidad de la ciencia a través de principios conceptuales y metodológicos unificadores.

En 1956 Ludwig von Bertalanffy publicó su libro “Sistemas Generales” en el que dio conocer los propósitos de esta nueva disciplina (Van Gigch, 1987):

- a. Propuesta de integrar las diferentes ciencias de las áreas naturales y sociales.
- b. Esta integración sería una teoría general de sistemas.
- c. Esta nueva teoría podría ser el medio para abordar campos no-físicos de la ciencia.
- d. Con esta nueva teoría se podría alcanzar el objetivo de formar una unidad de la ciencia.
- e. Y, finalmente, integrar la educación científica.

La visión de teoría de sistemas propuesta por Bertalanffy no fue única; hay un reconocimiento a otros enfoques que, en su estilo y propósito, también han abonado a la TGS, como lo son: la teoría de conjuntos (Mesarovic), la teoría de las redes (Rapoport), la teoría de los autómatas (Turing), entre otras. Por esta diversidad de teorías, en la práctica, se tienen que aplicar modelos diferentes acordes a la naturaleza del caso y con sus propios criterios operacionales, aún y cuando hay conceptos, modelos y principios de la TGS que son aplicables en lo general a los sistemas materiales, socioculturales y psicológicos (como el orden jerárquico y el feedback, entre otros).

En la evolución de la TGS ha habido otras contribuciones fundamentales de pensadores a lo largo del siglo XX, como las siguientes:

| <b>Año aproximado</b> | <b>Autor</b>               | <b>Contribución importante a la TGS</b>                                                                                |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1928                  | Koehler                    | Primeros intentos para expresar la forma en que las propiedades de los sistemas regulan la conducta de los componentes |
| 1930                  | Varios                     | Conceptos ligados a sistemas abiertos concurrentemente en termodinámica y biología                                     |
| 1942                  | Redfield                   | Tratado de unificación. Anticipa el movimiento general de sistemas                                                     |
| 1948                  | John von Newman            | Teoría general autómatas y fundamentos de la inteligencia artificial                                                   |
| 1948                  | C. E. Shannon              | Teoría de la información, aborda los problemas originados en las interconexiones de los subsistemas y componentes      |
| 1948                  | Norbert Wiener             | Cibernética y estudio de las comunicaciones. Conceptos de entropía, desorden, cantidad de información e incertidumbre  |
| 1950                  | Whitacker, Krech y Bentley | Ejemplos de sistemas abiertos e la ecología, sistemas neurológicos y la filosofía                                      |
| 1950                  | Singer y Sommerhoff        | Consideraciones de teorías de sistemas antes que la TGS madurara como disciplina independiente                         |
| 1954                  | Kenneth Boulding           | Jerarquía de los sistemas de acuerdo a su complejidad                                                                  |
| 1956                  | Ross W. Ashby              | Bases de la cibernética. Conceptos de autorregulación y autodirección                                                  |
| 1961                  | Jay W. Forrester           | Dinámica industrial, concepto de retroalimentación ( <i>feedback</i> )                                                 |
| 1965                  | Stafford Beer              | Cibernética y administración                                                                                           |

### **1.1.2 Finalidad de la TGS**

Entre los fines de la TGS destacan: establecer un lenguaje común que facilite la descripción de sistemas, generar leyes que expliquen sus dinámicas, y construir modelos aplicables en diversos campos. Asimismo, busca reconocer similitudes estructurales entre disciplinas y favorecer su integración (Johansen-Bertoglio, 1993).

## ***Aplicación en la práctica de la TGS***

Johansen-Bertoglio (1993) presenta las tendencias en la aplicación de la TGS:

- A. Cibernética: ciencia creada por N. Wiener, se basa en el principio de la Retroalimentación o causalidad circular y de Homeóstasis. Explica los mecanismos de comunicación y control de las máquinas y los seres vivos; ayuda a comprender los comportamientos generados por estos sistemas caracterizados por sus propósitos y sus capacidades de autoorganización y autocontrol.
- B. Teoría de la Información (Shannon y Weaver): los matemáticos que han desarrollado esta teoría han llegado a la sorprendente conclusión que la fórmula de la información es exactamente igual a la fórmula de la Entropía, sólo con signo cambiado. La Entropía positiva en la Física es una medida de desorden, mientras que la Entropía negativa o Neguentropía es una medida de organización:  $\text{Información} = -\text{Entropía}$  o, lo que es también  $\text{Información} = \text{Neguentropía}$
- C. Teoría de Juegos (*Games Theory*): Von Neumann. disciplina que trata de analizar mediante un marco de referencia matemática la competencia que se produce entre dos o más sistemas racionales antagonistas, que buscan maximizar sus ganancias y minimizar sus pérdidas.
- D. La Teoría de la Decisión: este campo de estudio tiene dos líneas diferentes de análisis; la primera, parecida a la Teoría de Juegos, que se basa en examinar una gran cantidad de situaciones y sus posibles consecuencias, determinando una decisión basada en probabilidades que optimice el resultado. La segunda línea se enfoca en el estudio de la conducta que sigue el sistema social al afrontar el proceso de decisiones, poniendo énfasis en los problemas de comunicación y sus riesgos.
- E. Topología o Matemática Relacional: es relativamente una de las nuevas ramas de las matemáticas con una fuerte repercusión en la mayoría de las ramas de las matemáticas e incluso en otras ciencias, como las ciencias sociales. Es más bien un pensamiento geométrico que se aplica en campos tales como las redes, los gráficos y los conjuntos.
- F. Análisis Factorial: ciencia que trata de determinar las principales dimensiones de los grupos y se aplica en diferentes áreas, como las ciencias sociales y especialmente la psicología.
- G. Ingeniería de Sistemas: es una técnica para estudiar sistemas complejos como los sistemas industriales, que implican la planeación, diseño, evaluación y construcción científica de sistemas Hombre-Máquina. Esta disciplina conjunta componentes heterogéneos como hombres, máquinas, edificios, dinero, flujos de materias primas

y de producción, etcétera, que al ser vistos como un sistema se pueden analizar como tal.

- H. Investigación de Operaciones: la *Operational Research* se creó en Inglaterra durante la Segunda Guerra Mundial por un grupo de sabios y técnicos de las diferentes ramas del saber, para resolver problemas particulares de las fuerzas armadas. El propósito en ese momento fue resolver problemas complejos derivados de la dirección y administración de los grandes sistemas compuestos por hombres, máquinas, materiales y dinero en la industria, el gobierno y la defensa. Esta disciplina incorporó factores como el azar y el riesgo para predecir y comparar los resultados de las diferentes decisiones con bases científicas.

## 1.2 Sistemas

### 1.2.1 Concepto de Sistema

Un sistema puede entenderse como un conjunto organizado de elementos —ya sean objetos, conceptos o personas— que interactúan de manera interdependiente con el fin de alcanzar objetivos específicos. Más allá de la suma de sus componentes, un sistema mantiene cierta coherencia y estabilidad gracias a las relaciones que vinculan sus partes. Esta visión permite distinguir sistemas naturales (como organismos vivos), sistemas artificiales (como máquinas o programas) y modelos conceptuales que sirven para interpretar la realidad.

#### *Clasificaciones básicas de sistemas generales*

- a. Según su **entitividad** los sistemas pueden ser agrupados en reales, ideales y modelos. Los primeros son objetos o sujetos; los segundos son construcciones simbólicas, como el caso de la lógica y las matemáticas; el tercer tipo corresponde a abstracciones de la realidad, en donde se combina lo conceptual con las características de los objetos.
- b. Con relación a su **origen** los sistemas pueden ser naturales o artificiales, distinción que apunta a destacar la dependencia o no en su estructuración por parte de otros sistemas.
- c. Con relación al **ambiente o grado de aislamiento**. El ambiente es el contexto o entorno que rodea a un sistema e incluye todos los elementos externos que pueden afectar al sistema, ya sea de manera directa o indirecta, mientras que el grado de aislamiento refleja la medida en que un sistema interactúa con ese ambiente, clasificándose en sistemas abiertos y cerrados (Johansen-Bertoglio, 1993):

*Sistemas abiertos:* Interactúan intensamente con su ambiente, intercambiando materia, energía e información, lo que es característico de los sistemas vivos (plantas, animales, célula, el ser humano, los grupos sociales) son sistemas dinámicos y adaptables a los cambios ambientales.

*Sistemas cerrados:* éstos sistemas, al contrario de los sistemas abiertos, no son capaces de hacer los intercambios por su cuenta. En ocasiones el término sistema

cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como sería el caso de los circuitos cerrados. Máquinas, minerales y, en general, objetos que no contienen materia viva pertenecen a este grupo.

### **1.2.2 Límites de los Sistemas**

La frontera o límite de un sistema se entiende como aquella línea que separa el sistema de su entorno o suprasistema, y que define lo que le pertenece y lo que queda fuera de él (Johansen-Bertoglio, 1993).

Al estudiar un fenómeno en particular, es conveniente enmarcarlo en un sistema definido por sus tres componentes: objetivo, elementos, interrelaciones, así como el ambiente con el cual establece relaciones vitales y significativas. De esta manera la TGS proporciona un marco conceptual que permite analizar cómo se relacionan determinados elementos o sistemas y para qué; cuáles elementos son necesarios y cómo se interrelacionan para producir un determinado resultado y para qué existen determinadas interrelaciones entre ciertos elementos y cuáles son estos elementos (Rodríguez-Valencia, 2003).

*Suprasistema (supersistema):* Es el sistema superior al sistema de referencia, que es el que está bajo estudio.

### **1.2.3 Entornos o medio ambiente de los sistemas**

El medio que rodea a un sistema es lo que está fuera, que no pertenece al sistema, que se encuentra más allá de sus límites o fronteras. Una forma de determinarlo es fijando las fronteras reales del sistema de acuerdo con el problema concreto. Un buen método para determinar si un aspecto determinado pertenece al medio o al sistema es dando respuesta a dos preguntas: ¿Puedo hacer algo frente a ello? ¿Tiene importancia para mis objetivos? Si las respuestas son negativa y positiva, respectivamente, ese aspecto constituye el medio (Johansen-Bertoglio, 1993).

La distinción entre sistemas abiertos y cerrados es fundamental para la comprensión de los principios básicos de la TGS: un sistema abierto es el que posee medio, es decir, otros sistemas con los cuales se relaciona. La definición de límites del sistema determina cuáles sistemas se consideran bajo control de quienes toman las decisiones, y cuáles deben dejarse fuera de su jurisdicción (Van Gigch, 1987).

Es el contexto o entorno que rodea a un sistema. Incluye todos los elementos externos que pueden afectar al sistema, ya sea de manera directa o indirecta. La relación entre el sistema y su ambiente es crucial, ya que el sistema debe adaptarse y procesar información del ambiente para mantener su integridad y funcionar correctamente.

### **1.2.4 Pensamiento Sistémico**

En el pasado, el conocimiento sobre una máquina de vapor, un automóvil o un receptor de radio era competencia de un ingeniero con su respectiva especialidad. Este tipo de artefactos están clasificados como sistemas físicos cerrados y con un comportamiento totalmente predecible. Sin embargo, cuando se trata de sistemas complejos, como son los abiertos, se requiere de un conjunto de conocimientos y tecnologías que se combinan con la intervención del ser humano, creando una serie de interacciones y problemas que requieren más conocimiento que el de un ingeniero especialista.

El pensamiento sistémico propone mirar los problemas de manera integral, entendiendo que cada elemento forma parte de una red de interacciones. Este enfoque permite identificar causas profundas y anticipar consecuencias, más allá de los síntomas inmediatos (Osorio-Gómez, 2017).

En situaciones complejas, el pensamiento sistémico facilita la identificación de causas raíz en lugar de enfocarse en los síntomas, lo que permite desarrollar soluciones más efectivas y duraderas, así como mejora la toma de decisiones y evalúa las consecuencias de éstas.

### **1.3 Conceptualización de principios**

La TGS se basa en varios principios fundamentales que describen el comportamiento y la estructura de los sistemas. Estos principios incluyen la totalidad, la organización, la interdependencia, la retroalimentación, la jerarquía, la apertura y la complejidad. Ayudan a entender cómo los sistemas funcionan, interactúan y evolucionan, tanto en contextos naturales como artificiales.

#### **1.3.1 Causalidad**

Es la relación causa-efecto entre los elementos o componentes de un sistema, que determina su comportamiento y su funcionamiento. La causalidad implica que todo efecto tiene una causa y que toda causa produce un efecto (Bertalanffy, 1976).

Cualquier cambio en un elemento del sistema, resultará en un cambio sobre él mismo. Lo importante, es que ese cambio no será inmediato, ya que en el pensamiento sistémico la causa y el efecto no siempre se encuentran cercanos en el tiempo (Osorio-Gómez, 2017).

#### **1.3.2 Teleología**

Es la doctrina filosófica de las causas finales, que busca explicar y justificar los estados del mundo en términos de causas posteriores que pueden relegarse a futuros no inmediatos en tiempo y espacio (Van Gigch, 1987).

Es el estudio de los fines o propósitos de los sistemas; la teleología sostiene que todo sistema tiene un objetivo o una finalidad que orienta su actividad y su evolución. La teleología se opone al determinismo que niega la existencia de fines libres (Johansen-Bertoglio, 1993).

#### **1.3.3 Recursividad**

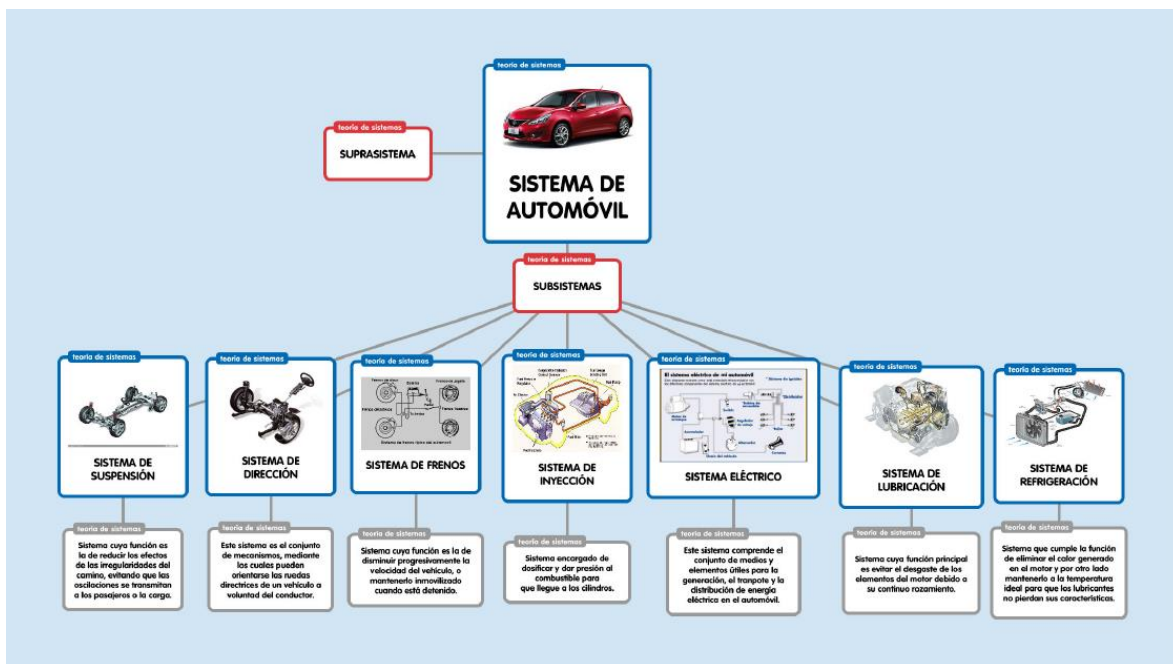
El concepto de Recursividad se aplica a sistemas dentro de sistemas mayores (sistemas y subsistemas), y a ciertas características particulares o más bien, funciones y conductas propias de cada sistema y que son semejantes a las de los sistemas mayores (Johansen-Bertoglio, 1993).

Se puede entender un sistema compuesto de partes con características que, a su vez, son objetos sinérgicos (sistemas). Cada uno de estos objetos, no importando su tamaño, tiene propiedades que lo convierten en una totalidad, es decir, en elemento interdependiente.

Los conceptos de subsistema, sistema y suprasistema llevan implícita la idea de recursividad, debido a que tanto los subsistemas y suprasistemas son además sistemas; en este sentido, las propiedades de los tres elementos son semejantes y fácilmente se pueden encontrar en analogías y homologías. Lo que es aplicable al sistema lo es para el subsistema y

suprasistema. La recursividad permite a los sistemas autoorganizarse, adaptarse y evolucionar. (Johansen-Bertoglio, 1993).

*Subsistema:* Conjuntos de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor. Así los subsistemas son sistemas más pequeños dentro de sistemas mayores (Johansen-Bertoglio, 1993). En términos generales, los subsistemas tienen las mismas propiedades que los sistemas (sinergia) y su delimitación es relativa a la posición del observador de sistemas y al modelo que tenga de éstos (Arnold-Cathalifaud y Osorio, 1998).



**Recursividad: Sistemas dentro de sistemas mayores  
(Sistema y sus subsistemas).  
Fuente: Torres (2018)**

### 1.3.4 Manejo de Información

En la TGS el manejo de información es un principio transversal ya que cualquier sistema abierto necesita captar, procesar, transmitir y usar información para mantenerse estable o adaptarse y sobrevivir. El manejo de información es una función estructural y dinámica indispensable para definir fronteras, sostener la comunicación interna, guiar la adaptación, y permitir que los sistemas, sean sociales, vivos u organizacionales, operen eficazmente.

Ludwig von Bertalanffy, propuso los conceptos de entradas (inputs), salidas (outputs), retroalimentación (feedback) y control (homeostasis), que de alguna manera dejan claro que la información es esencial para entender cómo un sistema se organiza y regula.

En la Cibernética (Norbert Wiener), el manejo de información se entiende como el núcleo del control y la comunicación en sistemas, tanto vivos como artificiales. La información es el insumo que permite regular el comportamiento mediante retroalimentación (feedback). Sin un flujo adecuado de información, el sistema no puede corregir desviaciones ni mantener su homeostasis.

En la Teoría de la Información desarrollada por Shannon, el manejo de información se centra en cómo cuantificar, codificar y transmitir mensajes de manera eficiente y confiable a través de un canal, minimizando el efecto del ruido y maximizando la capacidad de transmisión. Aunque Shannon no aborda el significado de la información, su marco matemático sienta las bases para que los sistemas tengan canales óptimos de comunicación y reduzcan pérdidas (OpenAI, 2025).

Miller (1978) sostiene que los sistemas vivos, desde células hasta sociedades, procesan materia, energía e información mediante subsistemas especializados, algunos de éstos sirven exclusivamente para manejar información, lo que confirma que la gestión de información está en el corazón de la estructura y dinámica de los sistemas.

La información y su manejo disminuyen la incertidumbre a la que están sujetos los sistemas.

## Fuentes de consulta

- Arnold-Cathalifaud, M. & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio, núm. 3, Universidad de Chile. Santiago, Chile
- Bertalanffy, L. Von. (1976). *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Johansen-Bertoglio, O. (1993). Introducción a la Teoría General de Sistemas. 1ª. Ed. México: Limusa.
- Miller, J. G. (1978). *Living systems*. McGraw-Hill
- Osorio-Gómez, J. C. (2017). Introducción al pensamiento sistémico. Colombia: Universidad del Valle. Disponible en: <https://doi.org/10.25100/peu.88>
- OpenAI (2025). ChatGPT. versión del 12 de agosto de 2025
- Ramírez, S. (1999). Teoría general de sistemas de Ludwig von Bertalanffy. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM. (Aprender a aprender) Recuperado de: <https://ru.ceiich.unam.mx/handle/123456789/3409>
- Rodríguez-Valencia, J. (2003). Introducción a la administración con enfoque de sistemas. 4a. Ed. México: International Thomson Editores, S. A. de C. V.
- Van Gigch, J.P. (1987). Teoría General de Sistemas. 2a. Ed. México: Trillas.

## Unidad 2. Propiedades y Características de los Sistemas

### Competencia específica:

- ❖ Comprende e interpreta las propiedades de los sistemas.
- ❖ Aplica el conocimiento de las características de los sistemas y la organización de los sistemas complejos.
- ❖ Sabe interpretar los requerimientos de los diferentes tipos de sistemas.
- ❖ Establece actualización de los procesos sobre los diferentes tipos de sistemas.

### Contenido

#### 2.1. Propiedades de los Sistemas.

- 2.1.1. Estructura.
- 2.1.2. Emergencia.
- 2.1.3. Comunicación.
- 2.1.4. Sinergia.
- 2.1.5. Homeostasis.
- 2.1.6. Equifinalidad.
- 2.1.7. Entropía.
- 2.1.8. Inmergencia.
- 2.1.9. Control.
- 2.1.10. Ley de la variedad requerida

#### 2.2. Organización de los Sistemas Complejos:

- 2.2.1. Supra-Sistemas.
- 2.2.2. Infra-Sistemas.
- 2.2.3. Iso-Sistemas.
- 2.2.4. Hetero-Sistemas.

## Desarrollo de la unidad

En el contexto de la Teoría General de Sistemas (TGS), la **complejidad** se refiere a la dificultad para entender o predecir el comportamiento de un sistema debido a la gran cantidad de elementos interconectados y a sus interacciones. No se trata simplemente de un sistema grande, sino de un sistema con muchas partes que interactúan de manera no lineal, lo que puede llevar a resultados inesperados y difíciles de anticipar.

Rodríguez-Valencia (2003) aborda la complejidad como una característica propia de los sistemas, especialmente de los sistemas sociales y organizacionales; no es un atributo negativo o un problema a resolver, sino una propiedad fundamental de la realidad que debe ser entendida y abordada. La complejidad se manifiesta en la interdependencia, la adaptación y la imprevisibilidad de sus comportamientos.

La TGS sirve para analizar y comprender sistemas complejos al identificar sus propiedades y características. Al hacerlo, se facilita la comprensión de cómo funcionan los sistemas, cómo interactúan con su entorno y cómo pueden ser gestionados o mejorados.

Conocer las propiedades y características de los sistemas proporciona una visión más completa y menos reduccionista que los enfoques tradicionales; identifica patrones y comportamientos, relaciones de causa efecto y tendencias dentro del sistema que se está analizando; permite analizar cómo los sistemas responden a cambios del entorno y cómo pueden ajustarse para mantener su funcionamiento; ayuda a identificar áreas de oportunidad y cuellos de botella, para optimizar el sistema; aporta información valiosa en la toma de decisiones; facilita la comunicación entre diferentes disciplinas que estudian los sistemas al utilizar un lenguaje común; la comprensión de las propiedades de un sistema facilita la creación de modelos y simulaciones que permiten predecir el comportamiento del sistema y evaluar diferentes escenarios.

## 2.1 Propiedades de los Sistemas

### 2.1.1 Estructura

La noción de estructura dentro de la TGS se refiere a cómo se organizan y relacionan los distintos elementos que conforman un sistema. Esta disposición, junto con la jerarquía interna, determina la manera en que se comunican, colaboran y logran objetivos (Ackoff, 1981; Bertalanffy, 1976).

Las interconexiones determinan cómo se transmiten la información y la energía dentro del sistema, lo que afecta su funcionamiento y comportamiento (Miller, 1978).

### **2.1.2 Emergencia**

La emergencia describe cómo, a partir de la interacción entre los elementos de un sistema, aparecen propiedades nuevas que no pueden explicarse al analizar cada componente por separado. Dichas propiedades son resultado de la organización colectiva y exigen un enfoque holístico para comprender fenómenos complejos, como sucede en organizaciones sociales o en procesos biológicos (Osorio-Gómez, 2017).

Esta propiedad es lo opuesto al paradigma reduccionista, y es esencial considerarla al momento de estudiar los sistemas complejos, como lo son las organizaciones, en el entendido de que las propiedades básicas están presentes debido a la interacción de los elementos que las componen y no por el análisis de éstos en forma individual (Osorio-Gómez, 2017).

### **2.1.3 Comunicación**

En la TGS la comunicación se entiende como un proceso de interacción entre los componentes de un sistema y su entorno. Esta interacción implica la transmisión y recepción de información, así como la retroalimentación que influye en el comportamiento y la estructura del sistema (Bertalanffy, 1976). La información es la más importante corriente negentrópica de los sistemas. Precisamente, cuando se posee información confiable y oportuna, el sistema funciona bien, es decir, no hay lugar a indecisiones, dudas o acciones erróneas, por el contrario, cuando no se posee información tiende a reinar el desorden (Osorio-Gómez, 2017).

La comunicación en los sistemas además está asociada con la adaptabilidad del sistema a su entorno cambiante. La capacidad de un sistema para comunicarse internamente y con su entorno le permite detectar cambios, aprender de ellos y ajustar su comportamiento para mantener la eficiencia y la funcionalidad (Scott, 2007).

La comunicación en un sistema puede ser interna o externa:

- ❖ Comunicación interna: Permite el intercambio de información entre los diferentes componentes del sistema, facilitando la coordinación y la colaboración. Posibilita la detección de problemas o fallas internas, lo que permite una respuesta rápida y eficiente. Facilita el aprendizaje y la adaptación a cambios dentro del sistema.
- ❖ Comunicación externa: Permite al sistema recibir información sobre el entorno, como cambios en las condiciones ambientales o la presencia de amenazas. Facilita la adaptación del sistema a las condiciones cambiantes del entorno, mejorando su supervivencia y éxito. Permite al sistema interactuar con otros sistemas o entidades, lo que puede ser crucial para su funcionamiento y supervivencia.

La retroalimentación (feedback), según la TGS, es un mecanismo de control esencial para el funcionamiento de un sistema. Permite que el sistema reciba información sobre su propio

desempeño, la cual utiliza para ajustarse y asegurar el logro de sus objetivos, tal como lo describió Wiener en 1948. En otras palabras, es un proceso donde la salida del sistema se utiliza para modificar su entrada, creando un ciclo que permite la adaptación y el mantenimiento del equilibrio.

#### **2.1.4 Sinergia**

De manera simple, la sinergia es cuando la suma de las partes es diferente del todo; hay objetos que poseen sinergia, mientras que otros no. La sinergia es inherente a los sistemas, puesto que únicamente se considerará sistema si la posee, por el contrario, un “sistema” desprovisto de sinergia se considera como un conglomerado, esto significa que la suma de las partes es igual al todo (Osorio-Gómez, 2017).

La sinergia implica que el comportamiento de un sistema no puede deducirse simplemente sumando las acciones de sus partes. Al contrario, la interacción entre los elementos genera resultados distintos y frecuentemente más potentes que los alcanzables de forma aislada (Ackoff, 1981). Este principio es clave para entender cómo equipos de trabajo, ecosistemas o empresas pueden obtener ventajas colectivas que superan las capacidades individuales.

En el desarrollo de las organizaciones y sistemas sociales, la sinergia es una capacidad fundamental en la creatividad colectiva. La sinergia puede conducir a la generación de nuevas ideas y soluciones creativas a través de la colaboración y la interacción entre los elementos del sistema (Kauffman, 1993). La sinergia también puede manifestarse en la mejora de la eficiencia operativa, donde la interacción armoniosa entre los componentes del sistema permite realizar tareas con menor consumo de recursos y mayor rendimiento (Bertalanffy, 1976).

Una empresa es un ejemplo de totalidad con sinergia, como lo describe Peter Drucker:

“La empresa debe ser capaz de producir más o mejor que todos los recursos que comprende; debe ser un verdadero todo; mayor que la suma de sus partes, o, por lo menos, diferente a ella, con un rendimiento mayor que la suma de todos sus consumos”.

#### **2.1.5 Homeostasis**

La homeostasis se refiere a la habilidad de un sistema para conservar su equilibrio interno incluso cuando enfrenta cambios externos. Este ajuste no es estático, sino dinámico (Ackoff, 1981): el sistema detecta variaciones en su entorno y activa mecanismos de compensación que le permiten continuar funcionando de manera estable. Un ejemplo clásico es la regulación de la temperatura en los organismos vivos (Ashby, 1956).

.

Esta capacidad de autorregulación es esencial para la supervivencia y el funcionamiento óptimo de los sistemas biológicos y sociales (Bertalanffy, 1976). Estos mecanismos de regulación pueden incluir retroalimentación negativa y procesos de autorregulación (Scott, 2007).

#### **2.1.6 Equifinalidad**

Es la capacidad de un sistema para alcanzar un mismo objetivo final a través de diferentes caminos o procesos alternativos. Esta flexibilidad permite a los sistemas adaptarse a diferentes condiciones y contextos para lograr sus metas (Bertalanffy, 1976).

Se refiere al hecho que un sistema vivo a partir de distintas condiciones iniciales y por distintos caminos llega a un mismo estado final. El fin se refiere a mantener un estado de equilibrio fluyente. "Puede alcanzarse el mismo estado final, la misma meta, partiendo de diferentes condiciones iniciales y siguiendo distintos itinerarios en los procesos orgánicos" (Bertalanffy, 1976:137).

La equifinalidad implica que un sistema puede llegar a un mismo resultado final utilizando una variedad de medios o estrategias diferentes. Esta pluralidad de medios aumenta la capacidad de adaptación y resiliencia del sistema ante cambios y perturbaciones (Miller, 1978).

La equifinalidad también está asociada con la capacidad de un sistema para recuperarse y adaptarse después de experimentar perturbaciones o cambios en su entorno. Los sistemas equifinales son más resilientes y pueden encontrar nuevas formas de alcanzar sus objetivos a pesar de los obstáculos (Kauffman, 1993).

#### **2.1.7 Entropía**

La entropía describe la tendencia natural de los sistemas cerrados a perder organización y volverse más caóticos con el tiempo. Este fenómeno, planteado en la segunda ley de la termodinámica, también se utiliza en la TGS para explicar procesos de deterioro y pérdida de estabilidad (Bertalanffy, 1976).

La entropía también está relacionada con el concepto de caos en sistemas dinámicos, donde un aumento en la entropía puede llevar a una mayor complejidad y variabilidad en el comportamiento del sistema, lo que puede afectar su eficiencia y capacidad para realizar trabajo útil (Jaynes, 1957). Este aumento en el caos puede ser tanto una fuente de innovación como un desafío para la estabilidad del sistema (Gleick, 1987).

#### **2.1.8 Inmergencia**

Anderson (1972), acuñó el concepto "rompimiento de simetría", que es el mecanismo por el cual surgen comportamientos novedosos y cualitativos cuando va en aumento la escala y la

complejidad. A medida que se asciende en la jerarquía científica, desde la física de partículas, pasando por la química y biología molecular, hasta la psicología y ciencias sociales, aparecen propiedades completamente nuevas que no se deducen de los niveles anteriores, y es lo que se llama inmergencia. También ésta puede manifestarse a través de procesos de autoorganización en los cuales los componentes individuales del sistema interactúan entre sí para producir patrones o estructuras ordenadas a nivel del sistema completo. Estos patrones emergentes son fundamentales para entender la complejidad y adaptabilidad de los sistemas.

La inmergencia puede conducir a la emergencia de nuevas propiedades o comportamientos en el sistema que no pueden explicarse por las características de los componentes individuales. Estas propiedades emergentes son el resultado de la interacción dinámica y la retroalimentación entre los niveles de organización (Holland, 1998).

La inmergencia se refiere a la interacción y relación recíproca entre diferentes niveles de organización en un sistema complejo; los niveles más bajos de organización (las partes individuales) están inmersos y afectados por los niveles más altos de organización (el sistema completo) y viceversa (Capra, 1996).

Un sistema puede ser parte de un sistema mayor, y este a su vez puede ser parte de otro aún mayor, creando una estructura jerárquica. Los sistemas inmersos y sus sistemas contenedores están interconectados y se influyen mutuamente. Al considerar la inmergencia, se puede analizar cómo las propiedades y comportamientos de un sistema están influenciados por su contexto y por los sistemas que lo contienen.

Ejemplos:

- ❖ Una célula es un sistema que está inmerso en un tejido, que a su vez es un sistema inmerso en un órgano, y así sucesivamente.
- ❖ Una empresa es un sistema inmerso en una industria, que a su vez está inmersa en la economía de un país.
- ❖ Un individuo es un sistema inmerso en una familia, que a su vez está inmersa en una comunidad.

### **2.1.9 Control**

La cibernética es el estudio del control y la comunicación en los sistemas, especialmente en relación con los mecanismos de retroalimentación y autorregulación. Este enfoque interdisciplinario es fundamental para comprender cómo los sistemas controlan su comportamiento y se adaptan a su entorno, tal como lo estableció en 1948 Wiener.

El control es el proceso o conjunto de mecanismos que permiten a un sistema influir en su propio estado o en el de otros sistemas, puede ser tanto interno (autorregulación) como

externo (intervención de otros sistemas), incluye la detección de desviaciones del estado deseado, la activación de mecanismos correctivos y la retroalimentación para ajustar el proceso.

El control en la TGS se refiere a la capacidad de influir en el comportamiento y la dinámica del sistema para alcanzar ciertos objetivos. Este proceso de regulación implica monitorear el estado del sistema, compararlo con un estándar deseado y tomar medidas correctivas según sea necesario (Ackoff, 1981). La retroalimentación negativa se utiliza para mantener la estabilidad del sistema (homeostasis), mientras que la retroalimentación positiva puede utilizarse para amplificar o cambiar el comportamiento del sistema (Scott, 2007).

Un ejemplo es el termostato de un sistema de calefacción, que detecta la temperatura ambiente y enciende o apaga la calefacción para mantenerla dentro de un rango deseado.

#### **2.1.10 Ley de la variedad requerida**

La ley de la variedad requerida o “Ley de Ashby” (en honor a su autor), postula que un sistema debe tener al menos la misma cantidad de variedad interna que el ambiente al que se enfrenta para poder manejar y responder eficazmente a la complejidad y la incertidumbre de ese entorno. Un sistema para poder controlar a otro debe ser capaz de equilibrar o igualar la variedad recibida con su capacidad de absorber variedad “Sólo la variedad absorbe variedad” (Johansen-Bertoglio, 2017).

La variedad requerida también puede entenderse como la diversidad necesaria dentro de un sistema para poder manejar con éxito una amplia gama de estímulos y desafíos del entorno. Esta diversidad puede manifestarse en términos de habilidades, recursos, respuestas y estructuras dentro del sistema. Destaca la importancia de la flexibilidad y la capacidad de adaptación en los sistemas para poder enfrentar y responder eficazmente a la variedad de demandas y cambios en su entorno. Los sistemas flexibles tienen una mayor probabilidad de sobrevivir y prosperar en entornos complejos y dinámicos (Scott, 2007).

## **2.2 Organización de los Sistemas Complejos**

La organización de los sistemas complejos es la manera en que las partes (subsistemas) se estructuran y se relacionan para que el todo funcione de manera coherente. No se trata solo de sumar componentes, sino de cómo emergen propiedades nuevas que no estaban presentes en las partes aisladas. Los sistemas intercambian energía, materia e información con el entorno, gracias a lo cual, se autoorganizan y mantienen su equilibrio (homeostasis)

La jerarquía ordena los sistemas en niveles, de menor a mayor complejidad. Cada nivel se construye a partir del anterior, lo que permite explicar cómo emergen propiedades nuevas que no existían en los niveles inferiores. El ejemplo de biología clásico:

Célula → Tejido → Órgano → Sistema biológico → Organismo → Ecosistema → Biósfera

Los tipos de relaciones que se dan entre sistemas, además de la posición jerárquica, también definen la forma en que se organizan los sistemas complejos:

- **Principio de Jerarquía.** Los sistemas complejos están organizados en niveles jerárquicos: un sistema contiene subsistemas, y a su vez forma parte de sistemas más amplios (suprasistemas). Por ejemplo, una célula conforma un tejido, éste forma parte de un órgano que, a su vez, pertenece a un organismo vivo que existe en un ecosistema.
- **Totalidad e interdependencia.** La organización no se reduce a las partes, pues cada elemento adquiere sentido dentro del sistema y pierde funcionalidad si se aísla. Por ejemplo, el corazón fuera del cuerpo no cumple la función de bombear sangre.
- **Comunicación y flujo de información.** En los sistemas complejos, la información fluye entre los componentes para coordinar acciones, lo que genera retroalimentación (feedback), que regula el comportamiento y le permite la adaptación. Un ejemplo, es el termostato biológico de la temperatura corporal.
- **Emergencia.** Surgen propiedades emergentes a nivel del sistema que no existen en los elementos aislados. Por ejemplo, la consciencia en el cerebro humano no está en una sola neurona, sino en la organización colectiva.
- **Principio de Equifinalidad.** En sistemas complejos abiertos, un mismo estado final puede alcanzarse desde condiciones iniciales diferentes y a través de múltiples caminos. Esto hace que la organización sea flexible y adaptable.

La dimensión jerárquica muestra como la complejidad crece cuando sistemas de nivel inferior se integran en niveles superiores, mientras que, por su parte, la dimensión de las relaciones explica cómo, en cada nivel, los sistemas se organizan, cooperan o interactúan con otros. Al juntar ambas dimensiones, se puede entender la dinámica real de los sistemas complejos en la forma de infrasistemas, isosistemas y heterosistemas.

### **2.2.1 Suprasistemas**

Un suprasistema se entiende como la unidad de mayor nivel que integra a otros sistemas (Torres, 2018). Ejemplo de ello es el cuerpo humano, que agrupa sistemas respiratorio, circulatorio y digestivo, entre otros.

### **2.2.2 Infrasisistemas**

En contraste, un infrasistema corresponde a subsistemas subordinados que cumplen funciones específicas dentro de la estructura general (Torres, 2018). Un ejemplo sería el Laboratorio de Ergonomía como infrasistema de la carrera de Ingeniería Industrial.

Desde otra perspectiva, es un conjunto de componentes interrelacionados con una interfaz clara que ofrece un servicio al sistema mayor. En el ejemplo que se muestra a continuación, las empresas que prestan servicios son infrasistemas de la empresa Callcenter Atento.

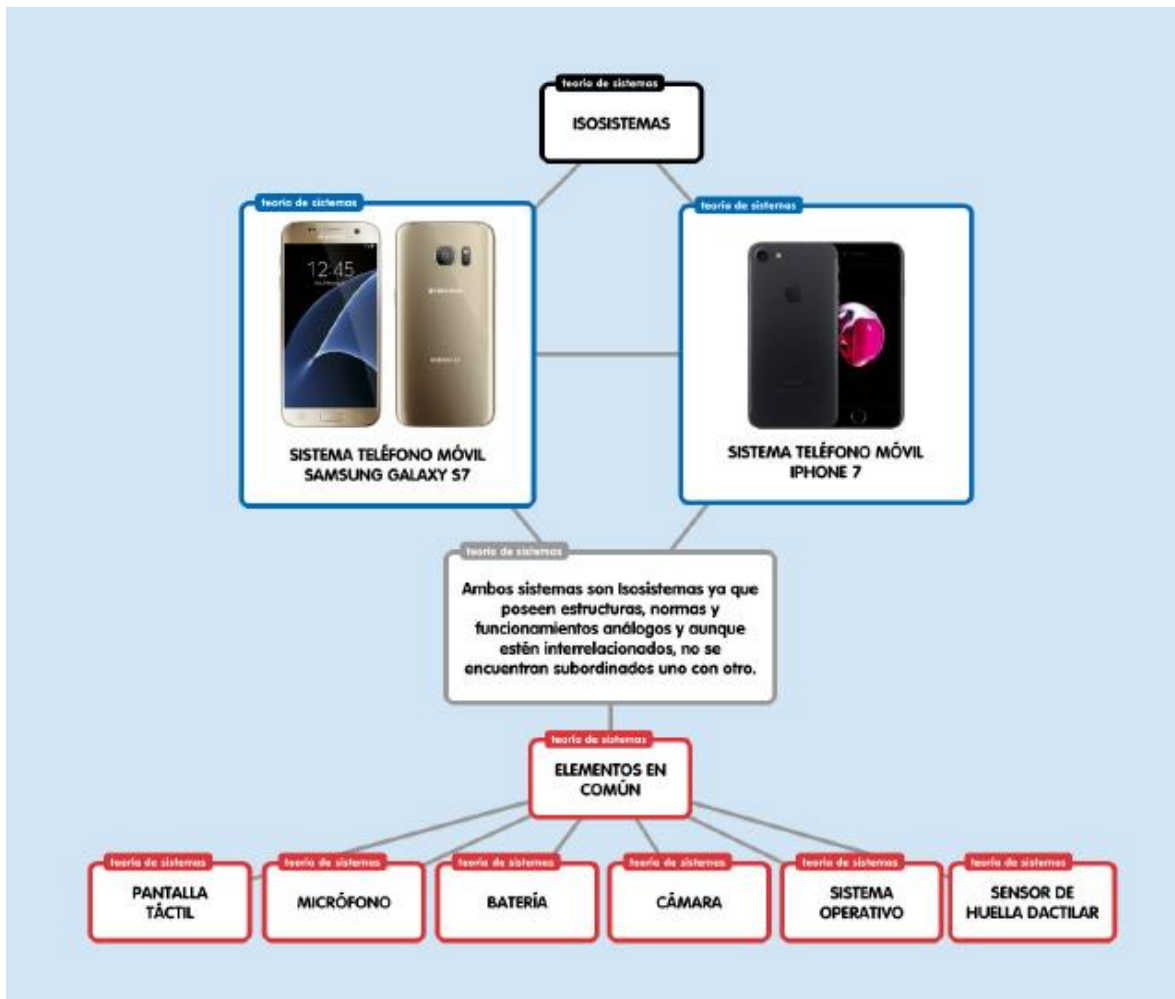


**Infrasistema. Fuente: Torres (2018)**

### 2.2.3 Isosistemas

Son sistemas con jerarquía y estructura análogas al sistema de referencia, pero no necesariamente están interconectados ni subordinados entre sí. Poseen normas, estructuras y comportamientos similares, aunque su funcionamiento puede diferir en la práctica (Torres, 2018). Por ejemplo, la carrera de Ingeniería Mecánica como isosistema de la carrera de Ingeniería Industrial.

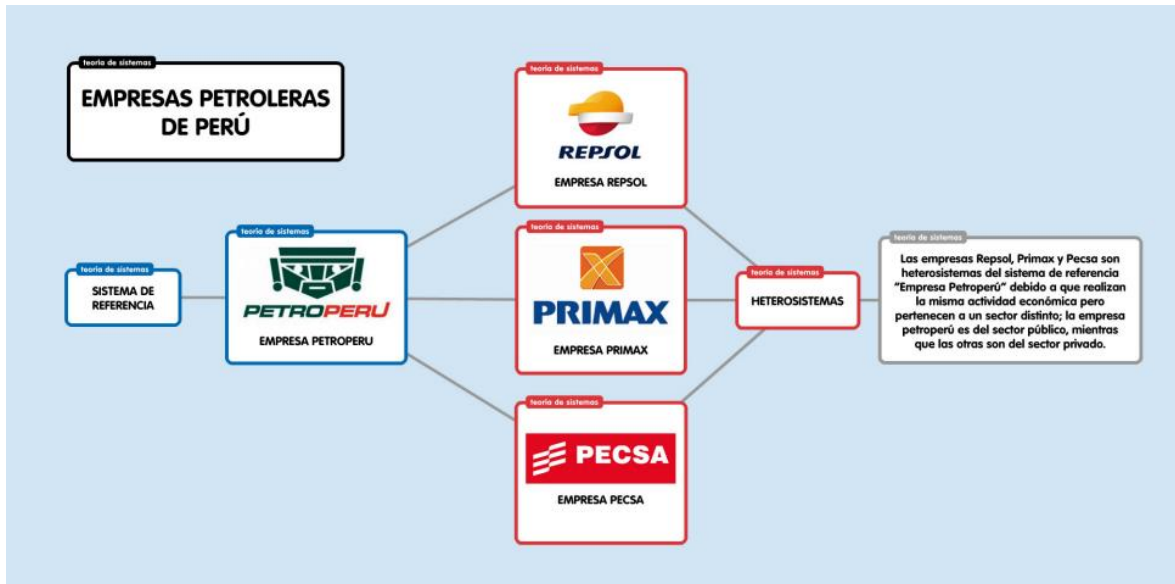
En el ejemplo que se muestra a continuación, los teléfonos celulares de diferentes marcas se consideran isosistemas, ya que poseen estructuras, normas y funcionamientos análogos. Ambos tienen en común los siguientes componentes: pantalla táctil, micrófono, batería, cámara, sistema operativo, sensor de huella dactilar, entre otras funciones (Torres, 2018).



Isosistemas. Fuente de consulta: Torres (2018)

#### 2.2.4 Heterosistemas

Son sistemas que pertenecen a clases o finalidades distintas y que no se subordinan entre sí, pero comparten un nivel de complejidad o jerarquía similar al sistema de referencia. Este tipo de relaciones permite la interacción de sistemas de naturaleza diferente, ampliando la complejidad. Por ejemplo, una empresa privada y una organización no gubernamental pueden ser heterosistemas, ya que operan en contextos diferentes, pero pueden tener estructuras organizativas similares (Torres, 2018). Otros ejemplos son las asociaciones profesionales o las fundaciones. Un ejemplo más cercano es una empresa automotriz de la región como heterosistema frente al Instituto Tecnológico de San Luis Potosí.



**Heterosistemas. Fuente: Torres (2018)**

La organización de sistemas complejos se entiende a través de estas relaciones jerárquicas y de similitud, donde cada nivel: supra, infra, iso, hetero, define su rol y función dentro de un sistema mayor o en relación con otros sistemas. Para cerrar este tema se ha desarrollado un esquema a modo de resumen, tomando como sistema de referencia al Instituto Tecnológico de San Luis Potosí (OpenAI, 2025).

Suprasistema: Tecnológico Nacional de México



Sistema de Referencia: Instituto Tecnológico de San Luis Potosí

- └─ Infrasistemas: laboratorios, departamentos de apoyo, control escolar
- └─ Isosistemas: otras carreras y tecnológicos con igual estructura
- └─ Heterosistemas: empresas, organismos gubernamentales, plataformas privadas

**Esquema ilustrativo de organización de los sistemas complejos  
por sus jerarquías y funciones diferentes entre sí**

## Fuentes de consulta

- Ackoff, R. L. (1981). *Creating the corporate future: Plan or be planned for*. Wiley.
- Anderson, P. W. (1972). More Is Different: Broken Symmetry and the Nature of the Hierarchical Structure of Science, publicado el 4 de agosto de 1972 en *Science*, Volumen 177 (número 4047), páginas 393–396
- Ashby, W. R. (1956). *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall.
- Bertalanffy, L. Von. (1976). *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Capra, F. (1996). *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. Anchor Books.
- Gleick, J. (1987). *Chaos: Making a new science*. Viking
- Holland, J. H. (1998). *Emergence: From chaos to order*. Basic Books.
- Jaynes, E. T. (1957). Information theory and statistical mechanics. *Physical Review*, 106(4), 620-630.
- Johansen-Bertoglio, O. (1993). *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. 1ª. Ed. México: Limusa.
- Kauffman, S. (1993). *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. Oxford University Press.
- Miller, J. G. (1978). *Living systems*. McGraw-Hill.
- OpenAI. 2025. ChatGPT. Versión 28 agosto. [Organización sistemas complejos TGS](#)
- Ramírez, S. (1999). *Teoría general de sistemas de Ludwig von Bertalanffy*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM. (Aprender a aprender) Recuperado de: <https://ru.ceiich.unam.mx/handle/123456789/3409>
- Rodríguez-Valencia, J. (2003). *Introducción a la administración con enfoque de sistemas*. 4a. Ed. México: International Thomson Editores, S. A. de C. V.
- Torres, L. (2018). *Sistema y sus componentes: Definición de cada tipo de sistema*. Recuperado de: <https://luistorresunsm.wordpress.com/2018/05/22/definicion-de-cada-tipo-de-sistema/>
- Scott, W. R. (2007). *Organizations and organizing: Rational, natural, and open system perspectives*. Pearson/Prentice Hall.

## Unidad 3. Taxonomía de los Sistemas

### Competencia específica:

- ❖ Comprende e interpreta el concepto de sistemas blandos y duros.
- ❖ Aplica el conocimiento de su filosofía e interpretación.
- ❖ Sabe interpretar su clasificación para la aplicación de los diferentes tipos de sistemas.

### Contenido

3.1. Los Sistemas en el contexto de la solución de problemas.

3.1.1. La naturaleza del pensamiento de Sistemas duros.

3.1.2. La naturaleza del pensamiento de los sistemas blandos (suaves).

3.2. Taxonomía de Boulding.

3.3. Taxonomía de Jordan.

3.4. Taxonomía de Beer.

3.5. Taxonomía de Checkland:

### Desarrollo de la unidad

Dentro de la TGS, el término taxonomía se emplea para describir los distintos niveles de clasificación de los sistemas, lo cual permite ordenar y comparar sus características. Estas jerarquías son útiles para comprender cómo la complejidad crece y se transforma en cada nivel (Navarro, 2008).

Diversos autores han propuesto clasificaciones para comprender mejor la naturaleza de los sistemas. Boulding, por ejemplo, planteó una jerarquía que va desde estructuras físicas simples hasta niveles sociales y trascendentales, mostrando cómo la complejidad se incrementa progresivamente. Jordan introdujo criterios de cambio, propósito y conectividad, con los cuales es posible distinguir sistemas estáticos, dinámicos, mecánicos u orgánicos. Beer, por su parte, desarrolló el concepto de “sistema viable”, subrayando la necesidad de que los sistemas se autoorganicen, se regulen y mantengan cierto grado de autonomía para adaptarse a su entorno. Finalmente, Checkland diferenció sistemas naturales, diseñados, de actividad humana, sociales y trascendentales, destacando la importancia de considerar tanto los aspectos técnicos como los humanos al analizar organizaciones.

### 3.1 Los Sistemas en el contexto de la solución de problemas

Cuando se habla de **pensamiento sistémico** hay dos grandes enfoques: sistemas duros y sistemas blandos.

**3.1.1 La naturaleza del pensamiento de sistemas duros:** La realidad se ve como algo ordenado que puede representarse con diagramas, ecuaciones y modelos computacionales. Los problemas se tratan como rompecabezas técnicos y basta con encontrar la mejor solución. El componente humano se considera más como usuario u operador del sistema y no como parte integral de su diseño.

En este caso, el enfoque de sistemas duros considera a los sistemas como entidades reales, objetivas y técnicas que se pueden diseñar, modelar y optimizar. El enfoque es determinista, asumiendo que se conocen todas las variables y que se pueden predecir los resultados. Se parte de la idea de que el problema es técnico y claramente definible y que se pueden aplicar modelos, fórmulas y algoritmos. Los objetivos son claros y el sistema se diseña para cumplir metas específicas (eficiencia, rapidez, bajo costo) y los resultados son medibles y cuantificables.

Ejemplos: una máquina de producción, una red de transporte, una computadora, una planta industrial.

Un ejemplo práctico es el cálculo del tiempo estándar en una línea de ensamble o diseño del flujo óptimo de materiales para minimizar los desperdicios; se pueden usar modelos de simulación; la solución se mide en productividad y eficiencia.

**3.1.2 La naturaleza del pensamiento de los sistemas blandos (suaves).** A diferencia del enfoque de sistemas duros, éste se centra en el ser humano, considerándolo como una parte activa del sistema. Este pensamiento maneja la subjetividad con la que la realidad es interpretada por las personas y sus múltiples puntos de vista, por ejemplo: lo que para un gerente es “eficiencia”, para un operario puede significar “presión laboral”.

El pensamiento de los sistemas blandos se enfoca en situaciones problemáticas donde los objetivos no son claros ni únicos, porque dependen de las personas involucradas. Utiliza una metodología cualitativa en lugar de ecuaciones y modelos rígidos. Se usan mapas conceptuales, diagramas de flujo, entrevistas y talleres en un proceso de aprendizaje. No hay una solución única o correcta, sino diferentes maneras de abordar el problema según los valores, intereses y perspectivas de los participantes. Este tipo de pensamiento funciona mejor en problemas sociales y organizacionales y no tanto en los puramente técnicos.

Ejemplos: mejorar el ambiente laboral en una empresa, rediseñar la comunicación entre departamentos o decidir políticas de sustentabilidad.

|  <b>Comparativa: Pensamiento de Sistemas Duros vs. Sistemas Suaves</b> |                                                       |                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Aspecto                                                                                                                                                 | Sistemas Duros                                        | Sistemas Suaves                                            |
| Naturaleza del problema                                                                                                                                 | Bien definido, técnico, metas claras, por cenos       | Difuso, mal estructurado, con múltiples interpretaciones   |
| Enfoque                                                                                                                                                 | Racional, cuantitativo, ingenieril                    | Interpretativo, cualitativo, organizacional                |
| Visión del sistema                                                                                                                                      | Como una máquina, partes interrelacionadas            | Como una construcción social: depende de cómo las personas |
| Objetivo principal                                                                                                                                      | Encontrar la solución óptima (eficiencia, productiva) | Lograr entendimiento compartido y acuerdos entre actores   |
| Metodología                                                                                                                                             | Modelos matemáticos, simulación, optimización         | Soft Systems Methodology (Checkland), mapas ricos          |
| Rol de las personas                                                                                                                                     | Operadores o usuarios del sistema                     | Actores centrales, con valores, intereses y percepciones   |
| Resultados esperados                                                                                                                                    | Solución técnica, medible y verificable               | Aprendizaje colectivo, mejoras viables, consenso           |

**Tabla comparativa Pensamiento de sistemas duros vs Pensamiento de sistemas suaves.**  
Fuente: Open IA (2025).

### 3.2 Taxonomía de Boulding

La jerarquía de Boulding ilustra cómo la complejidad de un sistema aumenta con su nivel, y cómo surgen nuevas propiedades y comportamientos en niveles superiores que no son evidentes en niveles inferiores. Su propuesta clasifica los sistemas en estáticos, dinámicos y abiertos según su nivel de complejidad y su interacción con el entorno. Da un ordenamiento jerárquico a los posibles niveles que determinan los sistemas que nos rodean, de la siguiente manera (Navarro, 2008):

**Sistemas físicos o mecánicos:** proporcionan las bases para el conocimiento de las ciencias físicas

- **Primer Nivel:** Formado por las estructuras estáticas, ejemplos: estructuras de cristal, puentes.

- **Segundo Nivel:** Sistemas dinámicos simples, de movimientos predeterminados. Denominado también el nivel del movimiento del reloj. Como ejemplos podemos citar el reloj, máquinas, sistema solar.
- **Tercer Nivel:** Sistemas cibernéticos o de control. Sistemas se moverá para mantenerse dentro del estado de equilibrio dentro de ciertos límites, ejemplo el termostato.

**Sistemas biológicos:** sistemas de interés para biólogos, botánicos y zoólogos.

- **Cuarto Nivel:** Los sistemas abiertos. Sistemas estructuralmente de auto-mantenimiento. Ejemplo las células.
- **Quinto Nivel:** Genético social. Las características más destacadas de estos sistemas (estudiados por los botánicos) están en primer lugar, una división del trabajo con partes diferenciadas y mutuamente dependientes (raíces, hojas, semillas, etc.) y, en segundo lugar, una diferenciación clara entre el genotipo y el fenotipo, asociada con el fenómeno de la equifinalidad o "huella" de crecimiento. Ejemplo las plantas.
- **Sexto Nivel:** Sistema animal. La característica de este nivel es que estos sistemas poseen un cerebro que guíe el comportamiento total, habilidad para aprender.

**Sistemas humanos y sociales:** sistemas referidos a ciencias sociales, las artes, humanidades y religión

- **Séptimo Nivel:** Ser humano. Este nivel como características presenta autoconciencia, conocimiento, lenguaje simbólico. El hombre considerado como un sistema.
- **Octavo Nivel:** Las estructuras sociales. Relaciones sociales, comunicación, transmisión de valores. Ejemplo una empresa.
- **Noveno Nivel:** Los sistemas trascendentales. Donde se encuentra la esencia, la finalidad, lo absoluto y lo inescapable. Ejemplo: Dios, lo absoluto

### 3.3 Taxonomía de Jordan

Jordan proporciona tres principios de organización que considera ayudan a percibir a las entidades como sistemas, estos son (Navarro, 2008):

**Razón de cambio.**

- Estático (estructural): No cambia en el tiempo.
- Funcional (dinámico).

**Propósito “aparente”:** Se entiende un patrón de acción distinguible.

- Con propósito: Enfocado a una meta, lo que disminuye la entropía.
- Sin propósito.

**Conectividad.**

- Organísmica: Agrupamientos fuertemente conectados, entre los cuales no se puede remover algún elemento sin que las conexiones entre los elementos restantes cambien.
- Mecanicista o mecánica: Poco conectados. Al eliminar o extraer algún elemento, las partes restantes y sus conexiones no sufren cambios.

La combinación entre estas tres dimensiones genera las siguientes ocho categorías de sistemas:

1. *Estático, con propósito y mecánico*
2. *Estático, con propósito y organísmico*
3. *Estático, sin propósito y mecánico*
4. *Estático, sin propósito y organísmico*
5. *Funcional, con propósito y mecánico*
6. *Funcional, con propósito y organísmico*
7. *Funcional, sin propósito y mecánico*
8. *Funcional, sin propósito y organísmico*

### 3.4 Taxonomía de Beer

La taxonomía de Beer se fundamenta en el concepto de **sistema viable**. Un sistema viable es aquel que puede adaptarse y sobrevivir en un entorno cambiante. Para lograrlo, debe tener tres características básicas (Navarro, 2008):

1. Autoorganización: Capacidad para mantener y modificar su estructura de acuerdo a las necesidades.
2. Autocontrol: Mantener sus variables dentro de ciertos límites normales.
3. Autonomía: Tener la libertad suficiente para mantener sus variables en un rango de normalidad.

En esta taxonomía se categorizó a los sistemas en una matriz de dos dimensiones: por una parte, la complejidad y por otra la predeterminación:

**Complejidad:** Toma en cuenta la creciente complicación en el sistema, de la cual existen tres divisiones:

- Sistemas simples
- Sistemas complejos
- Sistemas muy complejos

**Predeterminación:** considera la forma determinista o no determinista, según la cual interactúan las partes del sistema en dos divisiones:

- Sistema determinista: Las partes interactúan en forma claramente predecible; se puede predecir sin duda el estado siguiente.
- Sistema probabilista: No puede precisarse con exactitud; puede ser estudiado intensamente y dará como resultado predicciones probables, pero siempre sujetas a algún margen de error

Estas dos dimensiones se combinan para crear una taxonomía que ayuda a comprender la naturaleza de los sistemas y cómo gestionarlos de manera efectiva:

1. *Sistema simple determinista*
2. *Sistema complejo determinista*
3. *Sistema simple probabilista*
4. *Sistema complejo probabilista*
5. *Sistema determinista excesivamente complejo*
6. *Sistema probabilista excesivamente complejo*

### 3.5 Taxonomía de Checkland

Esta clasificación de sistemas propuesta por Checkland se utiliza en la práctica para analizar situaciones complejas en organizaciones y otras áreas sociales. Son cinco categorías de sistemas:

1. *Sistemas naturales:* Sistemas cuyo origen está en el mismo origen del universo. Han sido creados por la naturaleza sin intervención del ser humano como los sistemas planetarios, sistemas subatómicos y los sistemas vivientes, sin un propósito claro.
2. *Sistemas Diseñados:* Son creados por el ser humano con un propósito específico y son parte del mundo real. Pueden ser:
  - a) Físicos o concretos (un automóvil)

b) Abstractos, como el lenguaje, las matemáticas, la filosofía, la poesía.

3. *Sistemas de actividad humana*: Sistemas formados por actividades humanas que contienen organización estructural y propósito definido, ejemplo un equipo de fútbol, en el que sus miembros colaboran para ganar un partido y el campeonato. Estos sistemas pueden estar asociados con otros sistemas.
4. *Sistemas sociales y culturales*: Son una categoría superior a los sistemas de actividad humana y de una clase especial de sistemas (sistemas de actividad humana con relaciones interpersonales), que entran parcialmente en la categoría de sistemas naturales y de sistemas de actividad humana, pues tienen características de ambas. Están formados por grupos de personas con objetivos que pueden ser múltiples y no siempre coincidentes. Por ejemplo, una empresa, grupos universitarios, partidos políticos, una ciudad o un país.
5. *Sistemas trascendentales*: De diseño abstracto, físico o natural más allá del conocimiento humano, como Dios o la metafísica.

Las organizaciones industriales son un híbrido entre los sistemas de actividad humana y los sistemas naturales sociales. La organización está compuesta por personas interconectadas siguiendo algún principio de coherencia (Navarro, 2008).

### **Fuentes de consulta**

Navarro, C. (2008). Aplicación del enfoque de sistemas en el ambiente industrial como apoyo para el proceso de toma de decisiones [Tesis para obtener el grado de doctor en ingeniería]. Universidad Autónoma de Baja California, México.

Open IA. ChatGPT (2025). (versión 20 agosto). [Explicación sistemas duros TGS](#)

## Unidad 4. Metodología de los Sistemas Duros

### Competencia específica:

- ❖ Comprende e interpreta la teoría de los sistemas duros.
- ❖ Comprende las aplicaciones de los sistemas duros.
- ❖ Realizar aplicaciones de la metodología de los sistemas duros, específicamente con la metodología del enfoque determinísticos.
- ❖ Sabe analizar e interpretar los resultados de aplicación de análisis de los sistemas duros.

### Contenido

4.1. Paradigma de análisis de los Sistemas duros

4.2. Metodología de Hall y Jenking

4.3. Aplicaciones (enfoque determinístico)

### Desarrollo de la unidad

En la Teoría General de Sistemas (TGS) hay dos formas de aplicar de manera práctica sus principios y conceptos: una que es el **mejoramiento de sistemas** y la otra, el **enfoque de sistemas**. Ambas difieren radicalmente en su perspectiva, métodos y procesos y están representadas a su vez, por las metodologías de “sistemas duros” y “sistemas suaves”, respectivamente (Navarro, 2008).

La primera metodología, el mejoramiento de sistemas, presupone que el diseño del sistema está definido y que existen normas para su operación, así como razones para explicar las desviaciones del comportamiento esperado y parte de su propósito es restablecerlo.

La segunda metodología, el enfoque de sistemas, es un proceso creativo que cuestiona los supuestos sobre los cuales se ha estructurado el sistema actual, por lo que propone una visión transformadora, de cambio y de aplicación de nuevas formas, a fin de producir soluciones innovadoras.

Debido a que en la mayoría de los sistemas complejos la participación de las personas es determinante, es necesario diferenciar los sistemas duros de los sistemas blandos (Osorio-Gómez, 2017):

**Sistemas duros:** éstos se representan por medio de modelos cuyos objetivos son precisos y se pueden expresar cuantitativamente a través de modelos matemáticos

**Sistemas blandos:** son los relacionados con sistemas de actividades humanas en los que no se tiene acuerdo acerca de los objetivos precisos del sistema, o no se logra consenso sobre el objetivo por parte de quienes deben resolver la situación.

#### 4.1 Paradigma de análisis de los Sistemas duros

El paradigma de los sistemas duros parte de la premisa de que los problemas pueden definirse con precisión y resolverse mediante modelos cuantitativos. Bajo esta visión, los sistemas se conciben como estructuras con límites definidos que buscan eficiencia y productividad (Navarro, 2008).

El pensamiento de sistemas duros y la ciencia de la administración clásica asumen que estos sistemas existen en el mundo real, que se pueden plasmar en modelos manipulables hasta descubrir una solución óptima en una situación particular (Navarro, 2008). Por lo tanto, los sistemas duros son aquellos que son tangibles, medibles y pueden ser diseñados y construidos como una forma de abordar problemas organizacionales y de gestión que pueden ser tratados de manera más cuantitativa y estructurada (Ackoff, 1981).

Esta corriente de pensamiento, incluye disciplinas como la investigación de operaciones, la ingeniería de sistemas y el análisis de sistemas, entre otras, cuya semejanza radica en definir cuál es el mejor medio para satisfacer un determinado fin. Su gran aportación es establecer la racionalidad sistemática en la toma de decisiones, al apoyar la selección de la mejor alternativa de entre varias (Navarro, 2008).

##### ***Características del paradigma de análisis de sistemas duros***

El paradigma de análisis de sistemas duros es un enfoque específico para comprender y resolver problemas complejos donde interactúan humanos y máquinas, dándole mayor importancia a la parte tecnológica que a la social; se considera que el comportamiento humano solo genera estadísticas, sin profundizar en explicaciones. El enfoque es multidisciplinario e integra diferentes áreas del conocimiento, como la informática, las matemáticas, la física y la ingeniería (Checkland, 1992):

- A. Enfoque en la estructura: Se centra en la estructura y la jerarquía de los sistemas organizacionales y estructurados.
- B. Identificación de componentes: Se identifican los componentes clave del sistema y se analizan sus interacciones y relaciones.
- C. Énfasis en la eficiencia y la productividad: Se busca optimizar la eficiencia y la productividad del sistema mediante la identificación y eliminación de ineficiencias y cuellos de botella.

D. **Análisis cuantitativo:** Es posible modelarlos matemáticamente para predecir su comportamiento; utilizan métodos cuantitativos para analizar el rendimiento y los resultados del sistema.

E. **Enfoque en la mejora continua:** Se busca identificar oportunidades de mejora continua en el funcionamiento del sistema.

Las áreas de aplicación son la ingeniería y la economía, entre otras. Se abordan los problemas buscando el mejor medio para reducir la diferencia entre el estado deseado y el actual, asumiendo que los objetivos son fácilmente definibles. Las principales metodologías incluyen el análisis de sistemas, que implica la evaluación sistemática de costos y sus implicaciones para cumplir con requisitos previamente definidos, con fases como diseño, evaluación e implementación.

## 4.2 Metodologías de Hall y Jenking

### Metodología de Hall

La metodología de Hall plantea un proceso estructurado que inicia con la identificación clara del problema, seguido de la definición de objetivos y la exploración de alternativas. Posteriormente, se analizan las opciones para seleccionar la más adecuada, se diseña el sistema, se implementa y, finalmente, se mantiene mediante ajustes y mejoras continuas (Hall citado en Navarro, 2008).

**Paso 1.** Definición del problema: Exponer la definición clara de la problemática que se desea resolver con la aplicación de esta metodología, esta debe estar totalmente alineada a los objetos que se desea lograr.

**Paso 2.** Selección de objetos: es la fase donde se define lo que se espera del sistema, los productos, servicios o necesidades que pretende cubrir. Por lo general, los valores de evaluación son: presupuesto, utilidad, tiempo, calidad, costo, desempeño, etc.

**Paso 3.** Síntesis de sistemas: en esta fase se revisan todas las alternativas de solución y se obtienen ideas que nos ayudan a satisfacer las necesidades establecidas en el primer inciso.

**Paso 4.** Análisis de sistemas: el objetivo de esta fase es establecer o proyectar las consecuencias de los sistemas propuestos para poder seleccionar la mejor opción.

**Paso 5.** Selección de sistemas: es la fase en la que se empieza con el diseño del sistema seleccionado, el cual resulta adaptarse al cumplimiento de los objetivos, el alcance y las necesidades a cubrir que fueron establecidas en las fases anteriores.

**Paso 6.** Desarrollo del sistema: en esta fase, se toma toda la información de la síntesis del sistema para empezar con el diseño y desarrollo de la herramienta, siguiendo una de las metodologías de desarrollo de sistema que ya se ha discutido.

**Paso 7.** Ingeniería: es el proceso de mantenimiento de la herramienta recién desarrollada, en esta fase se puede realizar el monitoreo del nuevo sistema realizar ajustes al sistema, brindar atención a los usuarios, habilitar la corrección de errores, etc.

Ejemplo de aplicación de la metodología de Hall “Mejora de una línea de producción” (OpenAI. Notebooklm, 2025, 2025)

1. **Definición del problema:** Se busca transformar la situación actual (ensamblaje lento, muchos defectos) en una definición clara. Esto implica identificar los cuellos de botella específicos, las causas de los defectos (ej. errores humanos, maquinaria obsoleta) y establecer objetivos preliminares como reducir el tiempo de ciclo en un 10% y los defectos en un 5%.
2. **Selección de objetivos:** Se establecen criterios medibles para evaluar el éxito, como el tiempo de ensamblaje por unidad, el porcentaje de defectos por lote, el costo operativo y la seguridad. Se definirán valores específicos para cada uno para permitir la comparación de alternativas.
3. **Síntesis de sistemas:** Se exploran diversas alternativas para mejorar la línea de ensamblaje. Esto podría incluir rediseñar las estaciones de trabajo, introducir herramientas automatizadas, capacitar al personal en nuevas técnicas, o implementar un sistema de control de calidad más riguroso. No se busca un diseño excesivamente detallado en esta etapa.
4. **Análisis de sistemas:** Cada alternativa propuesta se analiza para predecir sus consecuencias en términos de tiempo de ensamblaje, reducción de defectos, costos de implementación y operación. Se utilizan simulaciones o modelos para deducir qué sistema se desempeñaría mejor. Los sistemas deben optimizarse individualmente antes de ser comparados.
5. **Selección del sistema:** Se elige la alternativa que mejor cumpla con los objetivos y criterios establecidos, considerando la incertidumbre y los múltiples valores si es el caso. Por ejemplo, se podría optar por una combinación de nuevas herramientas y un programa de capacitación.
6. **Desarrollo del sistema:** Se realiza el diseño detallado de la solución elegida. Esto incluye la adquisición e instalación de nuevas herramientas, la modificación de la línea de producción y la implementación del programa de capacitación. Se realizan pruebas exhaustivas para detectar fallas en el diseño o la construcción y

se implementan acciones correctivas. Se documentan los procedimientos de operación y mantenimiento.

7. **Ingeniería:** Esta etapa es continua y dura mientras el sistema esté en operación. Implica el monitoreo constante del desempeño de la línea de ensamblaje mejorada, la corrección de cualquier falla que surja, la adaptación a cambios en el diseño de los motores o en la demanda, y la asistencia continua al equipo de producción.

### **Metodología de Jenkins**

En el caso de Jenkins, el planteamiento se organiza en fases amplias: análisis, diseño e implementación. Durante la primera, se investiga el problema y se definen objetivos y límites del sistema; en la segunda, se modelan escenarios posibles y se evalúan opciones; y en la última, se lleva a cabo la construcción y puesta en operación del sistema, acompañada de un seguimiento para asegurar su efectividad (Checkland, 1992):

#### ***FASE 1: Análisis de Sistemas***

El ingeniero inicia su actividad con un análisis de lo que está sucediendo y por qué está sucediendo, así como también de cómo puede hacerse mejor. De esta manera el sistema y sus objetivos podrán definirse, de forma tal que resuelva el problema identificado.

#### **ANÁLISIS DE SISTEMAS**

- Identificación y formulación del problema
- Organización del proyecto
- Definición del sistema
- Definición del suprasistema
- Definición de los objetivos del suprasistema
- Definición de los objetivos del sistema
- Definición de las medidas de desempeño del sistema
- Recopilación de datos e información

#### ***FASE 2: Diseño de Sistemas***

Primeramente, se pronostica el ambiente futuro del sistema. Luego se desarrolla un modelo cuantitativo del sistema y se usa para simular o explorar formas diferentes de operarlo, creando de esta manera alternativas de solución. Por último, en base a una evaluación de las alternativas generadas, se selecciona la que optimice la operación del sistema.

## DISEÑO DE SISTEMA

- Pronósticos Modelación y simulación del sistema
- Optimización de la operación del sistema
- Control de la operación del sistema
- Confiabilidad del sistema

### ***FASE 3: Implantación de Sistemas***

Los resultados del estudio deben presentarse a los tomadores de decisiones y buscar aprobación para la implantación del diseño propuesto. Posteriormente, tendrá que construirse en detalle el sistema. En esta etapa del proyecto se requerirá de una planeación cuidadosa que asegure resultados exitosos. Después de que el sistema se haya diseñado en detalle, tendrá que probarse para comprobar el buen desempeño de su operación, confiabilidad, entre otras condiciones.

## IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS

- Documentación y autorización del sistema
- Construcción e instalación del sistema

### ***FASE 4: Operación y apreciación retrospectiva de sistemas***

Después de la fase de implantación se llegará al momento de “liberar” el sistema diseñado y “entregarlo” a los que lo van a operar. Es en esta fase donde se requiere mucho cuidado para no dejar lugar a malos entendimientos en las personas que van a operar el sistema, y generalmente representa el área más descuidada en el proyecto de diseño. Por último, la eficiencia de la operación del sistema debe apreciarse, dado que estará operando en un ambiente dinámico y cambiante que probablemente tendrá características diferentes a las que tenía cuando el sistema fue diseñado. En caso de que la operación del sistema no sea satisfactoria en cualquier momento posterior a su liberación, tendrá que reiniciarse la Fase 1 de la metodología, identificando los problemas que hicieron obsoleto el sistema diseñado.

## OPERACIÓN Y APRECIACIÓN RETROSPECTIVA DE SISTEMAS

- Operación inicial del sistema
- Apreciación retrospectiva de la operación del sistema
- Mejoramiento de la operación del sistema diseñado.

Ejemplo de aplicación de la Metodología de Jenkins “Optimización de la cadena de suministro” (OpenAI. Notebooklm, 2025):

Problema: Una gran empresa minorista desea optimizar su cadena de suministro para reducir los costos de inventario, mejorar la velocidad de entrega y minimizar las interrupciones. Este es un problema que se beneficia de un enfoque cuantitativo y de la optimización global del sistema.

Aplicación de las 4 fases de Jenkins:

1. Fase 1: Análisis de Sistemas: El ingeniero de sistemas inicia el estudio analizando la situación actual de la cadena de suministro.
  - Identificación y formulación del problema: Se detecta que los costos de almacenamiento son altos, los tiempos de entrega son inconsistentes y hay una falta de visibilidad en el inventario. El problema se formula como la necesidad de mejorar la eficiencia y resiliencia de la cadena de suministro.
  - Definición del sistema y suprasistema: El sistema es la cadena de suministro (proveedores, almacenes, transporte, puntos de venta). El suprasistema podría ser toda la operación de la empresa minorista.
  - Definición de objetivos: Se establecen objetivos claros como reducir los costos de inventario en un 15%, disminuir los tiempos de entrega promedio en un 20%, y aumentar la precisión del pronóstico de la demanda.
  - Definición de medidas de desempeño: Se identificarán métricas como el costo total de inventario, el ciclo de pedido a entrega, la rotación de inventario y la tasa de cumplimiento de pedidos.
  - Recopilación de datos: Se recopilan datos históricos de ventas, inventario, costos de transporte, tiempos de entrega de proveedores y capacidad de almacenes.
2. Fase 2: Diseño de Sistema: En esta fase, se desarrollan modelos cuantitativos para explorar y optimizar la operación de la cadena de suministro.
  - Pronósticos: Se pronostica la demanda futura de productos y posibles cambios en los costos de transporte o disponibilidad de proveedores.
  - Modelación y simulación: Se construye un modelo cuantitativo de la cadena de suministro (ej. un modelo de optimización de inventario o un simulador de red logística). Este modelo se usa para simular diferentes escenarios, como la ubicación de nuevos centros de distribución, cambios en las políticas de inventario o la incorporación de nuevos modos de transporte, creando alternativas de solución.

- Optimización de la operación: Utilizando el modelo, se selecciona la alternativa que optimice la operación del sistema, por ejemplo, la combinación de ubicaciones de almacenes y rutas de transporte que minimice los costos totales y cumpla con los tiempos de entrega.
  - Control y confiabilidad: Se diseñan mecanismos para monitorear el inventario en tiempo real, rastrear los envíos y asegurar la confiabilidad del sistema de pronóstico y planificación.
3. Fase 3: Implantación de Sistemas: Se implementa el diseño propuesto.
- Documentación y autorización: Los resultados del estudio y el diseño optimizado se presentan a la dirección para su aprobación. Se crea la documentación detallada para la nueva configuración de la cadena de suministro.
  - Construcción e instalación: Se construyen o adaptan los almacenes, se configuran los sistemas de información logística, y se entrena al personal en los nuevos procesos.
  - Pruebas: Se realizan pruebas piloto con una parte de la cadena de suministro para verificar que el sistema funciona como se espera y que los objetivos se cumplen.
4. Fase 4: Operación y apreciación retrospectiva de sistema: El sistema se pone en pleno funcionamiento y se monitorea continuamente.
- Operación inicial: La nueva cadena de suministro es "liberada" y puesta en operación. Se supervisa cuidadosamente para asegurar una transición fluida y abordar cualquier problema inicial.
  - Apreciación retrospectiva: Se evalúa la eficiencia de la operación en un ambiente dinámico y cambiante. Se comparan los resultados reales (costos, tiempos de entrega) con los objetivos establecidos.
  - Mejoramiento: Si la operación no es satisfactoria o el entorno cambia (ej. nuevos competidores, interrupciones globales), se reinicia la Fase 1 para identificar los nuevos problemas y re-optimizar el sistema.

### 4.3. Aplicaciones (enfoque determinístico)

En los sistemas determinísticos la estructura del sistema obedece a leyes bien establecidas que garantizan un desempeño uniforme en el tiempo, asumiendo que, a entradas iguales, se obtendrán salidas iguales (Osorio-Gómez, 2017). Esta definición se alinea con la de los sistemas duros, en el sentido que son sistemas tangibles, medibles y pueden ser diseñados y construidos como una forma de abordar problemas que pueden ser tratados de manera más cuantitativa y estructurada, con resultados predecibles.

#### **Áreas específicas de aplicación:**

*Ingeniería de Sistemas:* En el diseño y desarrollo de sistemas complejos, como sistemas de transporte, sistemas de comunicación, sistemas de energía, etc. La metodología de sistemas duros ayuda a definir los requisitos del sistema, analizar alternativas, diseñar la arquitectura, implementar y probar el sistema.

*Gestión de Operaciones:* En la optimización de procesos productivos, la gestión de inventarios, la planificación de la producción, gestión de la logística y la distribución. La metodología de sistemas duros permite modelar y analizar estos procesos para identificar cuellos de botella, reducir costos y mejorar la eficiencia.

*Planificación Estratégica:* En la definición de objetivos estratégicos, la evaluación de escenarios futuros y la toma de decisiones. La metodología de sistemas duros ayuda a analizar las interdependencias entre diferentes áreas de la organización, a evaluar el impacto de las decisiones estratégicas y a desarrollar planes de acción.

*Investigación Operativa:* En la modelización y resolución de problemas de optimización, como la asignación de recursos, la programación lineal, la teoría de colas, etc. La metodología de sistemas duros proporciona herramientas y técnicas para formular modelos matemáticos y encontrar soluciones óptimas a estos problemas.

*Desarrollo de Software:* Se aplica en el desarrollo de software, especialmente en proyectos con requisitos bien definidos y donde se busca una solución eficiente y robusta, como sistemas embebidos o aplicaciones de alta criticidad.

*Control de Calidad:* En la definición de estándares de calidad, la evaluación de procesos productivos y la implementación de sistemas de gestión de calidad. La metodología de sistemas duros ayuda a establecer indicadores clave de rendimiento, a monitorear el desempeño y a implementar acciones correctivas.

*Simulación de Sistemas:* En la creación de modelos computacionales para simular el comportamiento de sistemas complejos y evaluar diferentes escenarios antes de su implementación real. La metodología de sistemas duros proporciona los fundamentos para desarrollar modelos precisos y validar su comportamiento.

*Ingeniería industrial:* Diseño de líneas de producción, gestión de inventarios, control de calidad y optimización de procesos (OpenAI.Google, 2025).

## **Fuentes de consulta**

Ackoff, R. L. (1981). *Creating the corporate future: Plan or be planned for*. Wiley.

Checkland, P. (1992). *Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas* (1.a ed.). México: Limusa

Navarro, C. (2008). *Aplicación del enfoque de sistemas en el ambiente industrial como apoyo para el proceso de toma de decisiones* [Tesis para obtener el grado de doctor en ingeniería]. Universidad Autónoma de Baja California, México.

OpenAI. (2025). Google. (versión 01 agosto).

OpenAI (2025). NotebookLM.Google. (versión 18 de agosto).

Osorio-Gómez, J. C. (2017). *Introducción al pensamiento sistémico*. Colombia: Universidad del Valle. Disponible en: <https://doi.org/10.25100/peu.88>

## Unidad 5. Metodología de los Sistemas Blandos

### Competencia específica:

- ❖ Comprende e interpreta la teoría de los sistemas blandos.
- ❖ Comprende las aplicaciones de los sistemas blandos.
- ❖ Sabe realizar aplicaciones de la metodología de los sistemas blandos.
- ❖ Sabe analizar e interpretar los resultados de aplicación de análisis de los sistemas blandos.

### Contenido

5.1 Metodología de los Sistemas suaves de Checkland.

5.2 El Sistema de actividad humana como un lenguaje de modelación.

5.3 Aplicaciones (enfoque probabilístico).

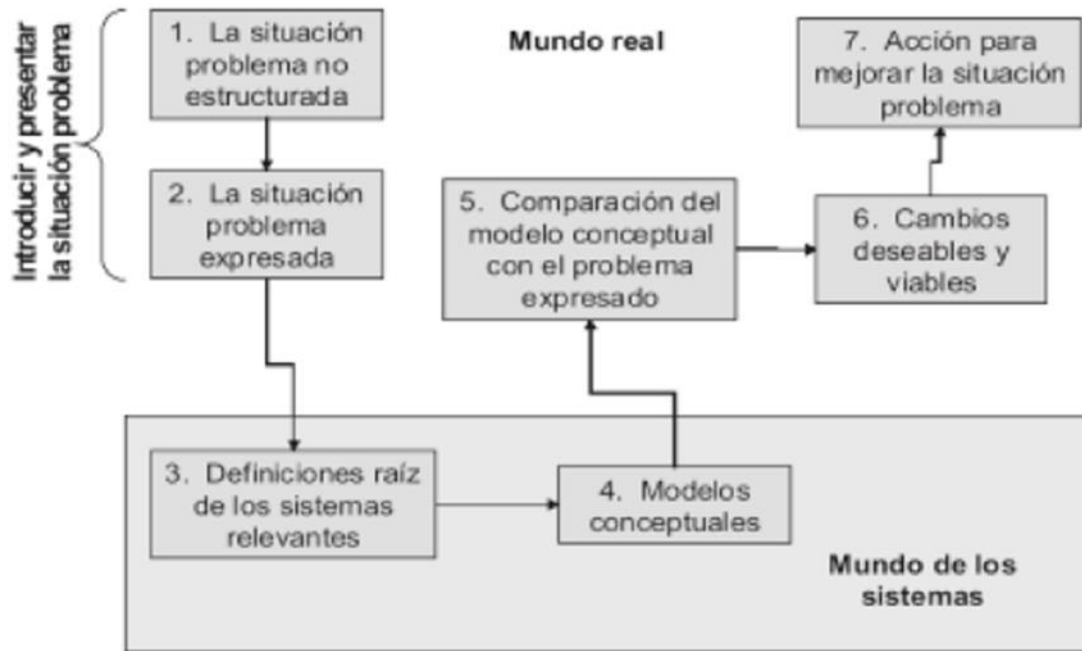
### Desarrollo de la unidad

Al abordar un problema en escenarios de incertidumbre, se puede encontrar que no se conoce con suficiente detalle el sistema bajo estudio, o no tener idea de cuál es la razón de las deficiencias observadas y tampoco de las posibilidades reales de que se modifiquen. Si además el sistema involucra seres humanos, los fines que se persiguen pueden resultar nebulosos, demasiado cualitativos e incluso contradictorios o equívocos. Más que tratar con problemas, el pensamiento de los sistemas suaves maneja “estado de desorden” o “embrollos”, que provocan insatisfacción, perplejidad o apuro, por lo que, en vez de aplicar modelos de optimización (como es el caso de los sistemas duros), lo indicado es tener una metodología propia para conocer la situación real y que ayude a definir cuál es problema (Navarro, 2008).

Con base en las consideraciones de Peter Checkland, quien realizó una investigación sobre la aplicación del pensamiento de sistemas duros a sistemas de tipo administrativo y social, surgió la Metodología de Sistemas Suaves (SSM, por las siglas en inglés de *Soft Systems Methodology*). Los sistemas suaves se identifican porque le dan mayor importancia a la parte social. Dicha metodología está basada en el **paradigma del aprendizaje**.

### 5.1 Metodología de los sistemas suaves de Checkland

La metodología propuesta por Checkland consta de siete etapas de análisis, en las cuales se emplea el concepto de sistema de **actividades humanas** como un medio que permite tanto investigar la situación como efectuar acciones para mejorarla; cinco de estas etapas ocurren en el mundo real y las otras dos en el mundo de los sistemas.



**Metodología de Checkland. Fuente: Osorio-Gómez, 2017, p93.**

Aunque la metodología se presenta en secuencia cronológica de pasos, según Checkland, no necesariamente se debe seguir y puede iniciarse en cualquiera de los pasos. Los pasos se describen a continuación:

1. **Investigar el problema no estructurado.**
2. **Expresar la situación del problema a través de “gráficas enriquecidas”:** Éstas constituyen los medios para capturar tanta información referente a la situación problema como sea posible. Una gráfica enriquecida puede mostrar límites, la estructura, flujos de información y los canales de comunicación. Particularmente, muestra el **sistema humano** detrás de la actividad.
3. **Definir de raíz los sistemas relevantes.** Las definiciones raíz se escriben como oraciones que elaboran una transformación. Se elaboran definiciones concisas de sistemas de actividad humana que capturan una visión particular con un propósito determinado, concebido como un proceso de transformación.

Hay seis elementos que definen como bien formulada una definición raíz de sistemas relevantes. Se resumen con las siglas **CATWOE**:

- **Customers = Clientes.** Aquellos que pueden ganar un beneficio del sistema y son considerados clientes del mismo.
- **Actors = Actores.** Los agentes transforman las entradas en salidas y realizan las actividades definidas en el sistema.

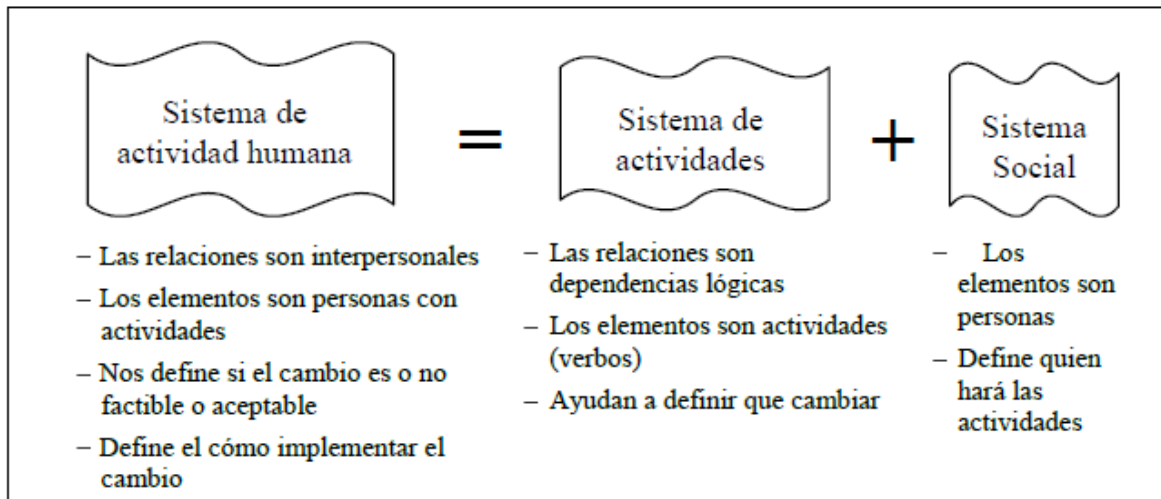
- **Transformation** = Transformación. Muestra la conversión de entradas en salidas.
  - **Weltanschauung** = Visión del mundo. Hace el proceso de transformación significativo en el contexto.
  - **Owners** = Propietarios. Todo sistema tiene un dueño que ostenta el poder de comenzar y cerrar el sistema.
  - **Environment** = Ambiente. Conformado por los elementos externos, que se deben considerar, incluyen políticas organizacionales, aspectos legales y éticos.
4. **Definir los modelos conceptuales:** Se crean modelos basados en las definiciones raíz, que representan las actividades necesarias para cumplir el objetivo definido. Estos modelos son conjuntos de actividades que el sistema debe realizar.
  5. **Comparación con la realidad:** Los modelos conceptuales se comparan con la situación actual del sistema para identificar diferencias y analizar percepciones existentes (comparar etapa 4 con la etapa 2).
  6. **Cambios deseables y viables:** Se proponen cambios en estructura, procedimientos y actitudes, que sean aceptados por los actores involucrados para mejorar la situación problema.
  7. **Acción para mejorar la situación problema:** Se implementan los cambios planteados, dando origen a nuevas situaciones que pueden requerir ajustes adicionales.

## 5.2 El Sistema de actividad humana como un lenguaje de modelación

Los sistemas de actividad humana son hechos por seres humanos que emprenden una actividad determinada; son sistemas diseñados y orientados hacia un fin específico. Algunos ejemplos son los sistemas hombre-máquina, los sistemas políticos y la actividad industrial, que representan grupos de actividades con un propósito definido.

A diferencia de otras categorías de la Taxonomía de Checkland, los sistemas de actividad humana (ver la categoría 3 de la taxonomía referida), no pueden mapearse en la realidad, porque hay múltiples percepciones posibles y legítimas que pueden usarse en su descripción.

Los sistemas de actividad humana tienen un componente social y cultural; para representarse, primero deben modelarse como un sistema de actividades, luego añadir el sistema social correspondiente, como se representa en la siguiente imagen:



**Representación del sistema de actividad humana. Fuente: Navarro, 2008, p31.**

El “sistema de actividades” en sí, se asume como el medio que representa el sistema de actividades humanas y que el lenguaje para modelarlo son los verbos (acciones) y para describirse se modelará como un conjunto de actividades interrelacionadas (Navarro, 2008).

Un modelo es la representación de un sistema para efectos de estudio; representa la realidad de una forma simplificada; incluye únicamente las variables que son de interés para el estudio (tratar de incluir todas las variables de la realidad provoca que el modelo se vuelve complejo y difícil de operar y que no sea de ayuda para los estudiosos del sistema).

Los sistemas de actividad humana se conceptualizan como modelos formales, que deben cumplir con las siguientes propiedades de un sistema formal (Navarro, 2008):

Un sistema formal lo es **sí y sólo sí**:

- a. Tiene un propósito o misión en curso
- b. Tiene una medida de desempeño que indica el progreso hacia el logro del propósito
- c. Incluye un proceso de toma de decisiones
- d. Tiene componentes que por sí solos son sistemas y que tienen todas las propiedades del sistema formal
- e. Tiene componentes que interactúan y muestran un grado de conectividad
- f. Existe en un sistema o sistemas más amplios o medios con los cuales interactúa.
- g. Tiene un límite que lo separa del sistema que lo contiene
- h. Cuenta con recursos
- i. Tiene alguna garantía de continuidad

Una vez que se ha construido un sistema de actividad humana, debe revisarse contra las propiedades arriba mencionadas, para visualizar si se podrá decisivamente mejorar (Navarro, 2008).

Un modelo conceptual es una representación de un sistema por medio de definiciones organizadas en forma estructurada. Los modelos de sistemas de actividad humana son una clase particular de modelo conceptual y son los más usados. Para los modelos cualitativos en general, se hace referencia a cuatro clases de uso (García-Aguilar, 2009, p.80):

1. Como ayuda para aclarar consideraciones de interés
2. Como ilustración de un concepto
3. Como ayuda para definir la estructura y la lógica
4. Como un prerrequisito de diseño

Por lo tanto, el sistema de actividad humana como **lenguaje de modelación** permite comprender la complejidad de las actividades humanas mediante un enfoque sistemático y detallado, utilizando un lenguaje basado en **verbos para describir las acciones** y sus interrelaciones. La TGS proporciona el marco conceptual para analizar estos sistemas desde una perspectiva holística, considerando la interacción entre sus diferentes componentes.

### 5.3 Aplicaciones (enfoque probabilístico)

En los sistemas probabilísticos no se conoce con exactitud la relación existente entre las partes, por lo tanto, un estado no puede ser determinado con exactitud con base en resultados anteriores. A entradas iguales pueden corresponder salidas diferentes (Osorio-Gómez, 2017); es el concepto de los sistemas blandos, en los que la actividad humana no permite anticipar con exactitud los resultados.

#### **Áreas específicas de aplicación:**

*Procesos de toma de decisiones:* Facilita la discusión y el análisis entre diferentes perspectivas para llegar a decisiones más informadas y consensuadas.

*Gestión de proyectos:* SSM puede ser utilizado para planificar, ejecutar y evaluar proyectos, especialmente en situaciones donde los objetivos no están claramente definidos o hay mucha incertidumbre.

*Desarrollo de políticas y estrategias:* Permite analizar la situación, identificar diferentes sistemas relevantes y considerar las perspectivas de las partes interesadas para formular políticas y estrategias más efectivas.

*Investigación-acción en contextos sociales:* SSM se aplica en proyectos sociales para involucrar a la comunidad en la investigación y la acción, buscando soluciones participativas y transformadoras.

*Aprendizaje organizacional:* Fomenta el aprendizaje continuo a través de la reflexión sobre la situación, la identificación de problemas y la búsqueda de soluciones.

*Comunicación efectiva:* Ayuda a comprender las diferentes perspectivas y a facilitar la comunicación entre las partes interesadas, promoviendo un entendimiento compartido del problema.

**Ejemplos:**

- Mejora de procesos en un hospital: SSM podría usarse para analizar el flujo de pacientes, identificar cuellos de botella y proponer cambios en los procesos para mejorar la eficiencia y la calidad del servicio.
- Desarrollo de un nuevo producto en una empresa: SSM podría ayudar a entender las necesidades de los clientes, identificar los diferentes sistemas relevantes para el desarrollo del producto y asegurar que la solución propuesta sea viable y deseable.
- Resolución de conflictos en una comunidad: SSM podría facilitar la comunicación entre los miembros de la comunidad, ayudar a identificar las causas del conflicto y encontrar soluciones que satisfagan a las diferentes partes.

## **Fuentes de consulta**

García-Aguilar, A. (2009). Elaboración de cuadernillo de apuntes: Ingeniería de Sistemas. Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México.

Navarro, C. (2008). Aplicación del enfoque de sistemas en el ambiente industrial como apoyo para el proceso de toma de decisiones [Tesis para obtener el grado de doctor en ingeniería]. Universidad Autónoma de Baja California, México.

Osorio-Gómez, J. C. (2017). Introducción al pensamiento sistémico. Colombia: Universidad del Valle. Disponible en: <https://doi.org/10.25100/peu.88>

## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SAN LUIS POTOSÍ

### VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA COLEGIADA

Para el llenado de este formato considere la información de la cédula 3.3.2 de CACEI, el programa de la asignatura y la información que se solicita en el SII2. Esta información debe capturarse en el sistema por un solo docente y podrá ser exportada por los demás. Se pueden realizar ajustes a esta instrumentación cuando los docentes así lo consideren, pero al menos se debe hacer una revisión anual. Es importante indicar que estrategias de evaluación miden la evaluación del logro del atributo o atributos a los que contribuye la materia.

Recuerde que la información que se defina en este formato es la misma que se debe definir en los formatos mencionados en el párrafo anterior y por lo tanto servirá para el llenado de los mismos. Es además la evidencia del trabajo colegiado ante el Sistema de Gestión Integral.

#### DATOS GENERALES

|                                                                                                                             |                                                                                                                             |                        |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|
| Carrera                                                                                                                     | INGENIERIA INDUSTRIAL                                                                                                       |                        |              |
| Nombre de la Asignatura                                                                                                     | Ingeniería de sistemas                                                                                                      |                        |              |
| Clave de la Asignatura<br>(Programa de estudio)                                                                             | INR-1017                                                                                                                    |                        |              |
| Fecha de Revisión                                                                                                           | 1/18/2023                                                                                                                   |                        |              |
| ¿Existe un acuerdo de Academia para una adecuación al programa?                                                             | <input type="radio"/> Si <span style="margin-left: 100px;">Folio del acuerdo:</span><br><input checked="" type="radio"/> No |                        |              |
| Atributos de Egreso a los que contribuye la materia en orden de importancia de mayor a menor y de acuerdo a la cédula 3.3.2 | Atributo 1                                                                                                                  | Nivel de contribución: | Medio        |
|                                                                                                                             | Sustentabilidad                                                                                                             |                        |              |
|                                                                                                                             | Atributo 2                                                                                                                  | Nivel de contribución: | Introdutorio |
|                                                                                                                             |                                                                                                                             |                        |              |
| Agregar más atributos si así se considera                                                                                   |                                                                                                                             |                        |              |

ACUERDOS POR UNIDAD

UNIDAD 1 La teoría general de sistemas

Tiempo: 8 horas

Actividades de enseñanza (métodos, técnicas y ambientes de aprendizaje)

- Expone las aportaciones principales de diferentes personajes a la teoría general de sistemas con una línea del tiempo.
- Muestra los conceptos básicos para comprender lo que es un sistema, elementos que lo forma, características principales.
- Aterrizo los principios en los cuales opera la teoría general de sistemas.

Actividades de aprendizaje (métodos, técnicas e instrumentos) por unidad

- Investigación personajes
- Cuestionario reforzamiento
- Construcción de ejemplos
- Test
- Examen teórico

Indicadores de alcance (agregue o quite indicadores según corresponda)

A 30 %

Reflexionar sobre las aportaciones de personajes a la teoría general de sistemas

B 40 %

Definir conceptos básicos de sistemas, elementos, tipos

C 30 %

Distinguir los principios en los que opera la teoría general de sistemas

D %

E %

F %

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SAN LUIS POTOSÍ

## VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA COLEGIADA



**MATRIZ DE EVALUACIÓN** (Solamente es necesario llenar esta matriz en forma colegiada si contiene las evidencias de aprendizaje que contribuyen a los Atributos de Egreso)

| Evidencia de aprendizaje | Total % | Indicador de alcance |    |    |   |   |   | Evaluación formativa de la competencia<br>(instrumento de evaluación) | Nombre abreviado del AE del PE al que contribuye<br><b>Si aplica</b> |
|--------------------------|---------|----------------------|----|----|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                          |         | A                    | B  | C  | D | E | F |                                                                       |                                                                      |
| Investigación            | 15      | 15                   |    |    |   |   |   | Lista cotejo                                                          | N/A                                                                  |
| Reforzamiento            | 15      |                      | 15 |    |   |   |   | Lista cotejo                                                          | N/A                                                                  |
| Construcción ejemplos    | 15      |                      |    | 15 |   |   |   | Lista cotejo                                                          | N/A                                                                  |
| Test 1                   | 15      | 5                    | 5  | 5  |   |   |   | Test contestado                                                       | N/A                                                                  |
| Examen teórico           | 40      | 10                   | 20 | 10 |   |   |   | Examen contestado                                                     | N/A                                                                  |
| Total                    | 100     |                      |    |    |   |   |   |                                                                       |                                                                      |

**Principales prácticas/proyecto** (de acuerdo a cédula 3.3.2)

## UNIDAD 2 Propiedades y características de los sistemas

**Tiempo: 11 horas**

### Actividades de enseñanza (métodos, técnicas y ambientes de aprendizaje)

- Revisa las propiedades de los sistemas.
- Sugiere la construcción de ejemplos para aterrizar las propiedades de los sistemas.
- Expone sistemas complejos y su relación con lo revisado en el bloque 1.

### Actividades de aprendizaje (métodos, técnicas e instrumentos) por unidad

- Introducción
- Construcción de ejemplos (actividad de cierre)
- Test
- Examen teórico

**Indicadores de alcance** (agregue o quite indicadores según corresponda)

**A 60 %**

Mostrar las características y propiedades en cualquier tipo de sistema

**B 40 %**

Definir y diferenciar las características y propiedades de los sistemas

**C %**

**D %**

**E %**

**F %**

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SAN LUIS POTOSÍ

## VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA COLEGIADA



**MATRIZ DE EVALUACIÓN** (Solamente es necesario llenar esta matriz en forma colegiada si contiene las evidencias de aprendizaje que contribuyen a los Atributos de Egreso)

| Evidencia de aprendizaje       | Total % | Indicador de alcance |    |   |   |   |   | Evaluación formativa de la competencia<br>(instrumento de evaluación) | Nombre abreviado del AE del PE al que contribuye<br><b>Si aplica</b> |
|--------------------------------|---------|----------------------|----|---|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                |         | A                    | B  | C | D | E | F |                                                                       |                                                                      |
| Introducción                   | 20      | 10                   |    |   |   |   |   | Lista cotejo                                                          | N/A                                                                  |
| Construcción ejemplos (cierre) | 30      | 30                   | 20 |   |   |   |   | Rúbrica                                                               | N/A                                                                  |
| Test                           | 10      | 10                   |    |   |   |   |   | Test contestado                                                       | N/A                                                                  |
| Examen teórico                 | 40      | 10                   | 20 |   |   |   |   | Examen contestado                                                     | N/A                                                                  |
| Total                          | 100     | 60                   | 40 |   |   |   |   |                                                                       |                                                                      |

**Principales prácticas/proyecto** (de acuerdo a cédula 3.3.2)

### UNIDAD 3 Taxonomía de sistemas.

**Tiempo: 8 horas**

#### Actividades de enseñanza (métodos, técnicas y ambientes de aprendizaje)

- Muestra la diferencia entre las diferentes taxonomías.
- Sugiere la aplicación de las taxonomías en dos tipos de sistemas.

#### Actividades de aprendizaje (métodos, técnicas e instrumentos) por unidad

- Ejemplos taxonomías.
- Test
- Aplicación de taxonomías
- Examen teórico

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SAN LUIS POTOSÍ

## VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA COLEGIADA

**Indicadores de alcance** (agregue o quite indicadores según corresponda)

**A 40 %**

Comprende las taxonomías, distinguiendo diferencias y similitudes entre ellas.

**B 60 %**

Aplicación de dos taxonomías en diferentes sistemas.

**C %**

**D %**

**E %**

**F %**

**MATRIZ DE EVALUACIÓN** (Solamente es necesario llenar esta matriz en forma colegiada si contiene las evidencias de aprendizaje que contribuyen a los Atributos de Egreso)

| Evidencia de aprendizaje | Total % | Indicador de alcance |    |   |   |   |   | Evaluación formativa de la competencia<br>(instrumento de evaluación) | Nombre abreviado del AE del PE al que contribuye<br><b>Si aplica</b> |
|--------------------------|---------|----------------------|----|---|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                          |         | A                    | B  | C | D | E | F |                                                                       |                                                                      |
| Construcción ejemplos    | 15      |                      | 15 |   |   |   |   | Lista cotejo                                                          | N/A                                                                  |
| Test                     | 15      |                      | 10 |   |   |   |   | Test contestado                                                       | N/A                                                                  |
| Aplicación               | 30      | 20                   | 20 |   |   |   |   | Rúbrica                                                               | N/A                                                                  |
| Examen teórico           | 40      | 20                   | 15 |   |   |   |   | Examen contestado                                                     | N/A                                                                  |
| Total                    | 100     | 40                   | 60 |   |   |   |   |                                                                       |                                                                      |

**Principales prácticas/proyecto** (de acuerdo a cédula 3.3.2)

**UNIDAD 4 Metodología de los sistemas duros.**

**Tiempo: 8 horas**

**Actividades de enseñanza (métodos, técnicas y ambientes de aprendizaje)**

- Aterrizar el concepto de sistema duro.
- Revisar la metodología para sistemas duros.
- Sugerir el empleo de la metodología en casos sencillos.
- Exhortar a la interpretación de resultados en la aplicación de sistemas.

**Actividades de aprendizaje (métodos, técnicas e instrumentos) por unidad**

- Investigación método Jenkins.
- Ejemplo para comprensión de las metodologías.
- Test
- Aplicación.
- Examen teórico.

**Indicadores de alcance** (agregue o quite indicadores según corresponda)

**A 40 %**

Comprender las metodologías disponibles para la solución de problemáticas en sistemas duros.

**B 60 %**

Aplicación de una de las metodologías para resolver casos que impliquen sistemas duros e interpretación de resultados.

**C %**

**D %**

**E %**

## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SAN LUIS POTOSÍ

### VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA COLEGIADA

**MATRIZ DE EVALUACIÓN** (Solamente es necesario llenar esta matriz en forma colegiada si contiene las evidencias de aprendizaje que contribuyen a los Atributos de Egreso)

| Evidencia de aprendizaje | Total % | Indicador de alcance |    |   |   |   |   | Evaluación formativa de la competencia<br>(instrumento de evaluación) | Nombre abreviado del AE del PE al que contribuye<br><b>Si aplica</b> |
|--------------------------|---------|----------------------|----|---|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                          |         | A                    | B  | C | D | E | F |                                                                       |                                                                      |
| Investigación Jenkins    | 10      | 5                    | 5  |   |   |   |   | Lista de cotejo                                                       | N/A                                                                  |
| Ejemplo                  | 10      | 5                    | 10 |   |   |   |   | Lista cotejo                                                          | Sustentabilidad                                                      |
| Aplicación               | 30      | 15                   | 30 |   |   |   |   | Rúbrica                                                               | Sustentabilidad                                                      |
| Test                     | 10      | 5                    | 5  |   |   |   |   | Test contestado                                                       | N/A                                                                  |
| Examen teórico           | 40      | 10                   | 10 |   |   |   |   | Examen contestado                                                     | N/A                                                                  |
| Total                    | 100     | 40                   | 60 |   |   |   |   |                                                                       |                                                                      |

**Principales prácticas/proyecto** (de acuerdo a cédula 3.3.2)

|  |
|--|
|  |
|--|

### UNIDAD 5 Metodología de los sistemas blandos

**Tiempo: 8 horas**

**Actividades de enseñanza (métodos, técnicas y ambientes de aprendizaje)**

- Expone la diferencia de sistemas duros contra sistemas blandos.
- Sugiere la metodología para sistemas blandos.
- Proporciona casos para aplicar metodologías en sistemas blandos.
- Solicita interpretación de resultados

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SAN LUIS POTOSÍ

## VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA COLEGIADA



### Actividades de aprendizaje (métodos, técnicas e instrumentos) por unidad

- Test
- Aplicación de metodología de Checkland
- Examen teórico

### Indicadores de alcance (agregue o quite indicadores según corresponda)

**A 40 %**

Comprender la metodología de los siete estadios para sistemas blandos

**B 60 %**

Aplicación de la metodología de los siete estadios en casos para sistemas blandos.

**C %**

**D %**

### MATRIZ DE EVALUACIÓN (Solamente es necesario llenar esta matriz en forma colegiada si contiene las evidencias de aprendizaje que contribuyen a los Atributos de Egreso)

| Evidencia de aprendizaje | Total % | Indicador de alcance |    |   |   |   |   | Evaluación formativa de la competencia<br>(instrumento de evaluación) | Nombre abreviado del AE del PE al que contribuye<br><b>Si aplica</b> |
|--------------------------|---------|----------------------|----|---|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                          |         | A                    | B  | C | D | E | F |                                                                       |                                                                      |
| Test                     | 10      | 10                   |    |   |   |   |   | Test contestado                                                       | N/A                                                                  |
| Aplicación               | 55      | 20                   | 50 |   |   |   |   | Rúbrica                                                               | Sustentabilidad                                                      |
| Examen teórico           | 35      | 10                   | 10 |   |   |   |   | Examen contestado                                                     | N/A                                                                  |
| Total                    | 100     | 40                   | 60 |   |   |   |   |                                                                       |                                                                      |

### Principales prácticas/proyecto (de acuerdo a cédula 3.3.2)

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SAN LUIS POTOSÍ

## VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA COLEGIADA

Si requiere más unidades puede copiar y pegar la tabla de unidad

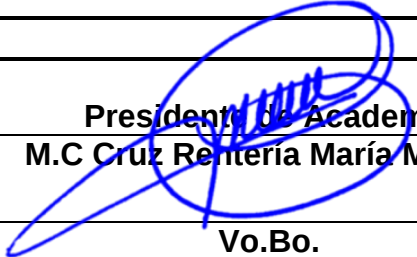
### FIRMAS DE LOS DOCENTES

| Nombre                    | Firma                                                                               |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Carrasco López Rubí Celia |  |
|                           |                                                                                     |

### IMAGEN O LIGA DE LA REUNIÓN



### REVISIÓN

|                                                                                               |                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Presidente de Academia</b><br>M.C Cruz Rentería María Merced                               | <b>Jefe del Departamento</b><br>Ing. Beltrán Morales Juan César                                 |
| <br>Vo.Bo. | <br>Vo.Bo. |

DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL