

Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona Patiño



Teoría General de sistemas / Camilo Augusto Cardona Patiño, /
Bogotá D.C., Fundación Universitaria del Área Andina. 2017

978-958-5455-63-4

Catalogación en la fuente Fundación Universitaria del Área Andina (Bogotá).

© 2017. FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
© 2017, PROGRAMA INGENIERIA DE SISTEMAS
© 2017, CAMILO AUGUSTO CARDONA PATIÑO

Edición:

Fondo editorial Areandino

Fundación Universitaria del Área Andina

Calle 71 11-14, Bogotá D.C., Colombia

Tel.: (57-1) 7 42 19 64 ext. 1228

E-mail: publicaciones@areandina.edu.co

<http://www.areandina.edu.co>

Primera edición: noviembre de 2017

Corrección de estilo, diagramación y edición: Dirección Nacional de Operaciones virtuales

Diseño y compilación electrónica: Dirección Nacional de Investigación

Hecho en Colombia

Made in Colombia

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra y su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin autorización escrita de la Fundación Universitaria del Área Andina y sus autores.

Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona Patiño





Índice

UNIDAD 1 Generalidades

Introducción	7
Metodología	8
Desarrollo temático	9

UNIDAD 1 Dinámica de sistemas

Introducción	16
Metodología	17
Desarrollo temático	18

UNIDAD 2 Teoría de la decisión

Introducción	44
Metodología	45
Desarrollo temático	46

UNIDAD 2 Principio de causalidad

Introducción	55
Metodología	56
Desarrollo temático	57



Índice

UNIDAD 3 ¿Qué es un modelo?

Introducción	66
Metodología	67
Desarrollo temático	68

UNIDAD 3 Sistemas dinámicos

Introducción	78
Metodología	79
Desarrollo temático	80

UNIDAD 4 Estructuras fundamentales

Introducción	89
Metodología	90
Desarrollo temático	91

UNIDAD 4 Control de sistemas

Introducción	98
Metodología	99
Desarrollo temático	100

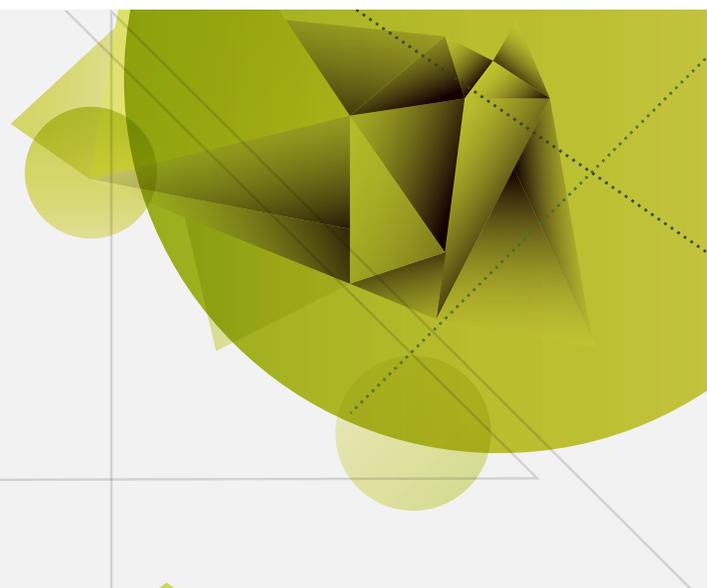
Bibliografía	106
--------------	-----

A large green number '1' is centered within a white circle. The circle is partially enclosed by a white line that forms a partial square. The background is a light gray with faint geometric lines.

1

Unidad 1

Generalidades



Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona

Introducción

Con frecuencia, se presenta la tendencia a pensar que la Teoría General de Sistemas –la que en adelante denominaremos como TGS- compete únicamente a las personas relacionadas con la informática y la computación, sin embargo, el concepto es mucho más amplio.

Con el surgimiento de la TGS se esperaba dar un nuevo enfoque al análisis de los organismos vivos, entendiéndolos como un sistema, pero ¿Qué es un sistema?, una mirada más general nos permite entender un sistema como cualquier interacción que se presenta en un ambiente. Bajo esta perspectiva podemos ver un sistema en una cadena alimenticia, en un sistema económico o político, en un ordenador, incluso dentro de la sociedad, en otras palabras, un sistema se compone de diferentes partes que tienen interacciones entre sí y que buscan la consecución de un objetivo, un sistema puede incluso contener a otros sistemas.

En la primera semana trataremos a fondo la definición y clasificación de sistemas, sus características y principios, entendiendo la interdisciplinariedad inherente en la Teoría General de Sistemas.

Se invita al estudiante a leer completamente la guía de manera que logre alcanzar gran solidez en cuanto a fundamentación teórica, de igual forma, se le recomienda analizar los ejemplos planteados, siguiendo paso a paso el desarrollo a fin de lograr claridad y comprensión en los conceptos, estar atento de la realización de las actividades, participación en los foros y formular todas las dudas que pueda tener en relación al tema tratado.

Generalidades

En el año de 1926, el biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy, plantea un interesante enfoque orientado al análisis de la biología conceptualizándola como un sistema. A pesar de tener poca acogida en la época, sienta las bases para el posterior desarrollo de la Teoría General de Sistemas.

La TGS es una rama compartida entre la ciencia y la filosofía que entrega un enfoque multidisciplinario aplicable en cualquier entorno en donde se pueda producir una interacción, ofrece una perspectiva nueva de análisis en las ciencias con la que es posible diferenciar un sistema y entender cómo su evolución y comportamiento están marcados ineludiblemente por su entorno.

El propósito de la Teoría General de Sistemas es el de desarrollar modelos y teorías que permitan diferenciar a los sistemas de su entorno con base en la manera de relacionarse, también pretende categorizar en diferentes niveles las múltiples interacciones que pueden ocurrir entre sistemas. Siendo estas aplicables para casi todas las áreas de investigación existentes.

La Teoría General de Sistemas tiene su fundamentación en tres principios básicos:

1. Los sistemas existen dentro de los siste-

mas. Se refiere a que los sistemas en realidad son formados por otros sistemas menores y a su vez, estos también constituyen sistemas mayores, por ejemplo, el planeta tierra es un sistema que a su vez forma parte de un sistema mayor "El sistema solar" y este a su vez forma parte de la "Vía láctea".

2. Los sistemas son abiertos. Los sistemas reciben y entregan materia, energía y/o información con otros sistemas en su entorno.
3. Las funciones de un sistema obedecen su estructura. Cada sistema tiene los componentes necesarios para realizar una función establecida, la que depende de la manera como las partes internas del sistema se relacionan.

Definición de sistema

Es posible que en la literatura encontremos una amplia variedad de significados para el término, más aún cuando se le asocia a una disciplina de conocimiento específica, sin embargo, a continuación, se propone una definición general, que nos será de mucha utilidad en la comprensión del concepto.

Un sistema es la conjunción entre diferentes elementos que se relacionan entre sí para el cumplimiento de un fin determinado, todos los sistemas tienen una entrada, una salida

y una retroalimentación, además existen dentro de un entorno con el que interactúan. También pueden ser contenedores o contenidos por otros sistemas.

Partes de un sistema

Entorno: se trata del ambiente dentro del cual existe el sistema, sin embargo el entorno no es propio del sistema, el entorno ofrece las entradas al sistema y recibe las salidas del mismo.

Entrada: es la materia prima que necesita el sistema para comenzar con el proceso que realiza intrínsecamente.

Salida: es el resultado obtenido del sistema después de realizado el proceso y la transformación de la materia prima.

Proceso: todas las actividades, transformaciones y efectos realizados sobre la materia prima y que tienen que ver con la función propia del sistema. En algunos casos es posible conocer el proceso interno realizado y en otras ocasiones, el proceso se ve como una caja negra de la que desconocemos sus actividades.

Retroalimentación: es el mecanismo de autorregulación del sistema, permite controlar el sistema y su comportamiento frente al entorno.

En la Figura 1, se pueden observar las partes que conforman un sistema.



Figura 1. Partes de un sistema
Fuente: Propia.

Tipos de sistemas

Los sistemas existen dentro de una gran cantidad de tipologías, las que sirven para clasificarlos de acuerdo a sus características elementales, dentro de los que tenemos:

Sistemas artificiales: son sistemas que no existen físicamente, se tratan de ideas, planes y conceptos ideados por la mente humana.

Sistemas naturales: son los sistemas que sí existen y que podemos ver en el entorno que nos rodea.

Sistemas abiertos: son sistemas que se relacionan con su ambiente mediante el intercambio de energía, materia y/o información, elementos que comparte activamente con el entorno.

Sistemas cerrados: son sistemas herméticos, que recibe muy poca o nula influencia del ambiente que le rodea.

Sistemas temporales: se trata de sistemas que tienen una duración de tiempo definida, luego desaparecen.

Sistemas permanentes: sistemas que tienen una duración de tiempo constante o prolongada.

Sistemas estables: sistemas en los que sus niveles se mantienen con nula o relativamente alta invariabilidad.

Sistemas inestables: son sistemas en los que sus niveles deben variar constantemente para adecuarse al ambiente o a sus entradas.

Algunos ejemplos de sistemas:

Tipo de sistema	Ejemplo
Sistemas artificiales	Sistemas económicos
Sistemas naturales	Ciclo del agua
Sistemas abiertos	Una biblioteca
Sistemas cerrados	Un reloj
Sistemas temporales	Un ser humano
Sistemas permanentes	El universo
Sistemas estables	Sistema numérico decimal
Sistemas inestables	Reacción química

Tabla 1. Ejemplo de tipos de sistemas
Fuente: Propia.

Características de los sistemas

Totalidad: la premisa de esta característica radica en la observación de un sistema como la integridad y unidad de sus partes, ya que la verdadera función del sistema solo puede ser observada cuando se analizan en conjunto de todos sus componentes e interacciones.

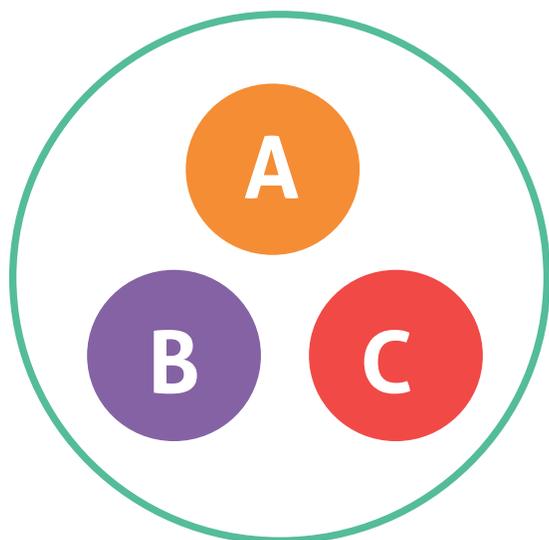


Figura 2. Un sistema es la unión de varios sistemas
Fuente: Propia.

Finalidad: es la normal tendencia de un sistema por desempeñar la función para la que fue creado ya que significa su razón de ser, el sistema siempre tienden a realizar y cumplir su propósito.

Equifinalidad: se da cuando dos o más sistemas pueden llegar a obtener los mismos resultados pero partiendo de estados iniciales muy diferentes.

Ejemplo:

$$5 * 4 + 12 = 32$$

$$15 * 2 + 2 = 32$$

En las operaciones anteriores, se puede observar que partiendo de estados diferentes y aplicando procedimientos diferentes, es posible llegar a obtener el mismo resultado.

Equipotencialidad: contrario a la equifinalidad, esta característica establece que es posible llegar a obtener resultados diferentes de 2 o más sistemas cuando se parte de estados iniciales iguales.

Ejemplo:

$$9 * 8 + 5 = 77$$

$$9 + 8 * 5 = 49$$

En las operaciones anteriores, se puede observar que partiendo del mismo estado inicial y aplicando procedimientos diferentes, es posible llegar a obtener diferentes resultados.

Retroalimentación: es el proceso mediante el cual el sistema es capaz de controlarse, corregir los problemas que se puedan presentar y optimizar su funcionamiento, existe la retroalimentación positiva y la retroalimentación negativa. La positiva tiende a deteriorar el sistema hasta hacerlo fallar, la negativa tiende a estabilizarlo y optimizarlo.



Figura 3. Cada sistema tiene un funcionamiento interno único
Fuente: Propia.

Ejemplo:

Retroalimentación positiva: una enfermedad cardíaca, afecta la circulación sanguínea, lo que genera una retroalimentación negativa que hace que menos nutrientes lleguen a todo el cuerpo, lo que incluye al mismo corazón, que al poseer menos nutrientes, sigue afectando más a la circulación, lo que deriva en cada vez menos nutrientes para el organismo, de manera que se produce una espiral en la que el sistema se va deteriorando cada vez más.

Retroalimentación negativa: la oferta de un producto y la producción del producto en una fábrica, para la primera semana se fija un objetivo de producción de 10.000 unidades, mientras que los analistas de mercado descubren que la demanda del producto aumentó a 10500, entonces ajustan el objetivo para la siguiente semana a 10.500 unidades, igualmente proyectan que para la próxima semana, la demanda disminuirá en 9.000 unidades, por lo que nuevamente fijan los objetivos de producción en 9.000 unidades, de esta manera el sistema continúa indefinidamente ofreciendo información sobre cuánto será el estándar de producción para cada semana.

Homeostasis: es la tendencia de un sistema a mantenerse autorregulado, de forma que se adapta al ambiente que le rodea (Retroalimentación negativa).

Ejemplo:

En el ecosistema, las plantas tienden a mantener estables los niveles de oxígeno en la atmósfera, procesando el dióxido de carbono.

Morfogénesis: un sistema también tiene la posibilidad de generar tendencias que estimulen drásticamente su cambio (Retroalimentación positiva).

Ejemplo:

Por muchos años, en el espacio, pequeñas partículas de polvo y gas se van acumulando, de manera que interactúan entre sí, generando fricción, fuerzas electrostáticas y calor, que eventualmente se acumularán hasta el punto de generar una nueva estrella, en este punto, el sistema cambia completamente, convirtiéndose en un nuevo sistema que tiene diferentes procesos, entradas, salidas, entorno y retroalimentación.

Entropía: es la tendencia natural de un sistema al desorden y la aleatoriedad. Cuando el sistema alcanza un alto grado de entropía es propenso a desaparecer, sin embargo existe un proceso mediante el cual es posible reducir la entropía denominado **negentropía o entropía negativa**, en la que el sistema es capaz de modificarse para reabastecerse de la energía consumida.

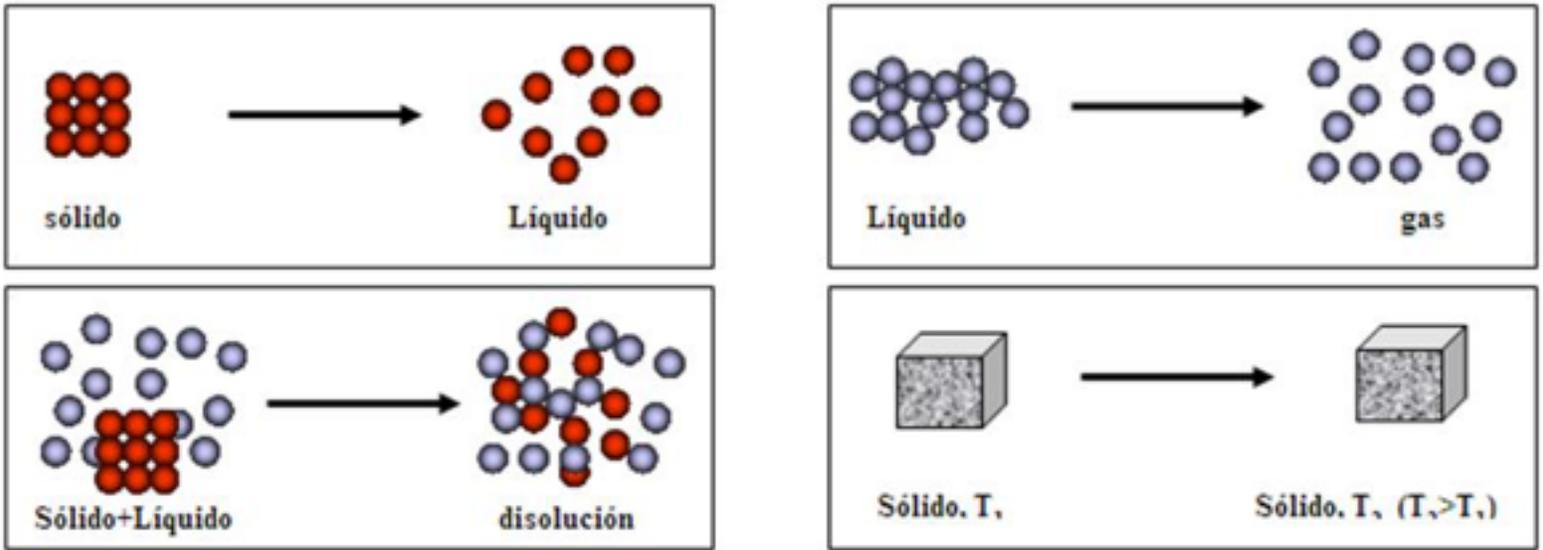


Figura 4.
 Fuente: <http://conceptodefinicion.de/wp-content/uploads/2014/05/entrop%C3%ADa.jpg>

Sinergia: se trata de un efecto producido en los sistemas, en el que varias partes se unen para lograr mayor eficiencia, por lo tanto concluye que “el todo es mucho más que la suma de las partes.”

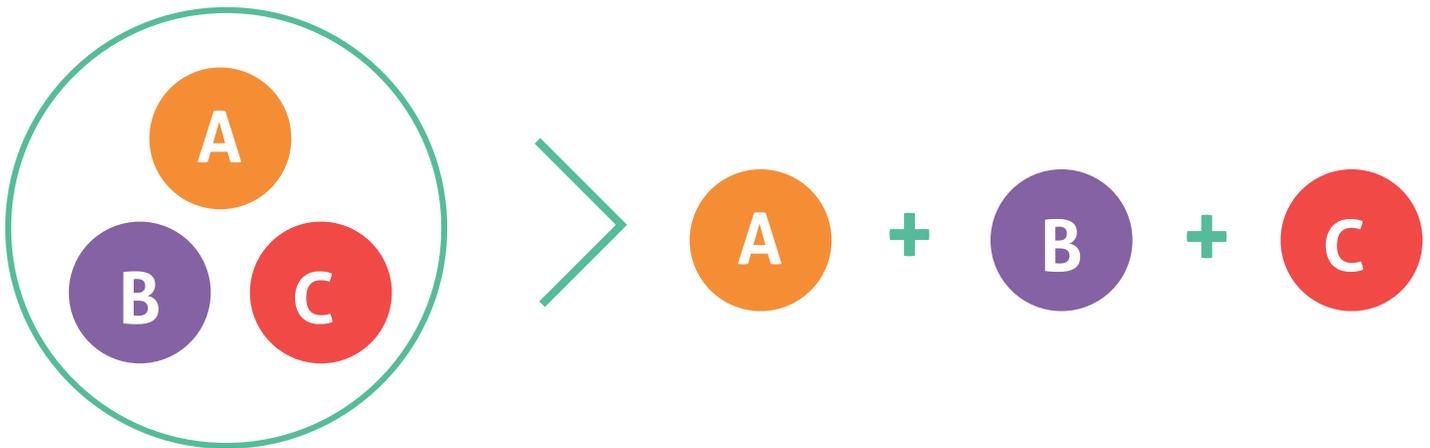


Figura 5. El todo es mucho más que la suma de las partes
 Fuente: Propia.



1

Unidad 1

Dinámica de
sistemas

Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona

Introducción

En la presente cartilla veremos la definición de sistemas dinámicos así como las herramientas y técnicas para representarlos, diagramas causales, diagramas de Forrester, arquetipos de sistemas, ejemplos y la manera como nos ayudan a modelar situaciones del mundo real.

Aprenderemos a representar sistemas de manera gráfica, agregando sus componentes y relaciones para comprender el tipo de interacciones que ocurren y lo que pueden llegar a significar para el sistema.

Se invita al estudiante a leer completamente la guía de manera que logre alcanzar gran solidez en cuanto los diferentes arquetipos de sistemas presentados, se le recomienda revisar los contenidos adicionales a fin de lograr claridad y comprensión, estar atento de la realización de las actividades, participación en los foros y formular todas las dudas que pueda tener en relación al tema tratado.

Dinámica de sistemas

Es una metodología que permite estudiar y analizar el comportamiento de los sistemas. La retroalimentación, los flujos, las condiciones del medio cambian permanentemente el funcionamiento del sistema.

Con la dinámica de sistemas podemos predecir los resultados que presentaría un sistema sometido a ciertas condiciones iniciales, también nos permite establecer patrones de comportamiento para modelarlos y clasificarlos, de manera que nos brinda herramientas para analizar escenarios económicos, sociales, científicos, etc.

Para construir un modelo dinámico de sistemas empleamos dos tipos de diagramas, los diagramas causales y los diagramas de Forrester.

Diagrama causal

Son una representación gráfica de los ciclos de retroalimentación y las relaciones causales que ocurren entre los componentes de un sistema.

Retroalimentación negativa

Este tipo de retroalimentación ocurre cuando una variación en un elemento del sistema es contrarrestado por otro elemento, de manera que tiende a estabilizarse, a encontrar un estado de equilibrio.

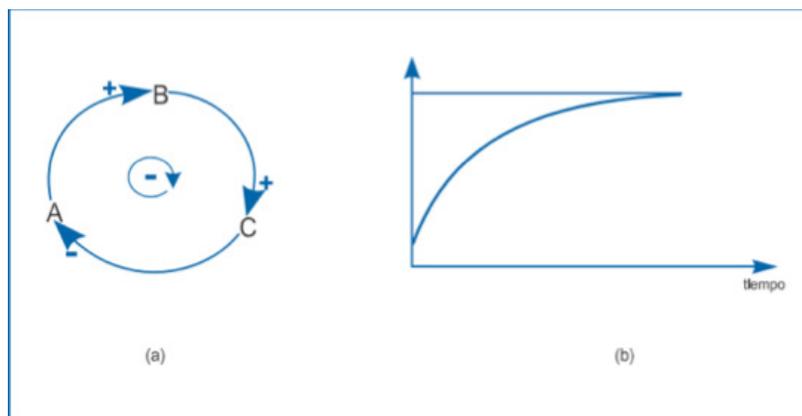


Figura 1. Retroalimentación negativa

Fuente: http://www.educaunica.galeon.com/cursos/silabo_diapositiva/Causal.pdf

La figura anterior se lee así:

Un aumento en A corresponde a un aumento en B.

Un aumento en B corresponde a un aumento en C.

Un aumento en C corresponde a un decremento en A.

Conclusión: el sistema se autorregula hacia un estado de equilibrio.

Retroalimentación positiva

Cuando hablamos de retroalimentación positiva, significa que un cambio en un elemento del sistema desencadena un cambio y otro elemento que a su vez refuerza el cambio inicial, creando un efecto de bola de nieve que lleva a la destrucción del sistema.

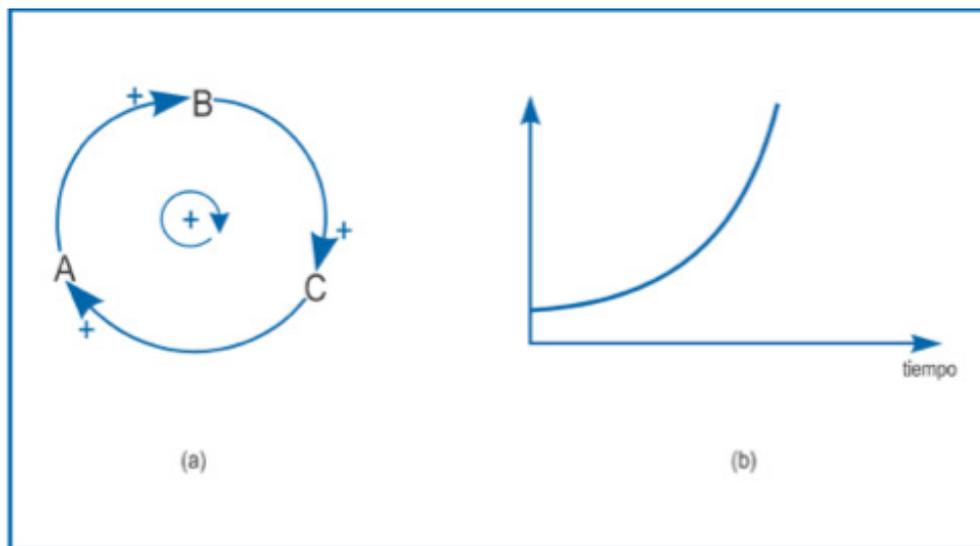


Figura 2. Retroalimentación positiva.

Fuente: http://www.educaunica.galeon.com/cursos/silabo_diapositiva/Causal.pdf

La figura anterior se lee así:

Un aumento en A corresponde a un aumento en B.

Un aumento en B corresponde a un aumento en C.

Un aumento en C corresponde a un aumento en A.

Conclusión: el sistema se sale de control pues no hay nada que lo regule, produciéndose un efecto bola de nieve.

Reglas de notación

- Se escribe el nombre de la variable (sujetos) y se interconectan por medio de vínculos (flechas arqueadas) que expresan relaciones o influencia.
- Los vínculos deben tener un sentido y una correlación (+ o -).
- Los ciclos deben tener un nombre.
- Debe existir un identificador de ciclo. (R) para ciclos positivos o reforzados o (B) para ciclos negativos o balanceados.
- Los retrasos se expresan con 2 pequeñas líneas paralelas sobre el vínculo, estos ocurren cuando se dan demoras entre un evento en A y la activación de otro en B.
- Los diagramas deben claros y sencillos.
- Evitar el cruce de vínculos.
- Los ciclos principales deben ser cerrados.
- Pueden existir ciclos secundarios relacionados a los ciclos principales.

Convenciones diagrama causal

Nombre	Símbolo
Variables	Retraso
Vínculos	
Identificador de ciclo	
Correlación	+ o -
Retraso	

Tabla 1. Convenciones diagrama causal
Fuente: Propia.

Ejemplo 1:

A continuación se presenta un diagrama causal que refleja las relaciones entre los ciclos de natalidad y mortalidad de una población.

Se tiene en cuenta la población y su relación con la tasa de nacimientos y la tasa de muertes y una variable externa, la esperanza de vida.

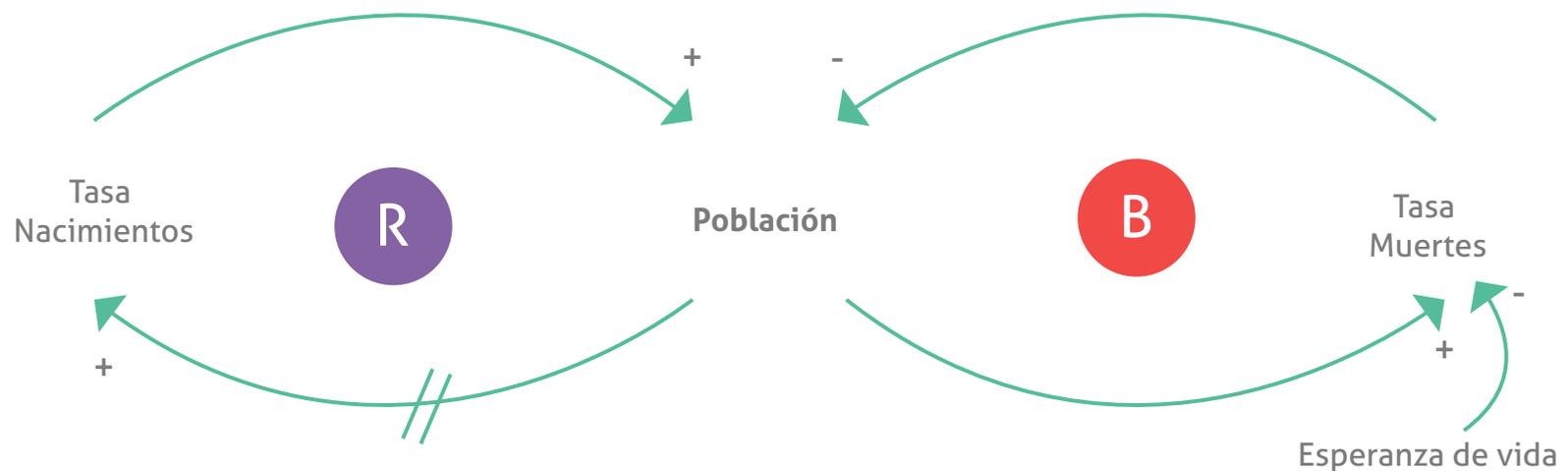


Figura 3. Diagrama causal Natalidad-Mortalidad de una población
Fuente: Propia.

A partir del análisis del diagrama podemos obtener los siguientes postulados:

1. Existen 2 ciclos principales, el primer ciclo con las variables **población** y **tasa de nacimientos**, con identificador de ciclo reforzado (R) ya que a mayor población, mayor tasa de nacimiento. El segundo ciclo ocurre entre las variables **población** y **tasa de muertes**, con identificador balanceado (B) ya que a mayor tasa de muertes, menor población.
2. Existe un ciclo secundario ente las variables esperanza de vida y **tasa de muerte**, que indica que a mayor esperanza de vida, menor tasa de muertes.
3. El primer ciclo muestra una tendencia al crecimiento descontrolado, sin embargo el diagrama en su totalidad se estabiliza o autorregula por medio de la variable **tasa de muertes**.
4. Existe un retraso en la población y la tasa de nacimientos, que se interpreta como el tiempo que tarda a la población infantil estar en condiciones de reproducción.

Diagramas de Forrester

Los diagramas de Forrester son una poderosa herramienta de análisis empresarial, permiten entender mejor los diagramas causales, pues representan los flujos y niveles de forma más natural.

Son el paso previo que se realiza con el diagrama causal para generar ecuaciones que permiten una simulación¹ por computador:

Se tienen los siguientes lineamientos para la construcción de diagramas de Forrester:

- Mentalizar completamente el sistema y los niveles que los conforman (personas, animales, distancias, volúmenes, etc.) Equivalente a variables.
- Establecer los elementos que ocasionan el cambio en los niveles, generalmente son relaciones o tasas (árboles/m², nacimientos/año, etc.) Equivalente a flujos.
- Existen variables auxiliares y constantes "Parámetros", sirven para colocar condiciones en los flujos.
- Existen relaciones de información (se transmiten datos) y relaciones de materiales (se transmiten elementos físicos).
- La nube representa una fuente o sumidero de material, un flujo sin mayor importancia.
- El retardo funciona igual que en los diagramas causales.
- Las influencias externas al sistema se denominan exógenas.

Convenciones diagramas de Forrester

Existen diferentes nomenclaturas dependiendo del programa de simulación empleado, a continuación se detallan algunos de los principales.

¹La simulación por computador se verá en unidades posteriores.

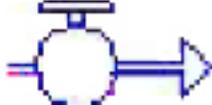
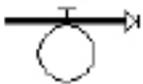
Nombre	Vensim	Dynamo	Stella, I'Think	EVOLUCION
Nivel				
Relación de información				
Relación de material				
Flujo				
Nube				
Parámetro	No Existe		No Existe	
Retardo				
Exógena			No Existe	
Variable auxiliar				
Tabla		No Existe	No Existe	

Figura 4. Convenciones Diagramas de Forrester
Fuente: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301126/301126/f29.png>

Ejemplo 2:

El siguiente ejemplo muestra un esquema básico del equivalente del ejemplo1 expresado con Diagramas de Forrester.

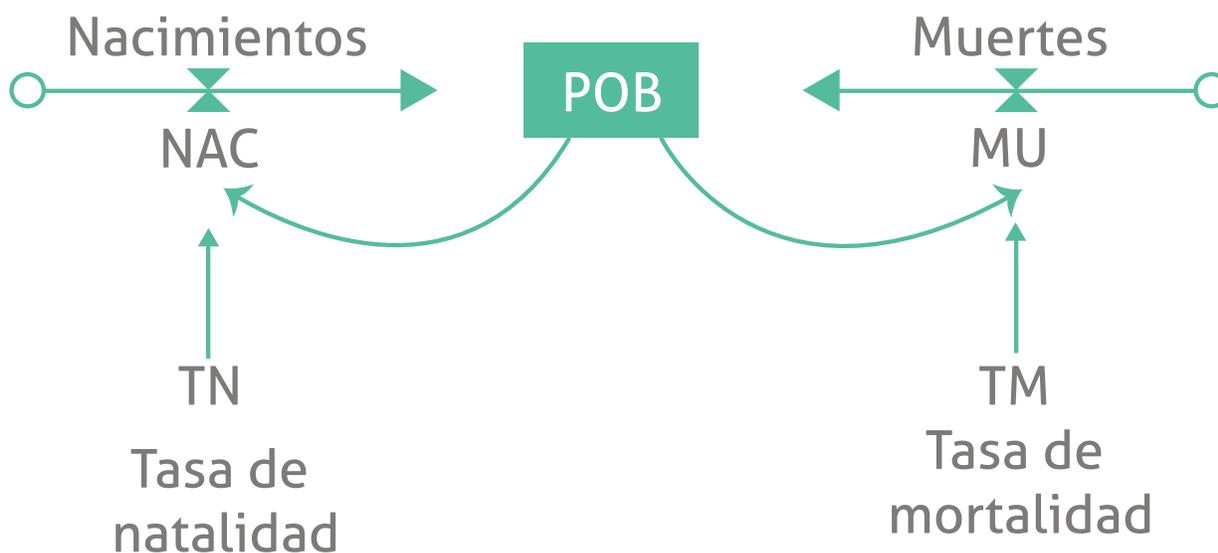


Figura 5. Diagrama de Forrester Natalidad-Mortalidad de una población.

Fuente: <https://saforas.files.wordpress.com/2010/07/forrester.png?w=300&h=193>

¿Qué son los arquetipos de sistemas?

Los arquetipos se entienden como el modelo básico u original que sirve de base para la generación nuevos conceptos, ideas u objetos.

Así mismo, los arquetipos de sistemas nos presentan un catálogo de elementos, conductas y respuestas comunes en las diferentes relaciones presentes entre elementos, es decir, sistemas. Como veremos más adelante, es posible modelar y predecir el comportamiento de un sistema, entendiendo las relaciones que se dan entre sus partes constituyentes, saber qué tipo de respuesta tendrá frente a un estímulo particular, de manera que resulta evidente, práctico y tentador tratar de encajar sistemas reales y cotidianos, con cierto grado de complejidad e incertidumbre para ver qué resultados se obtienen.

Arquetipos de sistemas

En general los sistemas se mantienen durante un tiempo y luego simplemente desaparecen, a continuación analizaremos algunos comportamientos que sufren los sistemas de acuerdo a su tipología y características, enfocándonos principalmente en los punto de quiebre, que es en donde la regulación y la retroalimentación del sistema tiene la capacidad de mantenerlo, regularlo o destruirlo.

Compensación entre proceso y demora

Como ya dijimos, la finalidad de un sistema es su razón de ser, y para alcanzar esta meta, el sistema se articula y modifica continuamente, cuando el sistema realiza un proceso, se revisan los resultados obtenidos y se emite una acción por medio del proceso de retroalimentación para realizar ajustes basados en las salidas del sistema.

Sin embargo, en ocasiones se pueden producir retrasos de tiempo entre las acciones implementadas en el sistema y los resultados obtenidos, este fenómeno debe ser tratado con mucho cuidado, ya que una variación excesiva en los flujos de entrada puede provocar la destrucción del sistema.



Figura 6. Compensación entre proceso y demora
Fuente: Propia.

Ejemplo 3:

Ciclos de demanda de un producto de temporada.

Los útiles escolares se venden generalmente durante todo el año, sin embargo, en los meses de Enero y Julio tienen mayor demanda y esto es bien conocido por los productores.

En las bodegas de sus fábricas constantemente producen reservas que van almacenando y que en las épocas de gran demanda dan salida.

Aumentos excesivos de producción – ERROR: Si los fabricantes dejan para producir todo en temporada alta, lo más probable es que debido a los tiempos de manufacturación, no tendrán los útiles listos para la venta en ese momento, sino que estarán un par de semanas más tarde y por tal razón perderán su oportunidad de venta, arriesgándose incluso a desaparecer.

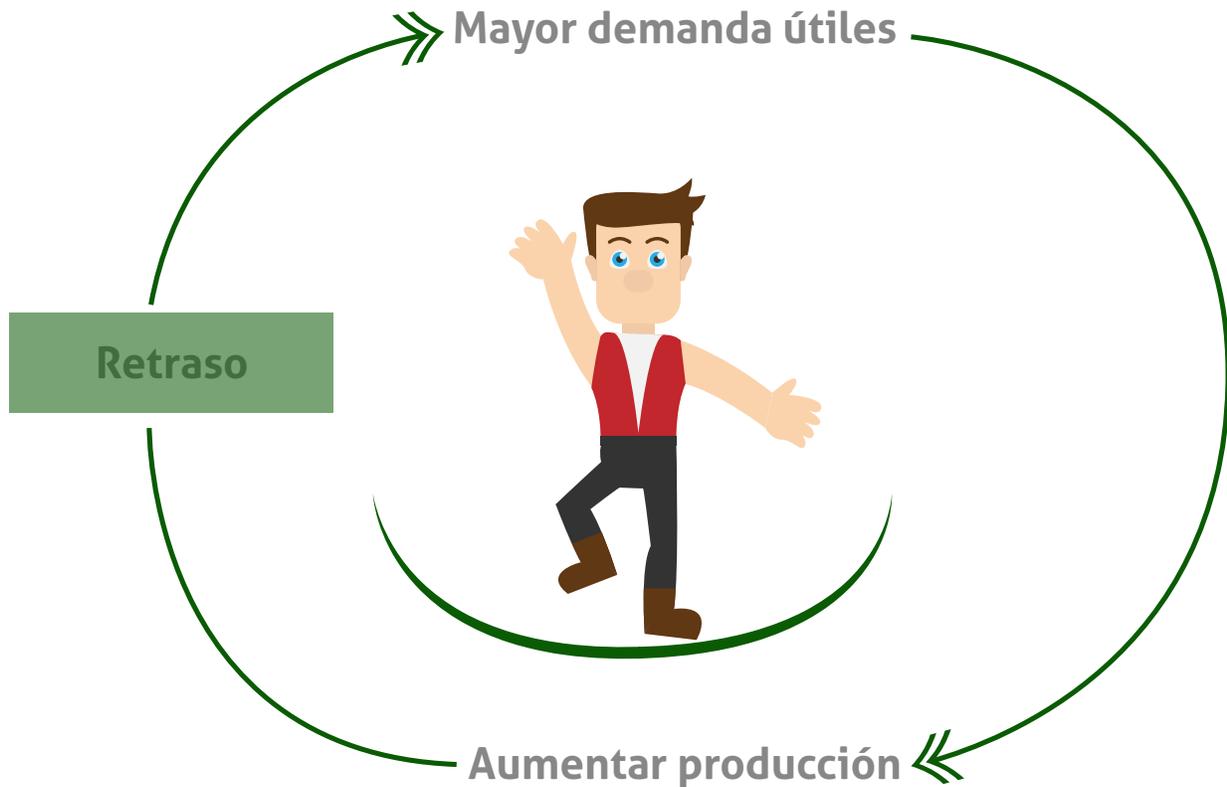


Figura 7. Ciclos de demanda de un producto de temporada
Fuente: Propia.

Límites de crecimiento

En ocasiones, un sistema puede experimentar un crecimiento y aceleración en su funcionamiento, que puede ser debido a agentes internos como la retroalimentación, luego el sistema puede llegar al equilibrio lentamente, o colapsarse y revertirse de manera acelerada.

El sistema se detiene cuando se acerca al límite, que puede ser por restricción de recursos o por componentes externos.

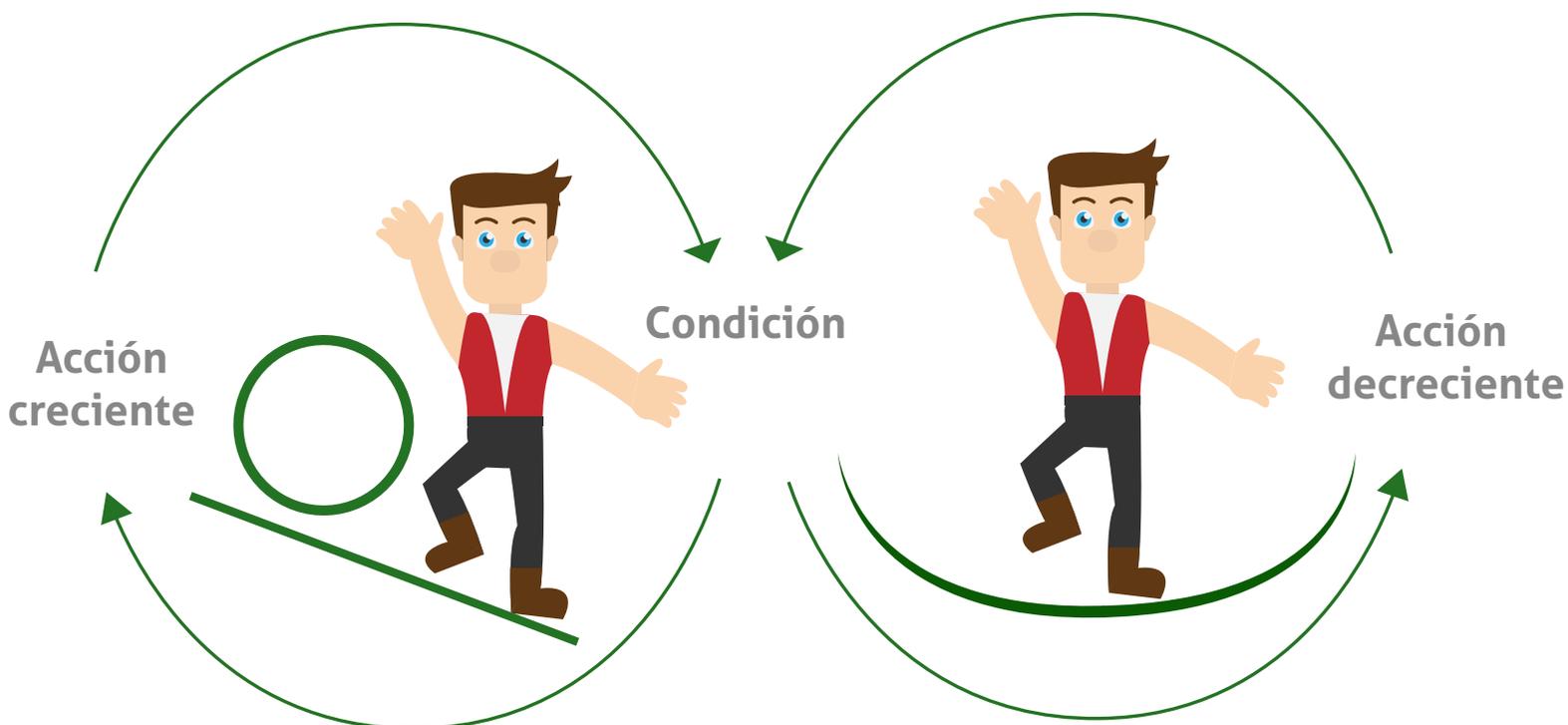


Figura 8. Límites de crecimiento
Fuente: Propia.

Ejemplo 4.

Una reacción química o física

Cuando se mezclan dos o más componentes se produce en ocasiones una reacción fuerte que comienza bruscamente y aumenta mientras existan reactivos en la mezcla, finalmente al agotarse alguna de las sustancias, la reacción química, se va deteniendo lentamente a medida que se agotan las sustancias.

En este caso podemos ver como al agregar un sobre de sal de frutas en agua, se genera una violenta reacción inicial, y a medida que la sal se va disolviendo en el agua, se vuelve más lenta la reacción, sin embargo no llega a detenerse por completo, después de un periodo de tiempo se puede ver que aunque pocas, se siguen generando burbujas.

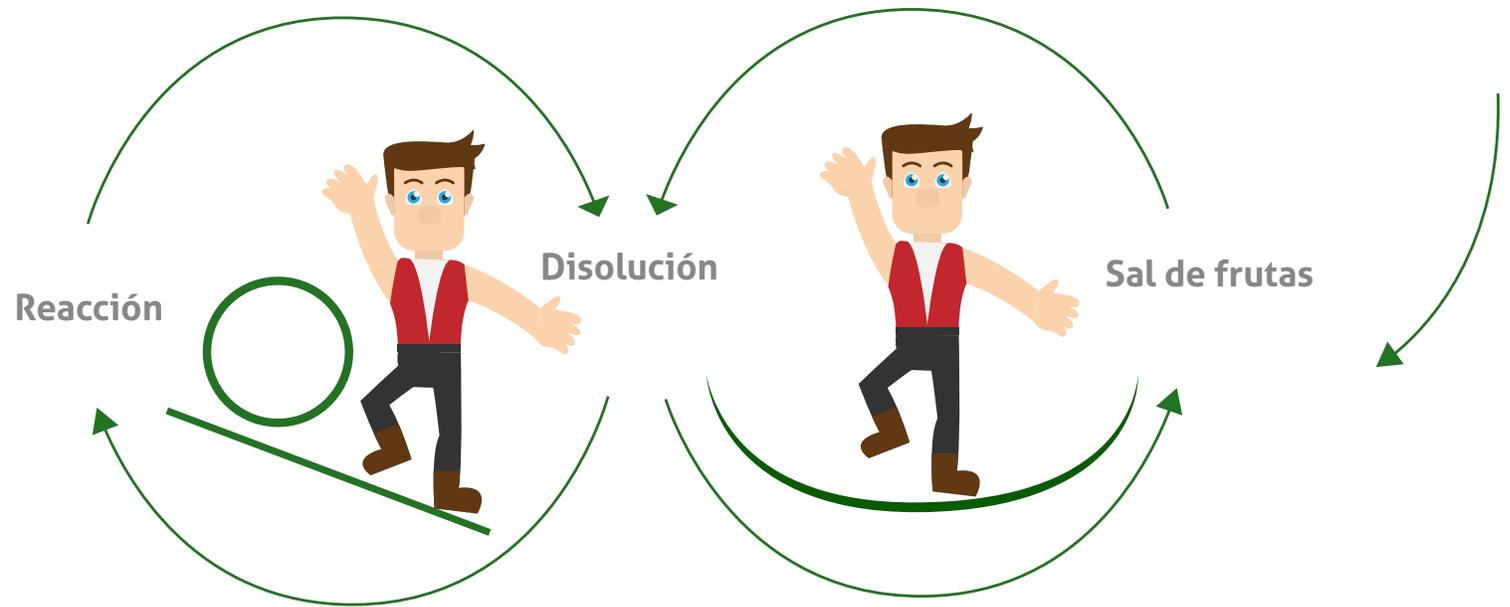


Figura 9. Una reacción química o física
Fuente: Propia.

Desplazamiento de carga

Existe un problema de fondo, que genera una serie de síntomas que se perciben superficialmente, una forma frecuente de corregirlo es diseñando una solución que calme los efectos visibles (temporal), sin embargo en la mayoría de los casos el problema de fondo persiste y se va incrementando, generando cada vez mayor dependencia de la solución temporal o sintomática.

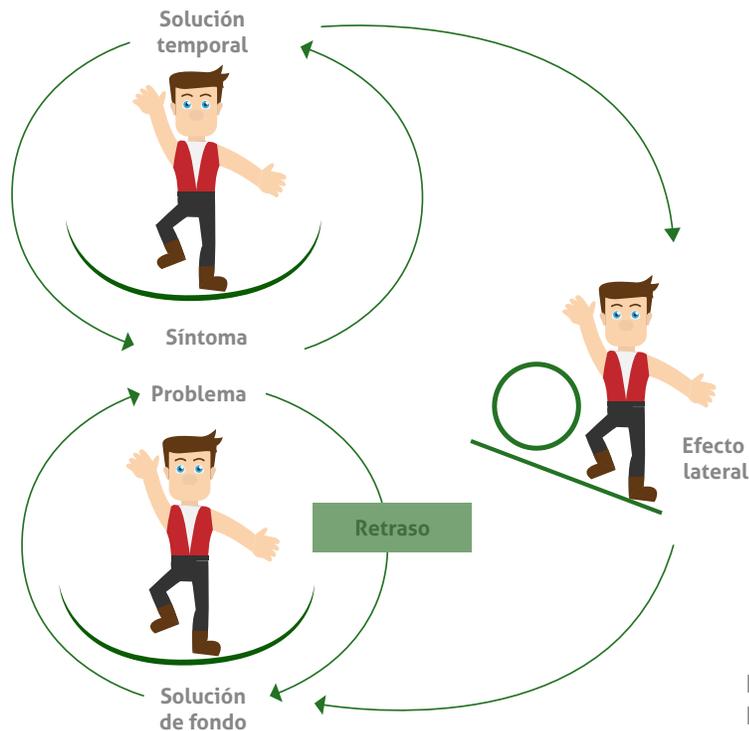


Figura 10. Desplazamiento de carga
Fuente: Propia.

Ejemplo 5.

Pagar deudas realizando préstamos.

En el postulado del ejemplo, de entrada vemos lo mal que puede llegar a funcionar este sistema si se sale de control, básicamente se tiene una deficiencia de dinero, para lo que se recurre a realizar un préstamo, momentáneamente la deuda quedará saldada, sin embargo se debe para el capital más los intereses del nuevo préstamo, y se continúa de esta manera varias ocasiones, de esta manera se puede llegar a generar un efecto bola de nieve, llevando al punto en el que será imposible pagar la deuda.

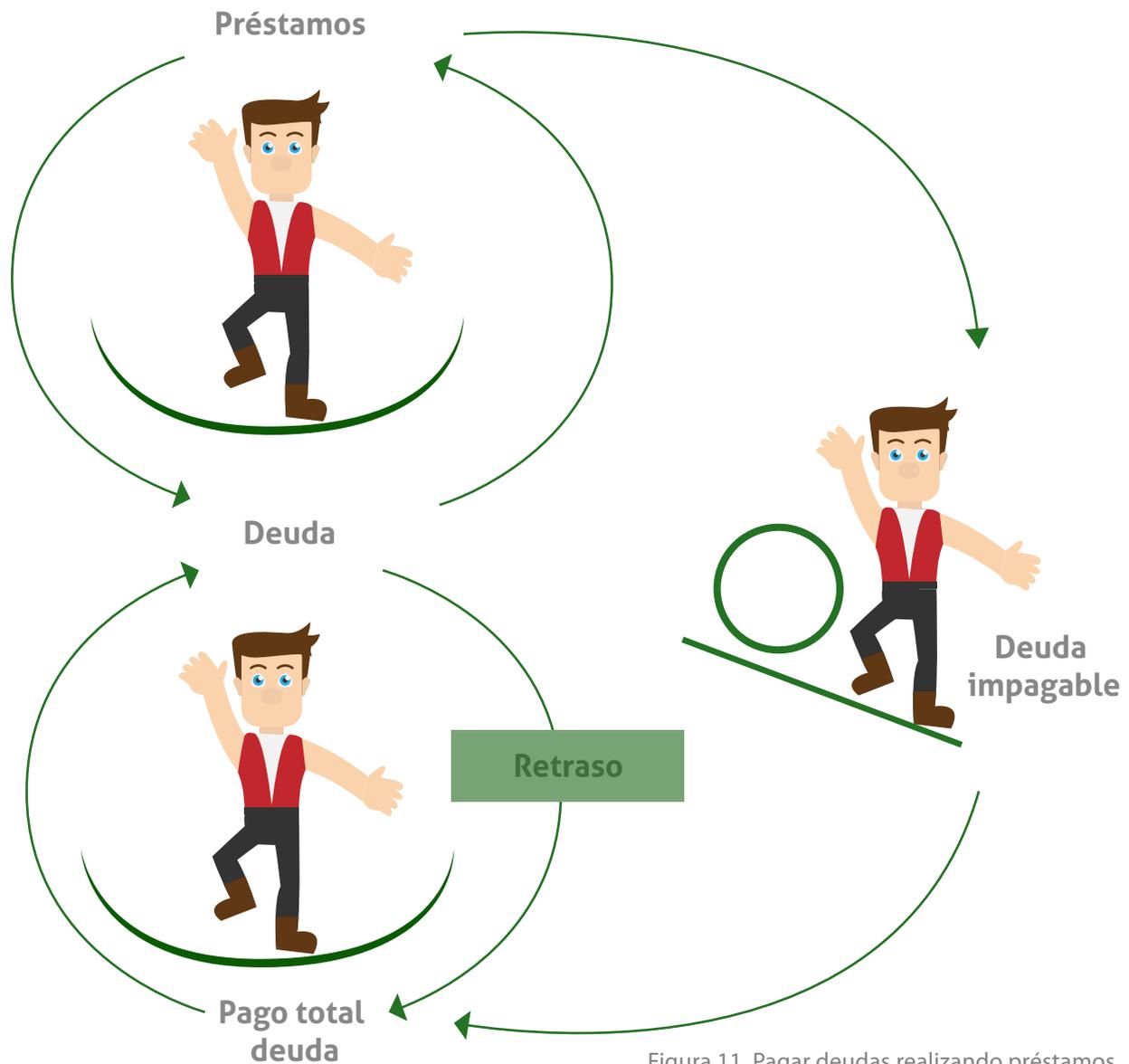


Figura 11. Pagar deudas realizando préstamos
Fuente: Propia.

Caso especial: desplazamiento de carga hacia la intervención

Las estructuras de desplazamiento de la carga son bastante comunes y resultan muy dañinas cuando se produce una intervención externa que merece una atención especial. La intervención busca calmar los síntomas de problemas obvios, y lo hace tan bien que los integrantes del sistema jamás aprenden a afrontar los problemas.

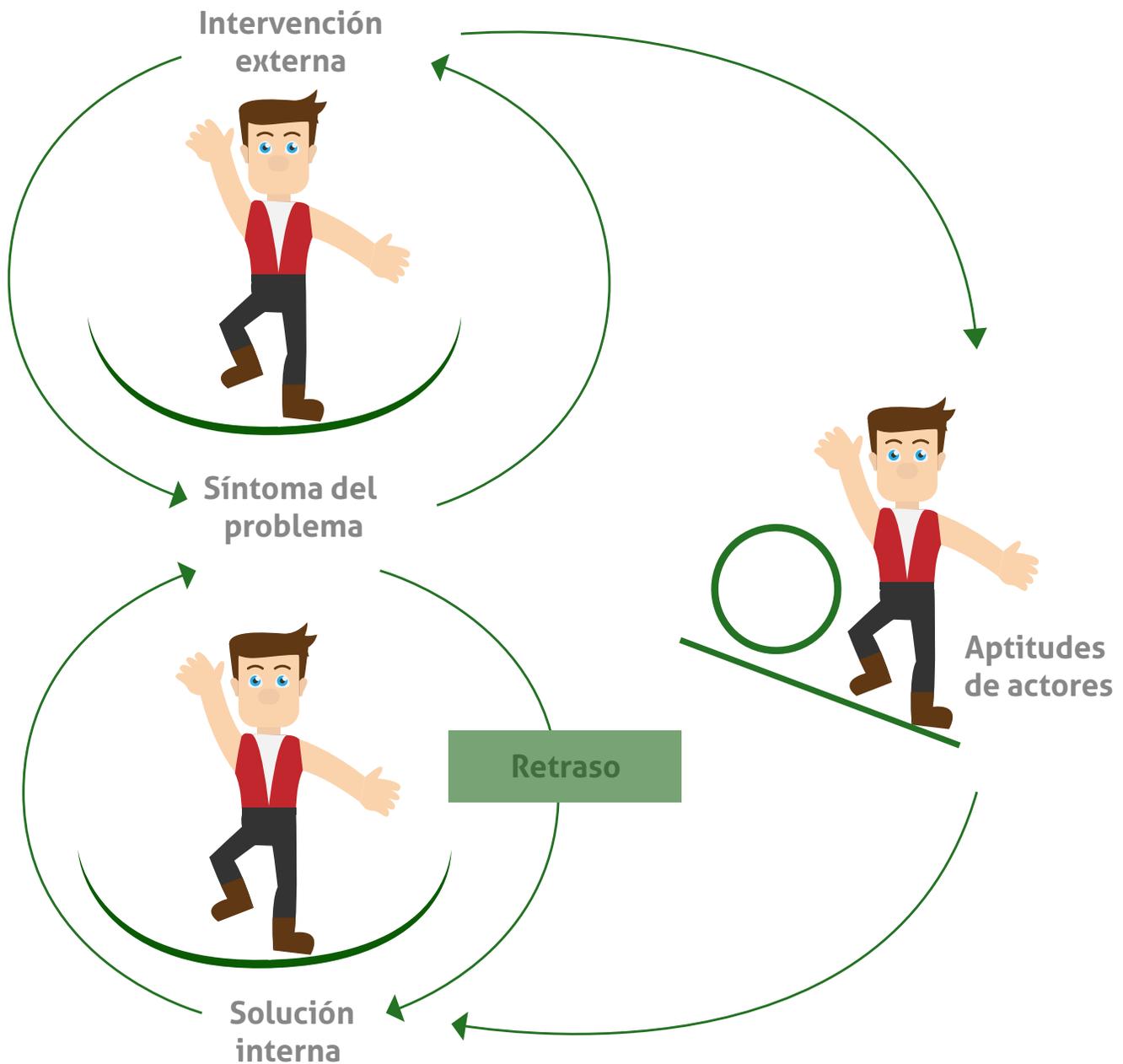


Figura 12. Caso especial: desplazamiento de carga hacia la intervención
Fuente: Propia.

Ejemplo 6.

Los programas de bienestar gubernamentales ofrecen programas para ayudar y resolver problemas urgentes, sin embargo esta ayuda lo que hace es alentar más y más la dependencia de los propios programas, generando un ciclo de deterioro en el que se generan más programas pero surgen más necesidades.

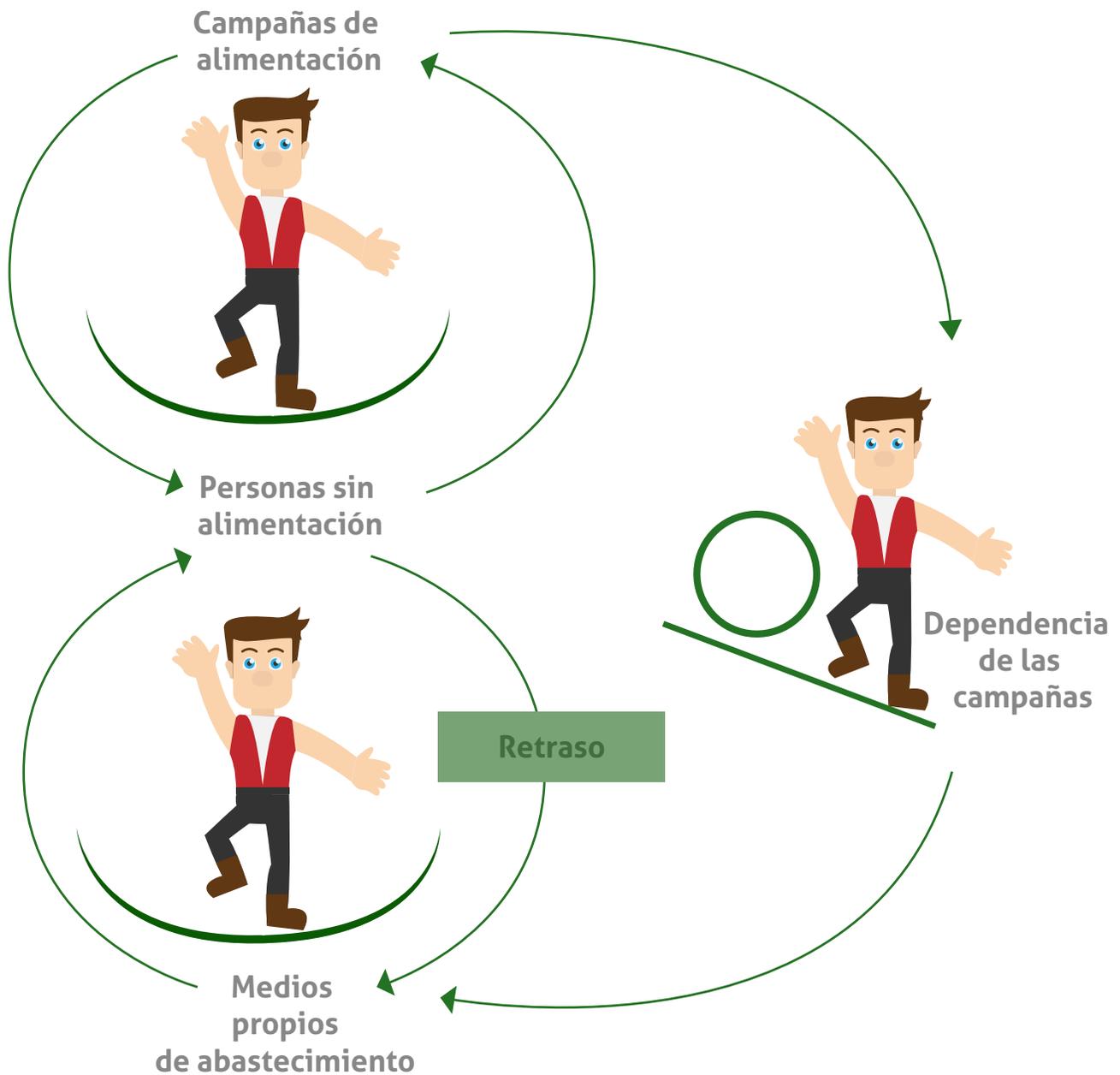


Figura 13. Programas de bienestar gubernamentales
Fuente: Propia.

Erosión de metas

El deterioro de una meta fundamental de largo plazo es consecuencia de una estructura de desplazamiento de carga de una solución a corto plazo.

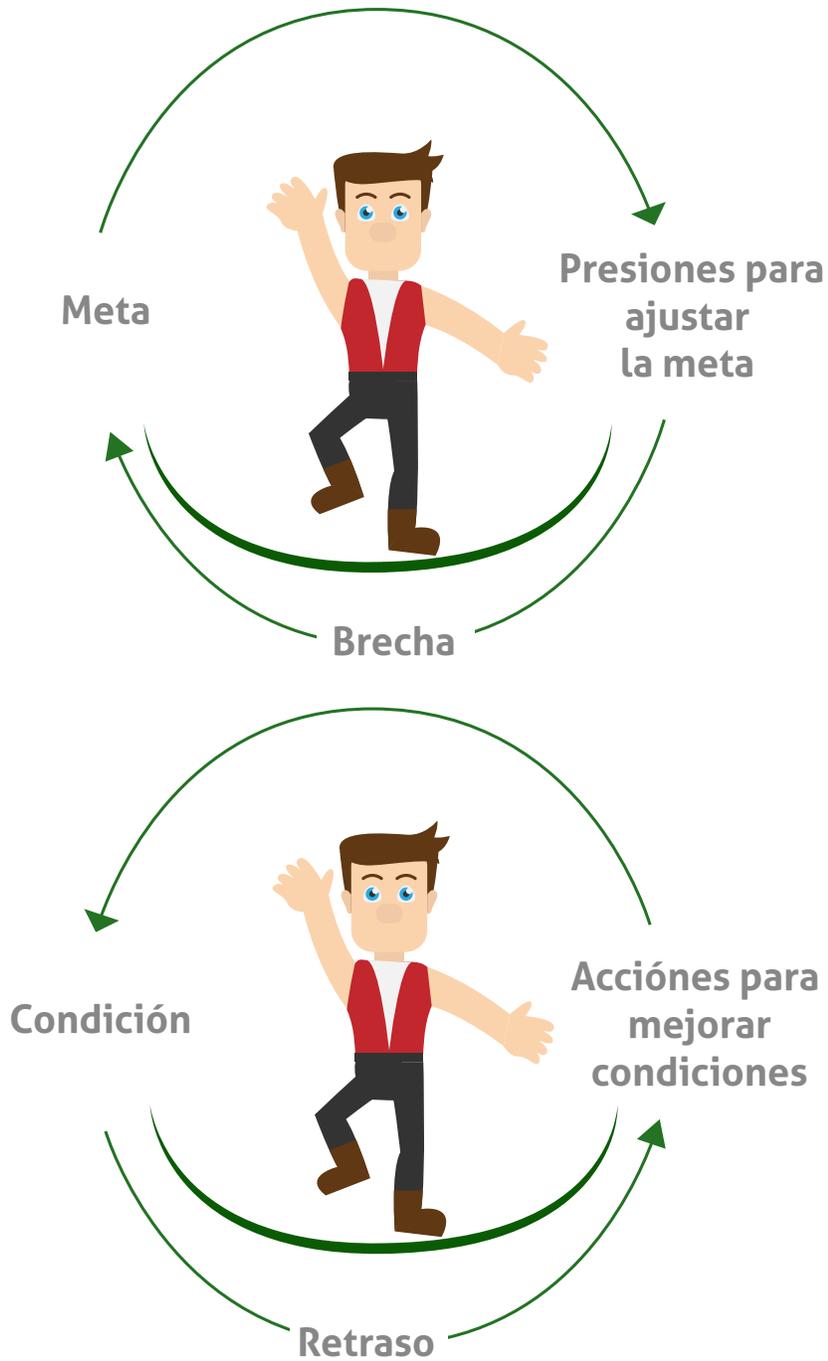


Figura 14. Erosión de metas
Fuente: Propia.

Ejemplo 7.

Una empresa dedicada a la fabricación de artículos de aseo pierde participación en el mercado, se han contratado expertos para identificar el problema, los cuales descubrieron que la causa obedecía a inconformidades con los plazos de entrega del producto, la empresa no cuenta con un buen sistema de producción y decide ampliar el plazo de entrega a sus clientes, con lo que sus indicadores muestran un cumplimiento del 95% en cuanto a tiempos de entrega, sin embargo, el problema sigue inmerso, ya que cada vez que se sufrían retrasos, se reaccionaba alargando el plazo de entrega.

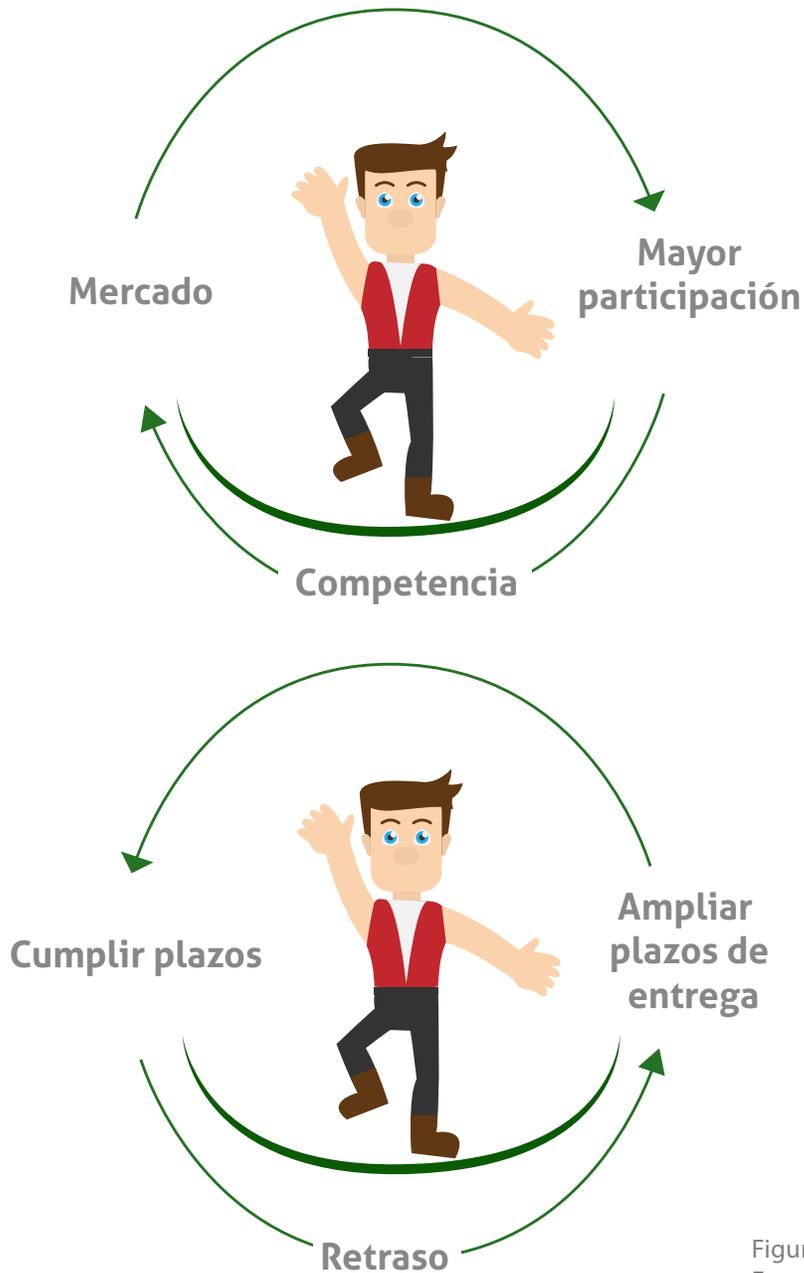


Figura 15. Erosión de metas
Fuente: Propia.

Escalada

Entre dos entes, existe una relación en la que la relativa ventaja de una sobre la otra, significa bienestar para quien tiene la ventaja, es por eso, que un avance grande y agresivo de una genera una respuesta igual o superior de la otra.

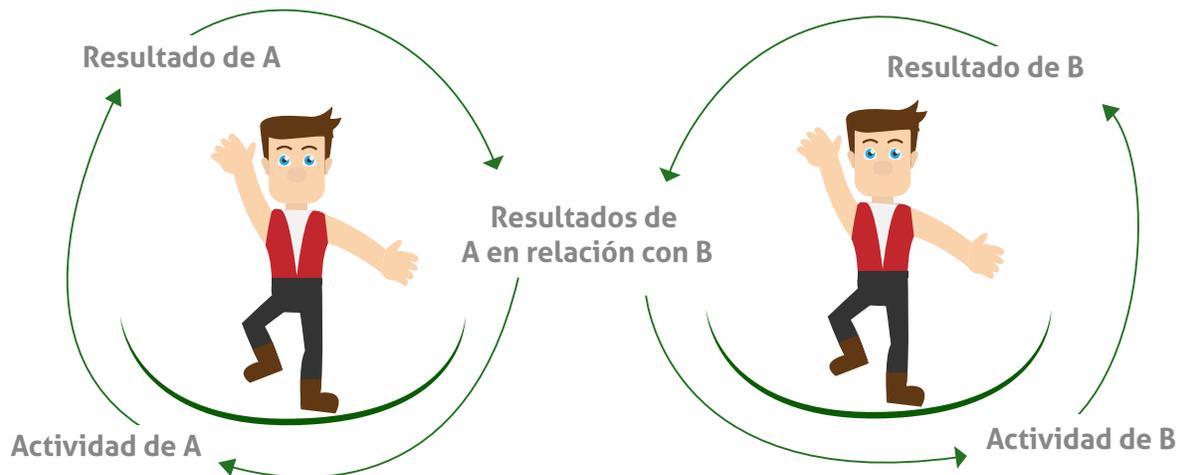


Figura 16. Escalada
Fuente: Propia.

Ejemplo 8.

Una guerra de publicidad de un producto puede resultar perjudicial para una empresa si es llevada a límites elevados, así: si se realiza una gran campaña para ganar parte de un mercado, la empresa competidora, se verá obligada a responder ya sea con otra campaña, con descuentos o mejoras para recuperar el mercado que perdió, la lucha se puede seguir prolongado por mucho tiempo, pudiéndolas llevar a desaparecer.

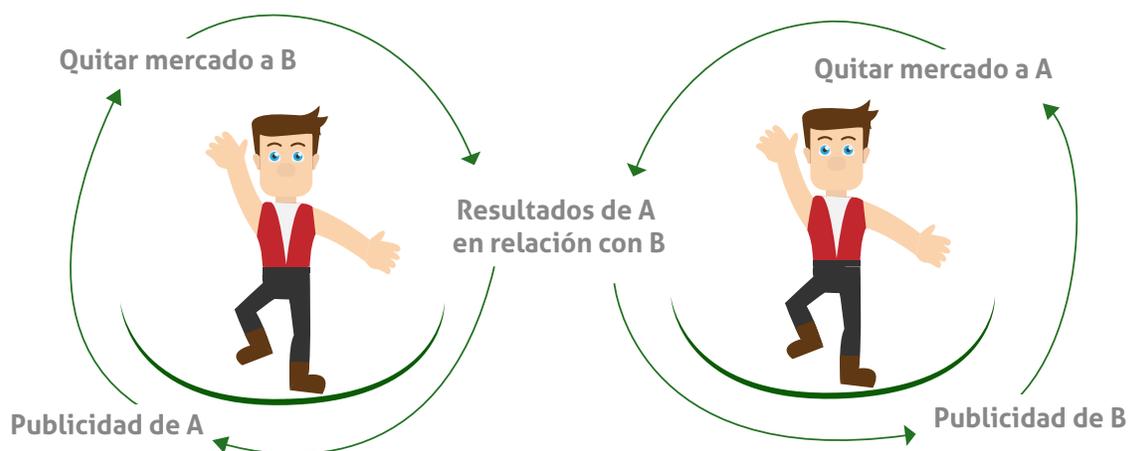


Figura 17. Guerra de publicidad entre empresas A y B
Fuente: Propia.

Éxito para quien tiene éxito

Dos actividades compiten por recursos limitados. Cuando mayor éxito se logra, más respaldo se logra, con lo cual la otra se queda sin recursos.



Figura 18. Éxito para quien tiene éxito
Fuente: Propia.

Ejemplo 9.

El balance entre la vida laboral y la vida familiar, si alguien decide dedicarle más horas al trabajo causa un deterioro en las relaciones de familia, de esta manera, con el tiempo, el regreso a casa puede ser más tedioso, factor que se refleja en más horas dedicadas al trabajo y menos a la familia.

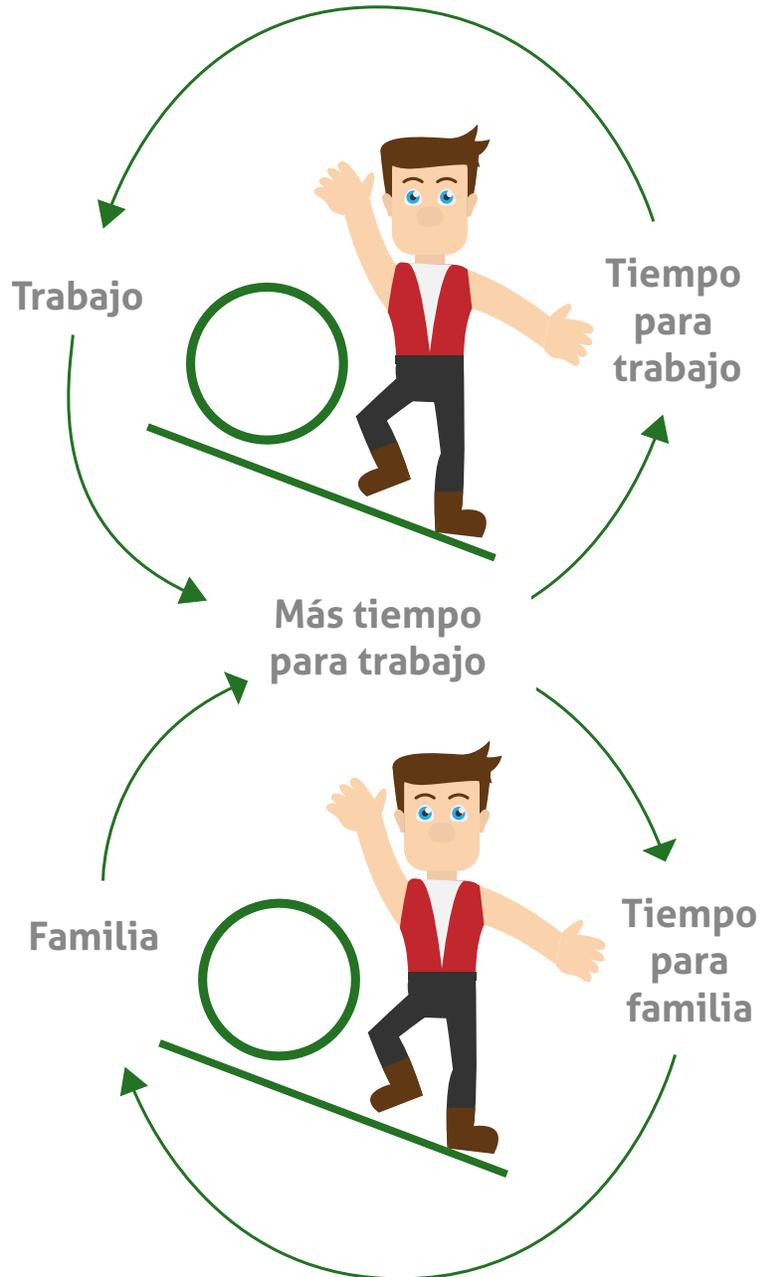


Figura 19. Balance tiempo Familia-Trabajo
Fuente: Propia.

Tragedia del terreno común

Existe un recurso común para un grupo de individuos, pero limitado, al principio el recurso es común y de fácil acceso, pero a medida que se produce su explotación, este se vuelve más difícil de conseguir, lo cual les anima a incrementar los esfuerzos, y finalmente termina con el agotamiento o erosión del recurso.

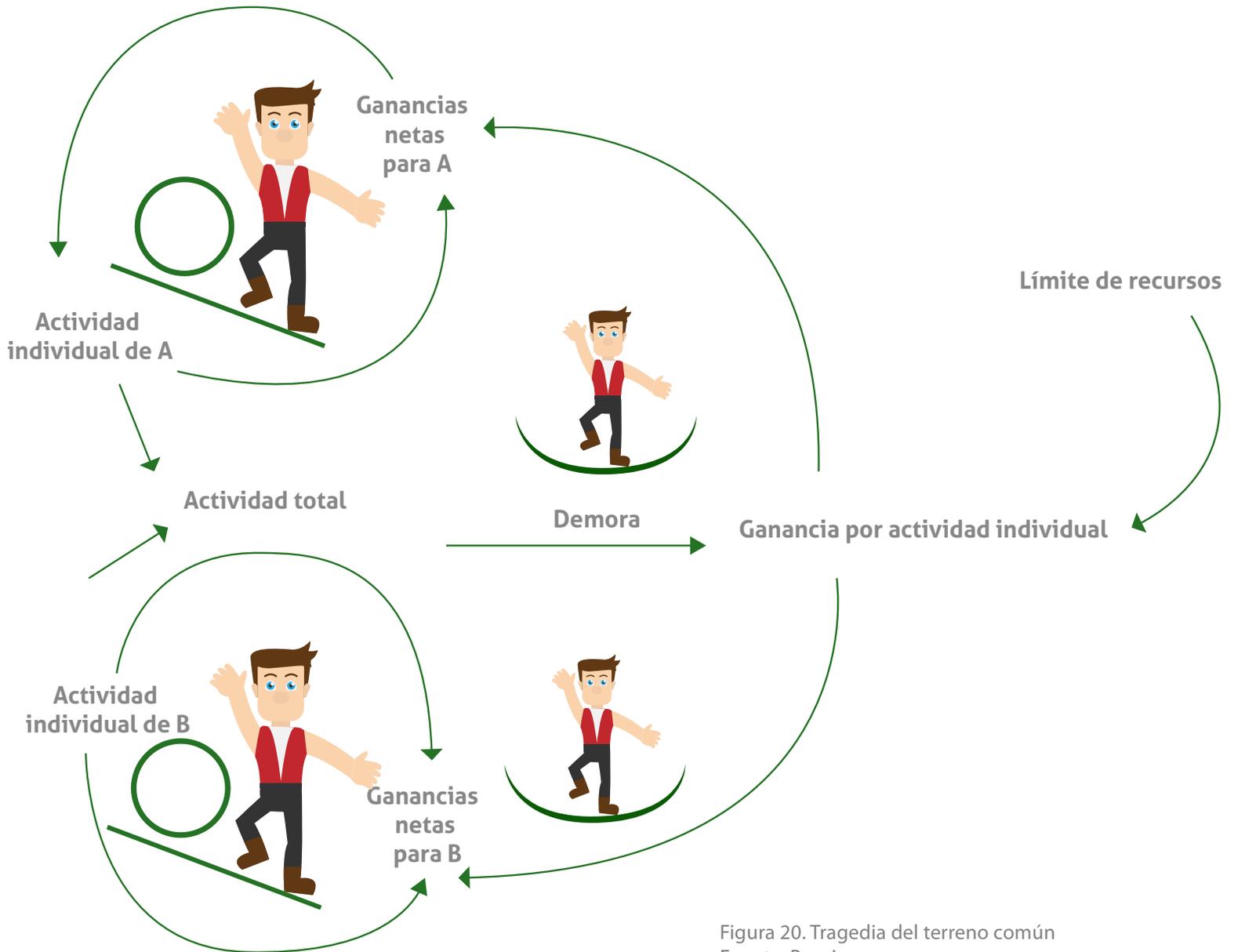


Figura 20. Tragedia del terreno común
Fuente: Propia.

Ejemplo 10.

La explotación de un recurso natural como el petróleo, al comienzo es abundante y fácil de conseguir, pero a medida que avanza su extracción, se va agotando y se vuelve más difícil y costoso de obtener.

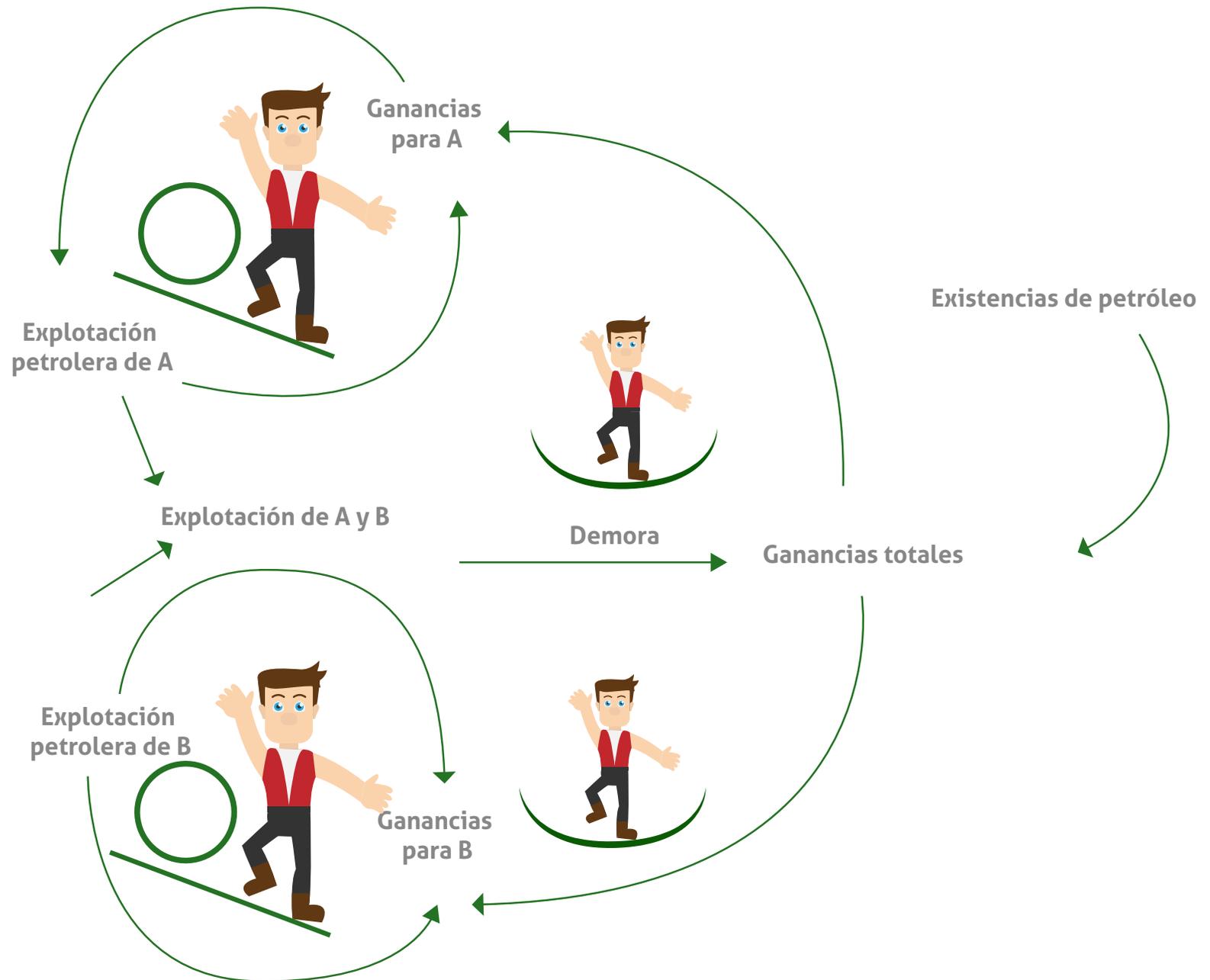


Figura 21. Explotación petrolera
Fuente:

Soluciones rápidas que fallan

Se presentan arreglos rápidos que solucionan las fallas del momento, pero se debe tener en cuenta las consecuencias que tales soluciones "rápidas" podrían presentar a largo plazo.



Figura 22. Soluciones rápidas que fallan
Fuente: Propia.

Ejemplo 11.

Una fábrica se plantea disminuir los costos operativos, por tal razón decide postergar los mantenimientos necesarios a la maquinaria, por el momento se ahorran algunos costos, sin embargo, con los días, las maquinas fallan y sufren averías, conduciendo a mayores costos de reparación, mayores tiempos de inactividad de la maquinaria menor calidad en el producto, menores ventas y menos ingresos y una mayor presión de reducir costos.

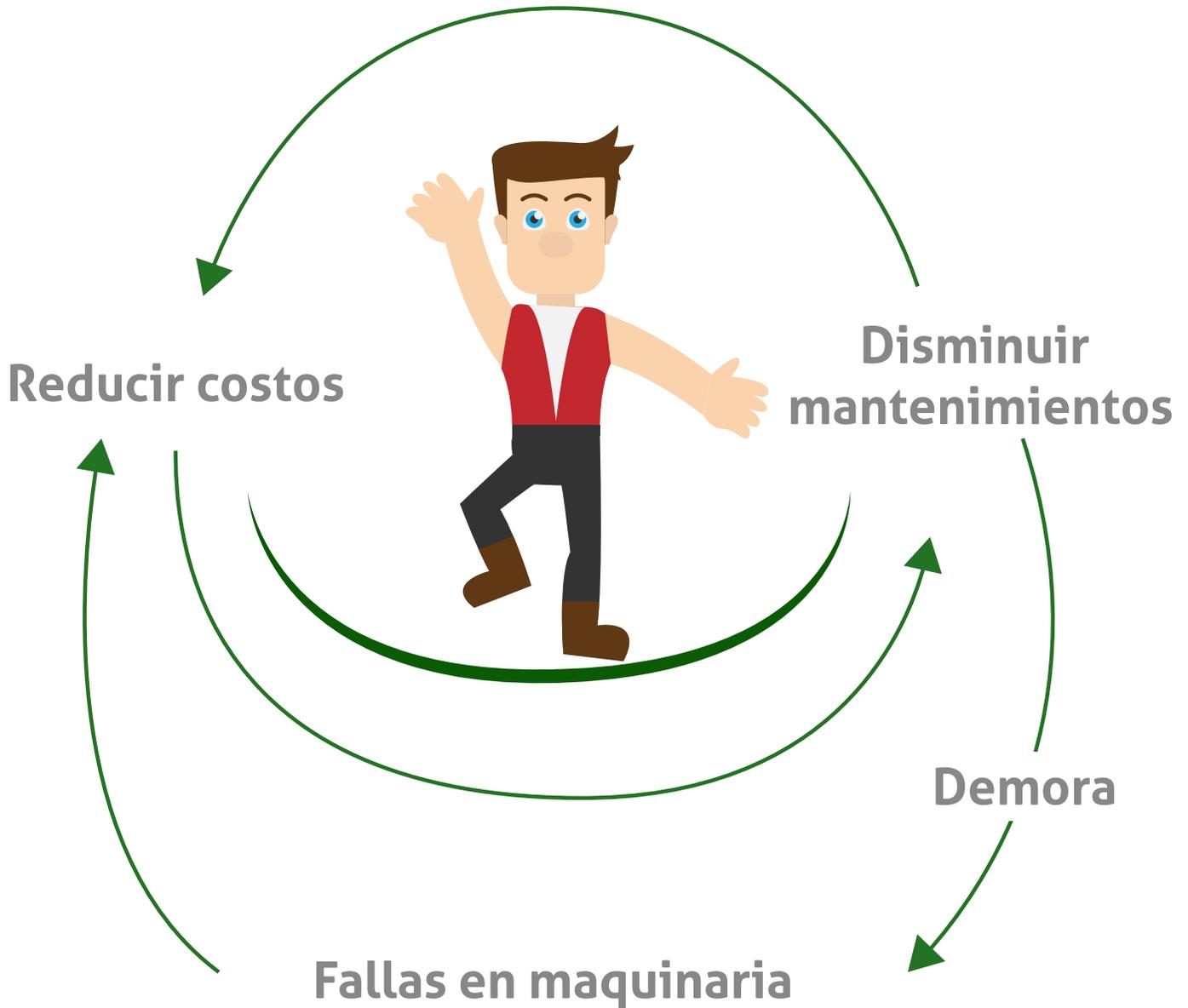


Figura 23. Costos operativos
Fuente: Propia.

Crecimientos y subinversión

El límite de crecimiento de un sistema se puede incrementar cuando se invierte en la capacidad del mismo, en oposición, se puede producir una subinversión rebajando las metas.

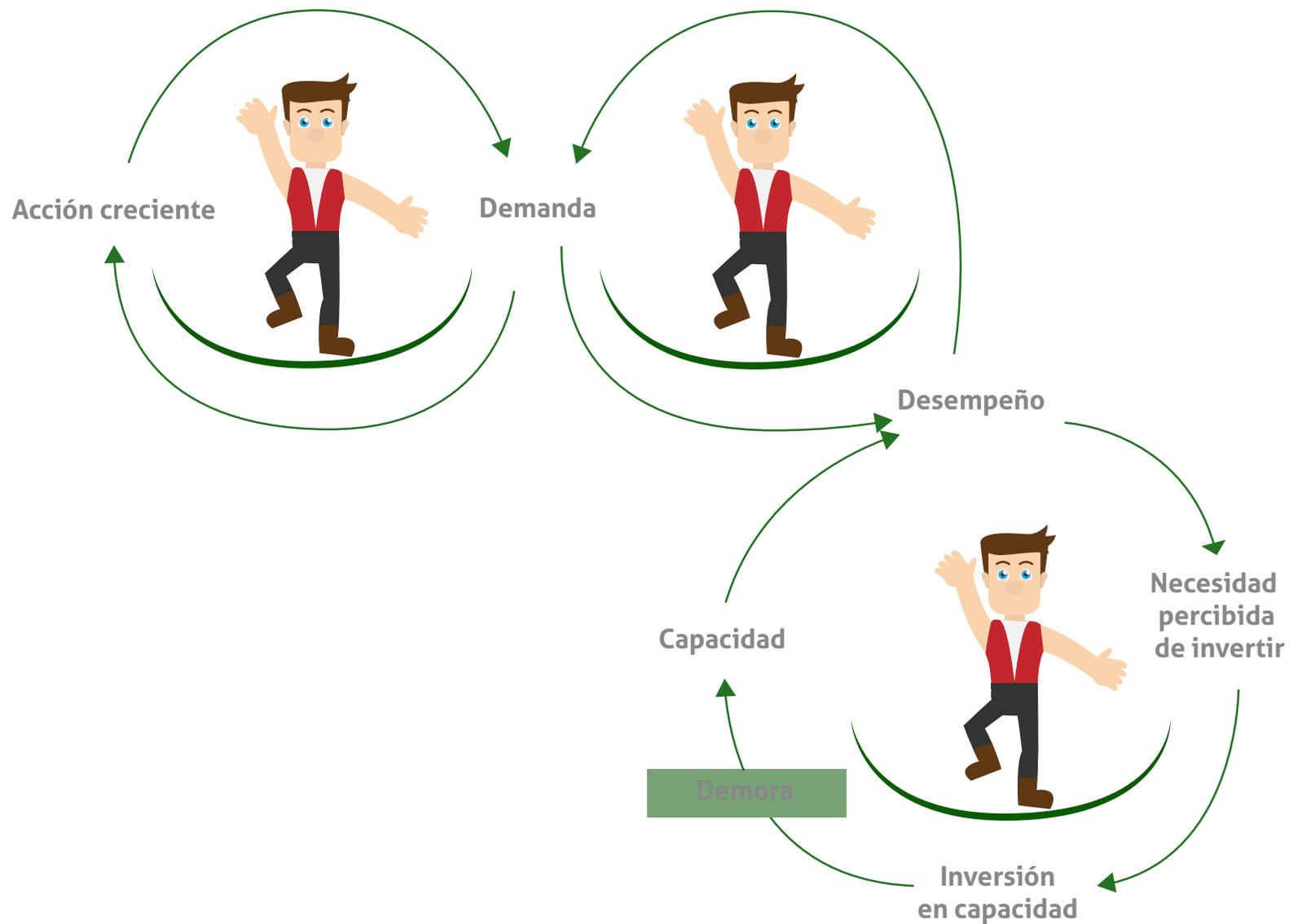


Figura 24. Crecimientos y subinversión
Fuente: Propia.

Ejemplo 12.

Una compañía de productos alimenticios tiene de repente un incremento en la demanda de sus productos, la compañía tiene la opción de crecer de forma calmada contratando nuevo personal y capacitándolo o puede buscar una figura de maquila para suplir momentáneamente la demanda, la jugada es decisiva, por un lado puede perder oportunidad de venta, pero está seguro que conservará la calidad e imagen de sus productos, por otra parte puede conseguir un aliado que le colabore para suplir su falta de capacidad arriesgando la imagen y calidad de los productos.

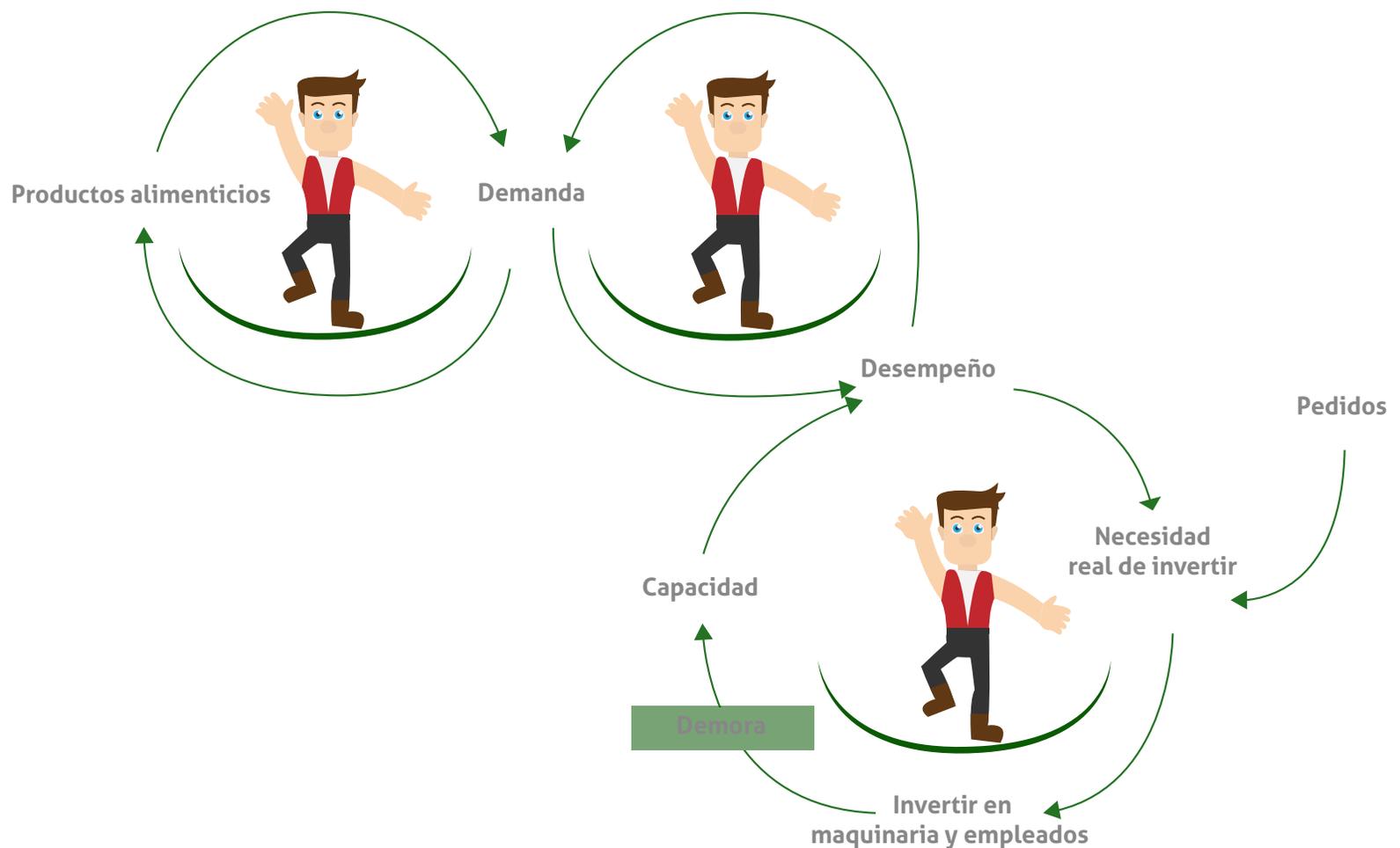


Figura 25. Productos alimenticios
Fuente: Propia.

2

Unidad 2

Teoría de la
decisión



Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona

Introducción

El cerebro humano ha evolucionado para tomar decisiones en todo momento, es algo tan natural en nosotros que generalmente para desapercibido, sin embargo, la teoría de decisiones es un proceso difícil de aplicar debido a la complejidad implícita en cualquier acción de decisión.

Durante la lectura de la presente cartilla, el estudiante entenderá las características inherentes a la teoría de decisiones, incluyendo la naturaleza probabilística que afecta escoger entre dos o más alternativas.

También se analizarán algunas técnicas para la toma de decisiones como el modelamiento y las tablas de decisiones, entendiendo que existen dos grandes campos de aplicación, el primero cuando el reto está asociado a hechos repetibles y verificables, el segundo tiene que ver con los temas subjetivos para cada observador.

En el campo de estudio de la Teoría General de Sistemas, la teoría de decisiones, ha venido cobrando gran importancia ya que permite entender el a veces extraño comportamiento de ciertos sistemas, es por ello que se recomienda al estudiante estudiar detenidamente los contenidos a continuación, de manera que adquiera habilidades para la construcción y modelamiento de sistemas.

Se invita al estudiante a leer completamente la guía de manera que entienda los contenidos y conceptos desarrollados, así mismo, se le recomienda encarecidamente analizar los ejemplos planteados, siguiendo paso a paso el desarrollo a fin de lograr claridad y comprensión en el procedimiento efectuado, estar atento de la realización de las actividades, participación en los foros y formular todas las dudas que pueda tener en relación al tema tratado.

Teoría de la decisión

La teoría de la decisión es una ciencia aplicada que recopila las técnicas, herramientas y conocimientos que permiten escoger entre dos o más opciones posibles.

El objetivo principal de la teoría está en determinar el mejor modo posible para satisfacer una necesidad o alcanzar una meta, intentando analizar la mayor cantidad posible de información disponible, de manera que la opción seleccionada entregue la mayor eficiencia y eficacia en relación al sistema y el entorno y así, maximizar los resultados.

Parte de la decisión incluye también la capacidad de medir y analizar el impacto que podría surgir a raíz de una elección que se haga, son conocidos como sucesos inciertos.

Características

Existen dentro de la teoría de la decisión dos clases de elementos, ellos existen para clasificar y diferenciar cuando una decisión es correcta o incorrecta y cuando, tiene que ver con un sesgo o acuerdo.

- Propositiones éticas o elementos de valor.
- Propositiones fácticas o elementos de hecho.

Propositiones éticas o (valor):

Se tratan las cuestiones netamente relacionadas a la ética, los valores y la integridad, la base para emplearla depende únicamente del sujeto, se trata pues de un aspecto subjetivo en el que cada persona puede interpretar y tomar múltiples alternativas, basado en su experiencia personal.

Propositiones fácticas (hechos):

Este tipo de elementos tiene que ver con los acontecimientos y hechos del mundo real, que podemos ver, medir y comprobar, por esta razón se dice que una decisión puede ser acertada o equivocada, en relación a los resultados obtenidos y las consecuencias desencadenadas.

Para tener un proceso de decisión es obligatorio que existan dos o más posibles acciones o alternativas a seleccionar, cuando se efectúa alguna, automáticamente se elimina la otra, es decir son mutuamente excluyentes, la decisión es la que nos permite escoger entre alguna para lograr alcanzar un objetivo.

Algunos componentes de la teoría de decisiones:

Concepto	Significado
Decisión	Es el resultado de una combinación entre acciones, sucesos inciertos y consecuencias, de manera que es necesario medirlos y analizarlos para lograr la consecución de una meta.
Resultado	Es el producto de analizar y medir las alternativas y las consecuencias posibles, puede ser adverso o favorable al efecto esperado.
Consecuencia	Es un efecto en ocasiones inesperado o incontrolable que se deriva de una decisión.
Incertidumbre	Es el grado de desconocimiento que tenemos sobre las consecuencias que podrían surgir de una u otra acción que se tome.
Preferencia	Son conductas preferidas o favorables hacia una alternativa en relación a otras.
Tomar una decisión	La toma de una decisión es todo un proceso que se realiza frente a una situación particular, para finalmente poder emitir un juicio.
Juicio	Es una sentencia que indica las recomendaciones más adecuadas o de mayores posibilidades de éxito frente a una situación de decisión.
Sucesos inciertos	Son todos los eventos derivados de una decisión que no fueron inicialmente visualizados, valorados o estimados en el proceso.

Tabla 1.
Fuente: Propia.

Tipos de decisión

Decisión programada:

Se trata de esquemas de ejecución, o procedimientos reiterativos que se basan en una lógica sencilla y con base en parámetros, tablas o convenciones, y que permiten obtener un alto grado de confiabilidad en los resultados.

Por ejemplo, para el caso de las grandes compañías de productos, pagar por tiempo al aire en televisión para su publicidad es una decisión programada, pues la realiza con regularidad cada periodo de tiempo, aprovechando las mejores épocas para lanzar sus campañas.

Decisión no programada:

Para este tipo de situación no hay reglas, parámetros o indicaciones de cómo actuar para garantizar el éxito de la alternativa seleccionada, se presentan en respuesta a eventos o sucesos extraordinarios que no se han presentado previamente –o que surgen con poca frecuencia- y de los que en ocasiones no se dispone de mucha información sobre su origen o tratamiento.

Por ejemplo, una empresa manufacturera recibe un pedido de materia prima, el cual no cumple con sus requerimientos de calidad, la empresa debe analizar el problema ya que su pedido tarda más de 3 meses en volver a llegar y no dispone de inventario suficiente para todo este tiempo, debe buscar la manera de utilizar esa materia prima o debe buscar un proveedor más rápido en sus entregas.

Etapas del proceso de decisión:

1. Reconocimiento del problema

Es la etapa inicial del proceso, acá, se determina la situación presentada, se diagnostica el problema y se establece el estado u objetivo que se requiere alcanzar.

2. Atención del problema

Luego de tener identificado el problema, se deben verificar los antecedentes, consultar expertos, desarrollar las medidas correctivas y los criterios de aceptación.

3. Enumerar y evaluar alternativas

De cada una de las alternativas posibles obtenidas en la etapa anterior, se deben medir las implicaciones de cada una, de manera que se tenga la mayor cantidad de información posible acerca de su efecto.

4. Valoración de consecuencias

Al igual que la anterior, se deben analizar para todas las alternativas posibles, además son inevitables, se deben medir los pesos de cada una y valorar los efectos que tendrá en el sistema.

5. Toma de la decisión

Se debe recopilar toda la información y analizarla, con base en estos resultados, se obtiene el respaldo de una u otra acción.

“La toma de decisiones consiste en encontrar una conducta adecuada para resolver una situación problemática, en la que, además, hay una serie de sucesos inciertos. Una vez que se ha detectado una amenaza, real, imaginaria, probable o no, y se ha decidido hacer un plan para enfrentarse a ella, hay que analizar la situación: hay que determinar los elementos

que son relevantes y obviar los que no lo son y analizar las relaciones entre ellos y la forma que tenemos de influir en ellos. Este paso puede dar lugar a problemas, cuando se tienen en cuenta aspectos irrelevantes y se ignoran elementos fundamentales del problema. Una vez determinada cual es la situación problemática y analizada en profundidad, para tomar decisiones, es necesario elaborar modelos de acciones alternativas, extrapolarlas para imaginar el resultado final y evaluar este teniendo en cuenta la incertidumbre de cada suceso que lo compone y el valor que subjetivamente se le asigna ya sea consciente o automáticamente. Así se obtiene una idea de las consecuencias que tendría cada una de las acciones alternativas que se han definido y que puede servir para elegir la conducta más idónea como el curso de acción que va a solucionar la amenaza" (García, J.A., 2014).

Modelo general para la toma de decisiones

El procedimiento para la toma de decisiones es en términos generales, valorar entre dos o más alternativas, de cada alternativa podemos tener uno o más eventos, los cuales tienen una probabilidad estadística de ocurrir para obtener un resultado diferente en cada caso.

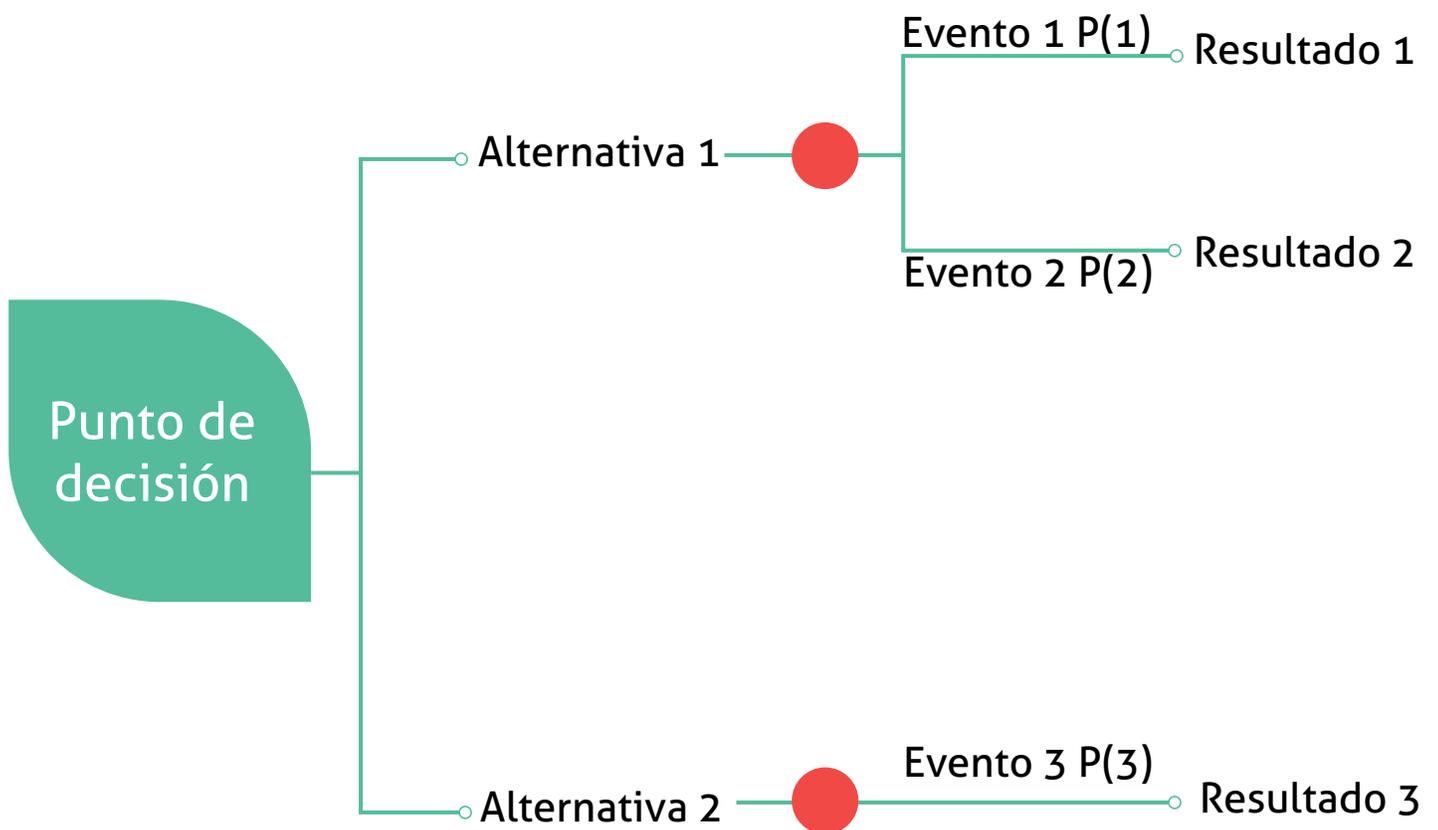


Figura 1. Modelo Toma decisiones
Fuente: Propia.

Ejemplo

Si usted compra una boleta de 3 dígitos para la rifa de 100.000 pesos por valor de 10.000, establecer un modelo de decisión y determinar la probabilidad de los eventos.

Solución:

Únicamente existen 3 eventos posibles:

1. No comprar la boleta.
2. Comprar la boleta y ganar.
3. Comprar la boleta y perder.

Tendríamos la siguiente distribución de probabilidad:

El número de la boleta es de 3 dígitos, por lo tanto existen 1000 boletas diferentes.

Si gana el valor obtenido sería de 90.000 porque el premio son 100.000 y la inversión es de 10.000 entonces:

Ganancia neta = Valor premio – Valor invertido

Ganancia neta = 100.000 – 10.000

Ganancia neta = 90.000

Evento	X	P(x)
No juega	0	0
Gana	90.000	999/1000
Pierde	-10.000	1/1000

Tabla 2.
Fuente: Propia.

Modelo de decisión:

A continuación se esquematizan las posibilidades y su probabilidad

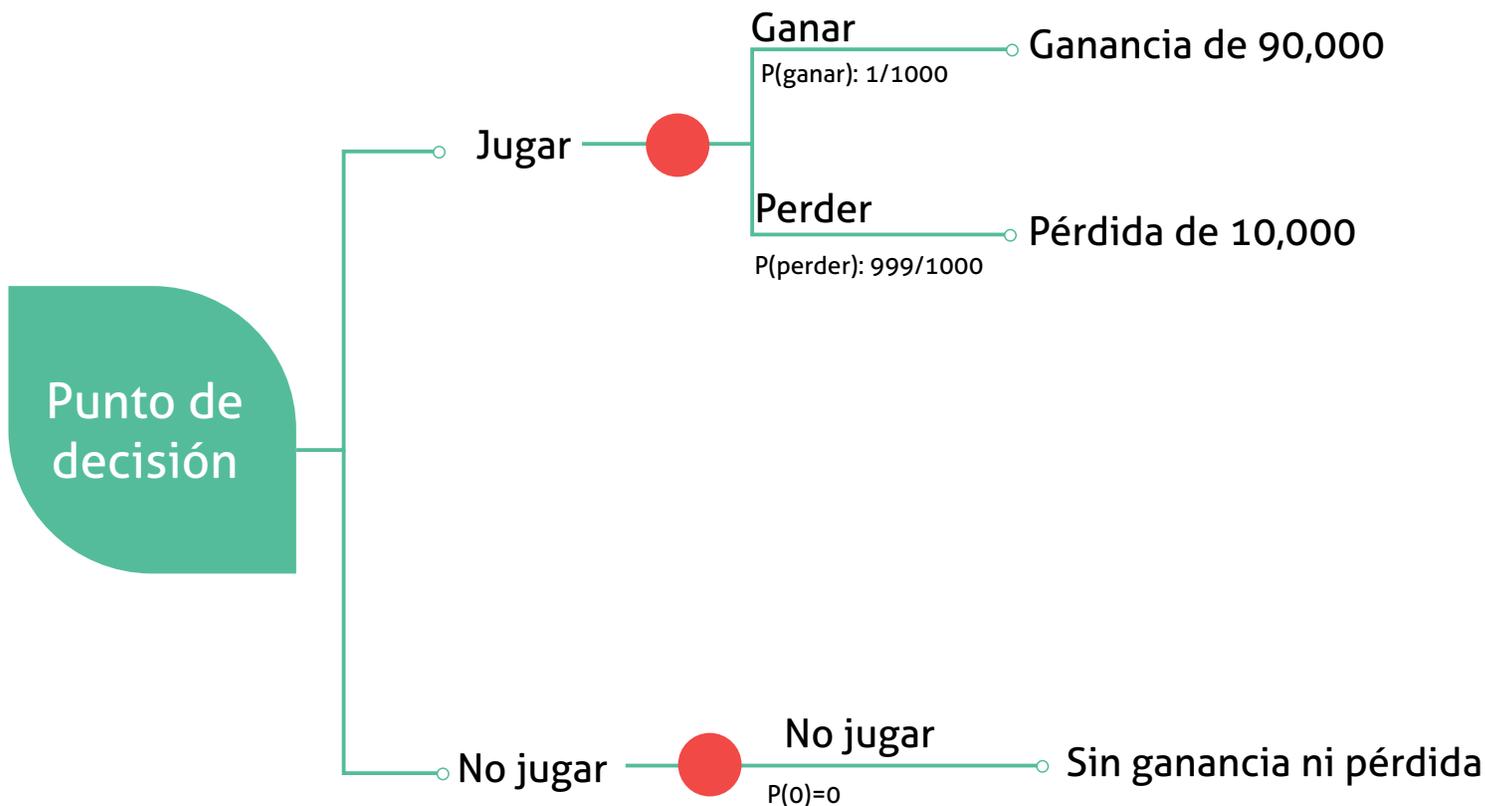


Figura 2. Modelo
Fuente: Propia.

Tablas de decisión

Una vez construido el modelo, se realizan las tablas de decisión, las cuales proveen herramientas matemáticas que ayudan el proceso de toma de decisiones.

Los estados se presentan en la parte superior generalmente por la letra e.

Las alternativas están en la primera columna, indicadas con la letra a.

Y los resultados se distribuyen a lo largo de la matriz, indicados con la letra x.

Forma general de una tabla de decisión

Alternativas	Estados				
	e_1	e_2	...	e_n	
a_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	
a_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	
...	
a_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}	

Tabla 3.
Fuente: Propia.

Sistemas reales

Como vimos previamente, se trata de los sistemas del mundo real, materiales, palpables y concretos, este tipo de sistemas presenta cualidades únicas, por ejemplo, si separamos una molécula de un líquido similar al agua, su tensión superficial será diferente si se le analiza sola a si se le analiza en conjunto. Esto nos indica que las propiedades de los componentes son diferentes a las propiedades del sistema, también es de anotar que los sistemas reales poseen materia, ocupan un lugar en el espacio, comparten e intercambian flujos de materia, información y energía.

El análisis de composición, entorno, estructura y mecanismo se realiza sobre sistemas reales, el análisis de composición está relacionado a set de elementos que constituyen el sistema. El análisis de entorno o ambiente estudia los fenómenos, mecanismos o partes externas al sistema y como lo afectan. La estructura del sistema examina el sistema a nivel interno y como sus diferentes partes constituyentes se relacionan entre sí. Y finalmente el mecanismo son los procesos realizados por el sistema para transformar los flujos de entrada en flujos de salida.

Dentro de este marco, surge la aplicación ontológica de sistemas, que cumple la función de ayudar en la diferenciación de sistemas reales de sistemas conceptuales.

Algunos ejemplos:

Sistemas reales:



Imagen 1. El sistema Solar.
Fuente: <https://goo.gl/hCbONp>

Sistemas conceptuales:



Figura 3. Sistemas económicos.

Fuente: Adaptado de http://intercambia.net/temas/imagenes/flujo_dinero.jpg

2

Unidad 2

Principio de
causalidad



Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona

Introducción

En la presente catilla revisaremos el principio de causalidad y la ley de causa y efecto, para entender como todos los sucesos que tiene lugar en el universo han sido originados por diferentes causas.

Al estudiar la ley de causa y efecto, es posible realizar un análisis más profundo de los sistemas, también mejorar el entendimiento que tenemos de ellos, pues tal análisis aporta mayores conocimientos acerca de la forma en que es posible controlar un sistema particular, entendiendo como es su relación y reacción frente a diferentes variables externas.

El estudio de la ley de causa y efecto requiere de análisis y lectura profunda de documentación disponible, de manera que permita entender el modo en que ocurren los eventos.

Aprender a plantear los casos y proponer posibles causas a efectos visibles, es una habilidad que se va desarrollando a través del ejercicio y la práctica, a medida que se avanza, se va adquiriendo la experticia y se va depurando progresivamente la capacidad de plantear una relación causa-efecto.

Se invita al estudiante a leer completamente la guía de manera que entienda los contenidos y conceptos desarrollados, así mismo, se le recomienda insistentemente analizar los ejemplos planteados, siguiendo paso a paso el desarrollo a fin de lograr claridad y comprensión en el procedimiento efectuado, estar atento de la realización de las actividades, participación en los foros y formular todas las dudas que pueda tener en relación al tema tratado.

Para poder abordar el concepto de causa-efecto, es necesario analizar inicialmente el principio de causalidad.

Principio de causalidad

El principio de la causalidad establece que es necesario fundamentar con evidencias objetivas y con claridad si los resultados obtenidos y las tendencias observadas en un experimento son realmente generados debido a un efecto particular o tal vez se debe a otro u otros efectos que no se han tenido en consideración.

Básicamente indica que debemos estar completamente seguros que un efecto es causado por alguna fuente particular, por ejemplo, el alcoholismo es causado por la depresión, pero también se debe analizar si también es posible tenga otro origen diferente como por ejemplo la herencia.

Esto implica que se deben realizar pruebas exhaustivas durante gran cantidad de tiempo, bajo diferentes condiciones, de manera que sea inequívocamente afirmar que una causa particular tiene incidencia directa en un efecto particular.



Imagen 1. Principio de causalidad
Fuente: <http://goo.gl/t7L5YC>

Dificultades con el principio de causalidad

Hay un inconveniente implícito con el principio de causalidad, al tratar de reproducir el mundo real a través de experimentos, no es posible asegurar que la causa se produzca en forma completamente natural y aislada de los efectos que le pueda agregar el observador, es decir, en el laboratorio puede haber cierto margen de error asociado a los datos.

Resulta difícil aislar o eliminar cualquier tipo de influencia externa al fenómeno en cuestión y más cuando se trata de un experimento complejo, todas estas fuentes de error complican la labor del observador, modificando levemente los datos obtenidos.

Sin embargo, actualmente, a nivel de laboratorio se pueden obtener aproximaciones muy cercanas a la realidad, que permiten realizar estimaciones, proyecciones y predicciones con un alto grado de confiabilidad.

Causa y efecto

Causa: origen de un evento o de un suceso.

Efecto: es el resultado que ocurre por y después de la causa.

El planteamiento fundamental de la ley de causa y efecto consiste en demostrar que el efecto observado en un sistema, ambiente o experimento tuvo lugar después de la causa que lo generó.

Aunque el anterior postulado podría parecer muy obvio, en la vida real los fenómenos son complejos y tiene interacciones múltiples y simultáneas circunstancias, además de estar superpuestos con otros fenómenos que pueden o no, ser independientes.

A lo largo de nuestra vida, y de manera empírica aprendemos que ningún fenómeno ocurre de manera espontánea, aunque podría parecer que no existe ninguna causa aparente, una mirada detenida y analítica del suceso, hará surgir una causa posible, pues nada ocurre de la nada.

Existen claramente una línea de eventos, siempre ocurre primero la causa y consecuentemente el efecto.



Figura 1. Línea de sucesos causa-efecto.
Fuente: Propia.

Algunos usos de la ley de causa y efecto

Esta ley es ampliamente utilizada en las empresas de manufactura, con ella pueden mejorar sus procesos, pero también pueden detectar fallas en la cadena de producción, también es empleada para el análisis de sistemas y fenómenos especialmente en la Teoría General de Sistemas, es bastante conocido el diagrama de espina de pescado, en él se relacionan todas las posibles causales de un problema, el diagrama sirve para mitigar fallas o eliminar problemas.

Diagramas de causa y efecto

El diagrama causa-efecto o diagrama espina de pescado o diagrama de Ishikawa es una herramienta grafica para el análisis de causalidad en los fenómenos que se quieren analizar.

Generalmente es empleado para buscar solución a problemas, de los que no se conoce a ciencia cierta su origen.

Construcción de un diagrama causa-efecto:

1. Identificar el problema o fenómeno que se va a analizar.
2. Dibujar el diagrama de causa-efecto.



Figura 2. Diagrama causa-efecto
Fuente: Propia.

3. Ubicar el problema en la parte derecha del diagrama.

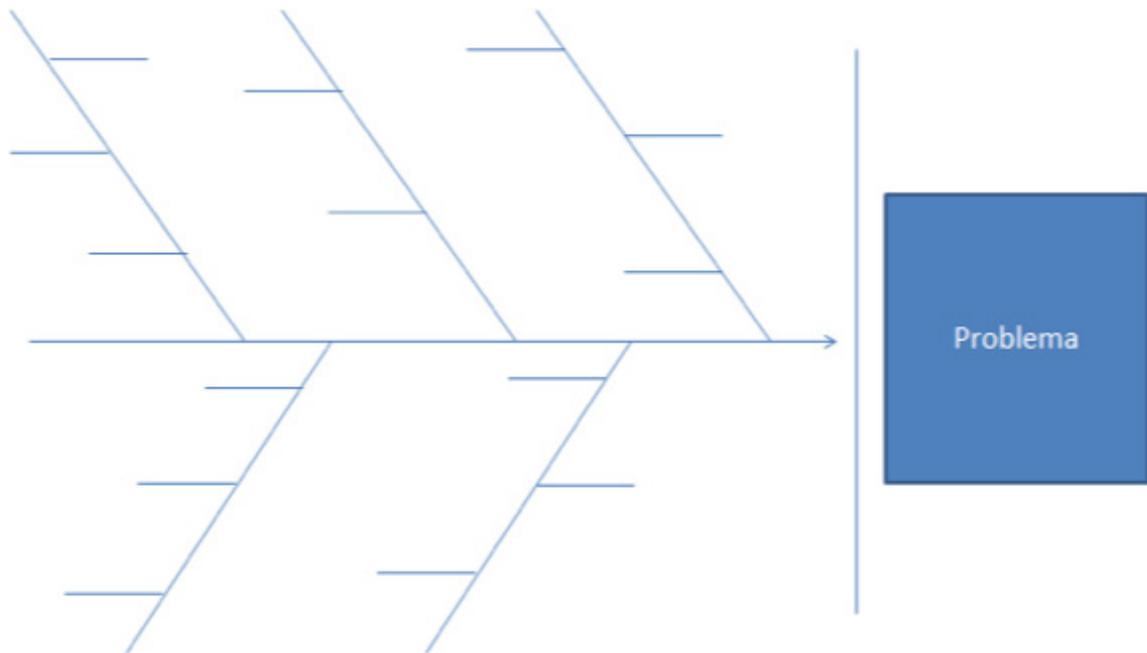


Figura 3. Diagrama Causa-Efecto
Fuente: Propia.

4. Identificar las categorías de causas principales y ubíquelas en las flechas diagonales.

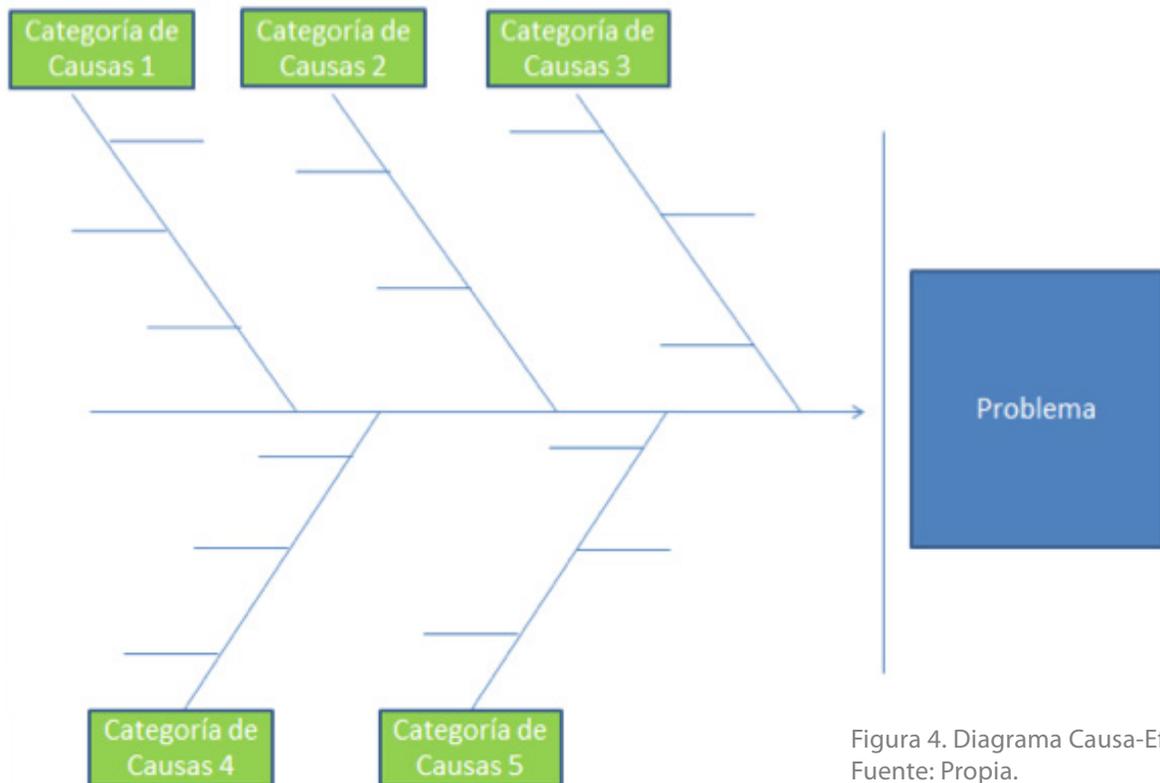


Figura 4. Diagrama Causa-Efecto
Fuente: Propia.

5. Enumere las causas específicas de cada categoría

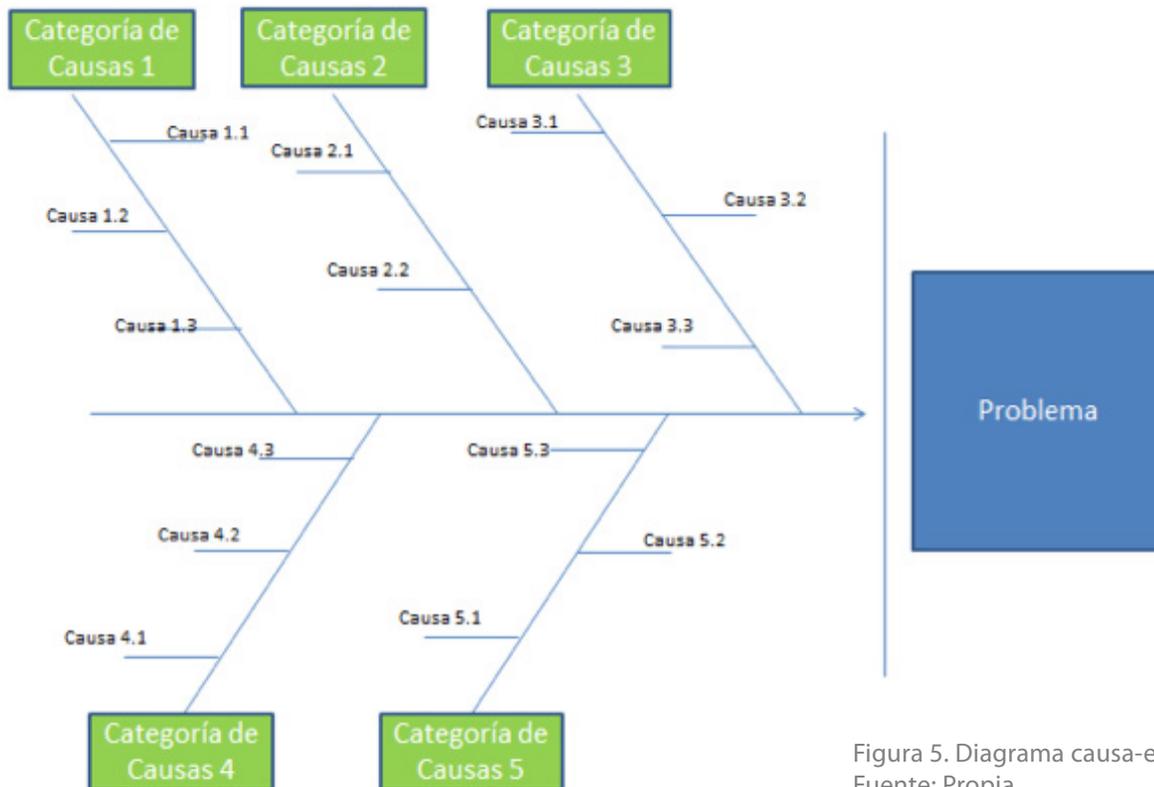


Figura 5. Diagrama causa-efecto
Fuente: Propia.

Ejemplo:

Analizar el fenómeno que presenta el ciclo del agua como un sistema

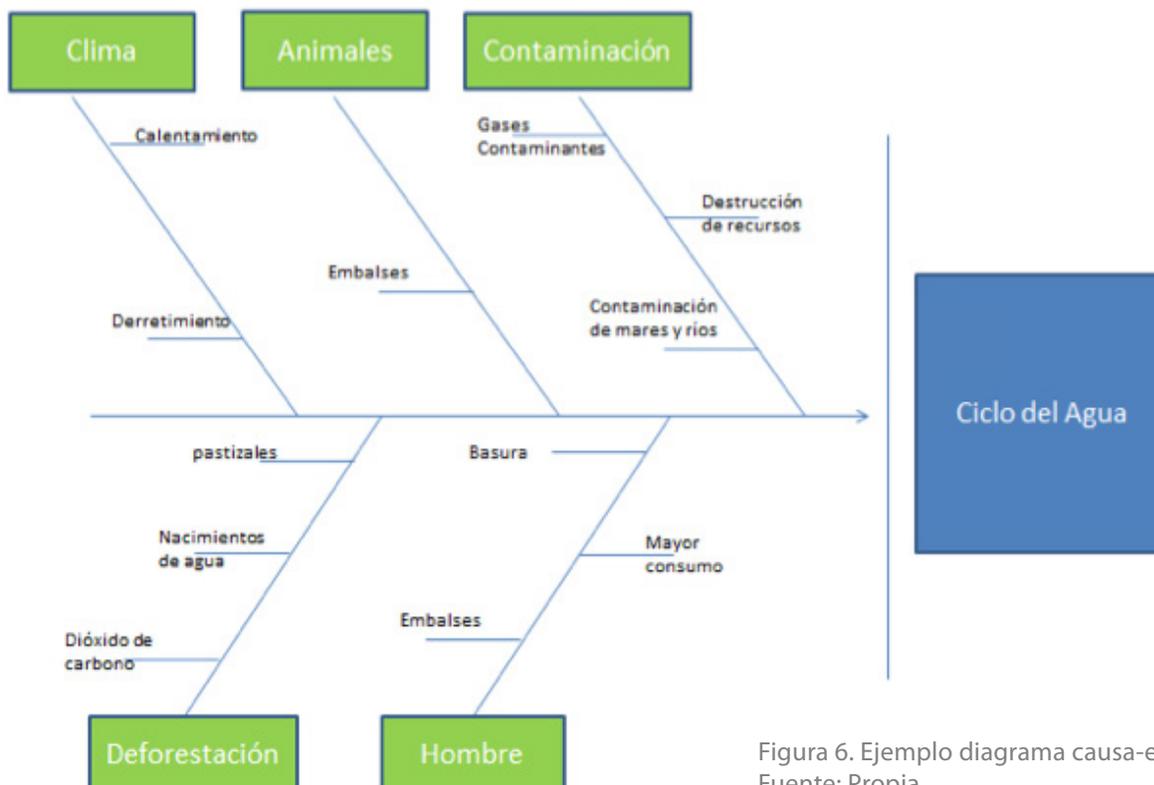


Figura 6. Ejemplo diagrama causa-efecto
Fuente: Propia.

Aspectos clave para tener en cuenta a la hora de establecer relaciones causa-efecto.

- Analizar independientemente cada uno de los elementos que se desean relacionar: entender el comportamiento y la naturaleza de cada una de las partes que podría generar el efecto.
- Establecer criterios generales de relación entre elementos: indicar las grandes áreas de causas posibles dentro del universo de posibilidades.
- Determinar las posibles conexiones entre elementos basado en los criterios generales: indicar dentro de cada gran área, las causas específicas posibles.
- Comprobar si es posible que la conexión exista en ambos sentidos: la causa y el efecto podrían estar relacionados en ambos sentidos, lo que significa que a su vez, el efecto podría ser una causa, por ejemplo, en el análisis de gases, un aumento de temperatura produce un aumento de presión, pero igualmente un aumento de presión produce un aumento de temperatura. Ahora veamos un ejemplo en el que la relación no se produce en ambos sentidos. A causa de la gravedad, un objeto de vidrio cae y se rompe (efecto), sin embargo, aunque el objeto se rompa más, la gravedad no va a cambiar.

Ejemplos:

Relaciones de causa efecto:

Causa	Efecto
El jugador hizo un gol	Los asistentes se emocionaron
La tarde estaba oscura y nublada	Hacía mucho frío
Alta capacidad en los microprocesadores	Rápido aumento de la temperatura
Enfriamiento del agua	Congelación
Fuerza magnética de un imán	Atracción de objetos metálicos.
Atracción gravitatoria de la luna	Variación en las mareas

Tabla 1.
Fuente: Propia.

Diagramas de causa y efecto:

Analizar porque se presenta bajo rendimiento en los estudiantes en la materia de matemáticas.

1. Identificar el problema: Bajo rendimiento en matemáticas.
2. Criterios generales de relación entre elementos:

- a. Recursos.
 - b. Docente.
 - c. Estudiantes.
 - d. Contenidos.
 - e. Institución.
- 3.** Conexiones entre elementos:
- a. Recursos.
 - i. Calidad de libros.
 - ii. Acceso.
 - b. Docente.
 - i. Estrategias.
 - ii. Uso de recursos.
 - iii. Evaluación.
 - c. Estudiantes.
 - i. Falta de interés.
 - ii. No buscan ayuda.
 - d. Contenidos.
 - i. Demasiados temas.
 - ii. Contenidos inadecuados.
 - iii. Poco tiempo para temas difíciles.
 - e. Institución.
 - i. Poca capacitación para docentes.
 - ii. No proporciona los recursos adecuados.
 - iii. Negligencia.
 - iv. Falta de metodología.
 - v. Desconocimiento del problema.

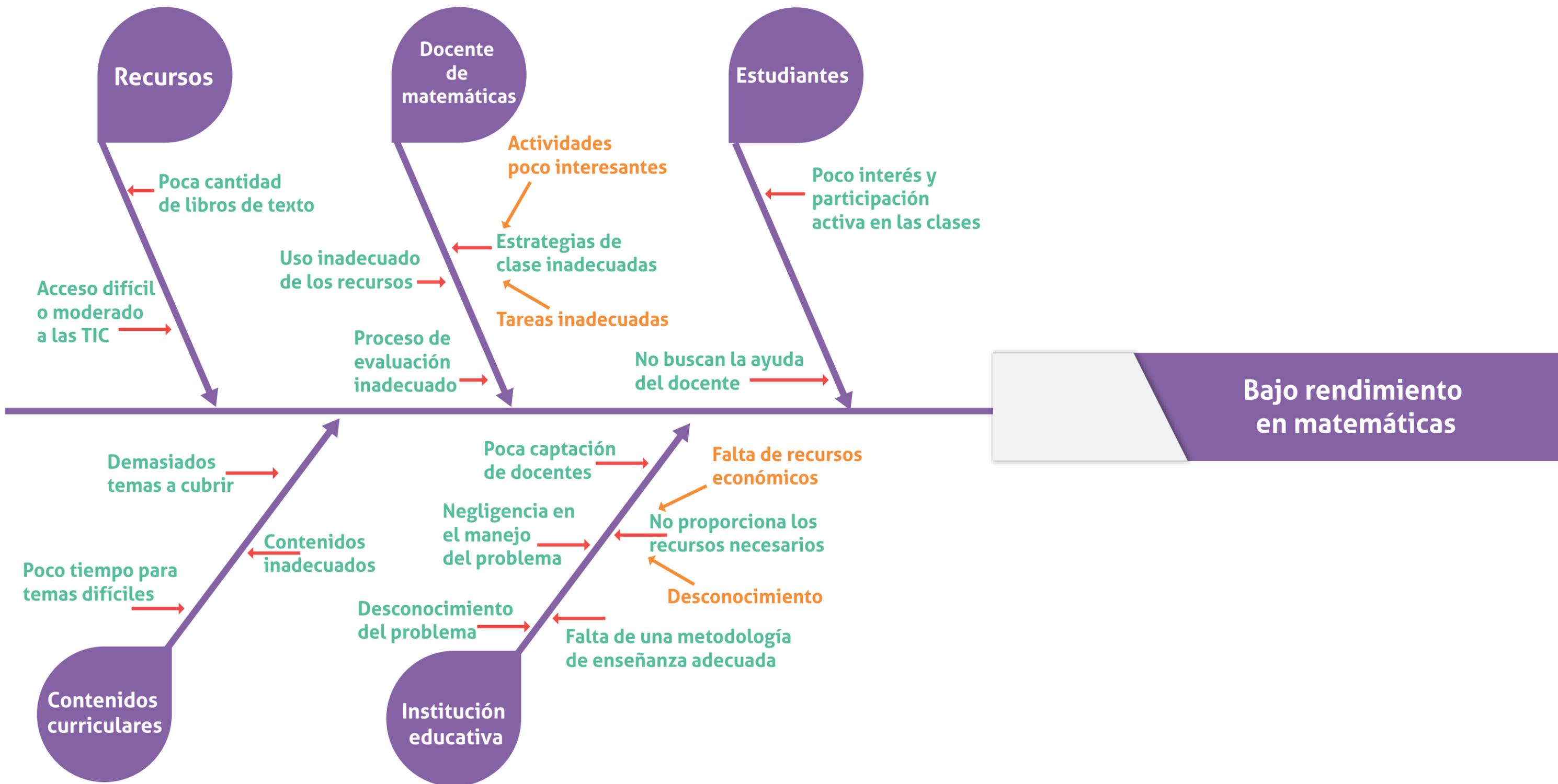
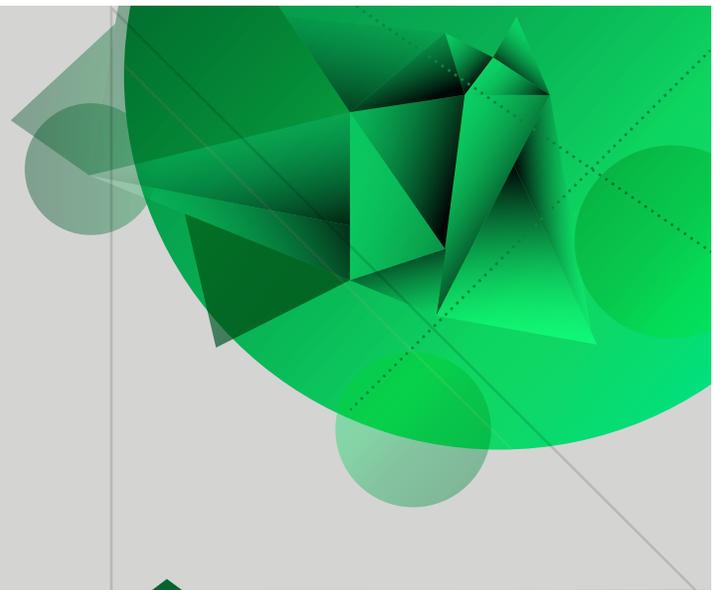


Figura 8. Análisis de causa y efecto para "Bajo rendimiento en matemáticas" Adaptado de http://www.eduteka.org/imgbd/21/21-14/blankpage_clip_image008.jpg

3

Unidad 3

¿Qué es un
modelo?



Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona

Introducción

Antes de poder entender un sistema, se debe dedicar una cantidad considerable de tiempo en entender los procedimientos internos, las interacciones con el ambiente, las variables una gran cantidad de asuntos adicionales que afectan de manera directa o indirecta al propio sistema.

Es por ello que debemos establecer una metodología que nos permita abstraer la realidad para convertirla en algo que podamos manipular y controlar, es en este punto, donde los modelos de sistemas entran a jugar un papel primordial para el ingeniero, pues es la fuente de conocimiento más accesible y confiable con que se puede contar.

Un modelo es una representación en miniatura y simplificada de un fenómeno real, es también una herramienta de investigación que se puede convertir en una aliada en el campo laboral.

Se invita al estudiante a leer completamente la guía de manera que logre obtener una sólida y consistente fundamentación teórica, de igual forma, se le recomienda analizar los ejemplos planteados, siguiendo paso a paso el desarrollo a fin de lograr claridad y comprensión en el procedimiento efectuado, estar atento de la realización de las actividades, participación en los foros y formular todas las dudas que pueda tener en relación al tema.

Como ya se ha expuesto en contenidos anteriores, la Teoría General de Sistema es una disciplina que busca establecer reglas genéricas que puedan ser aplicadas a sistemas reales, ideales o imaginarios, de manera que se facilite su entendimiento y modelamiento.

La implementación de técnicas de modelado brinda nuevos horizontes y posibilidades cuando se analizan sistemas, ellos permiten la generación de hipótesis, el entendimiento de las relaciones y procesos internos.

¿Qué es un modelo?

Un modelo, es un esquema que representa el procesamiento o la conducta de un sistema en forma cuantitativa y cualitativa, teniendo en cuenta los diferentes elementos que condicionan su comportamiento.

Importancia de los modelos en TGS

El modelamiento provee diversas maneras de abordar y entender el comportamiento de los sistemas, también permite simular y controlar las variables de manera libre, de esta manera se facilita el aprendizaje, la postulación de teorías y leyes que gobiernan las interacciones entre los elementos de un sistema, de forma interna y externa.

Un modelo permite estudiar un sistema, pero también permite transmitir el conocimiento que alguien tiene sobre ese sistema, cuanto mejor sea el modelo, mejor será la transferencia de conocimiento.

Pilar Alexandra Moreno expone muy bien esta situación en su libro Teoría General de Sistemas:

El paradigma de los sistemas tiene por objetivo básico brindar al profesional del área los elementos o pasos más generales y flexibles para penetrar en cualquier tipo de campo y datarme los objetivos para la solución de un problema específico.

Al enfrentarnos a un problema específico lo debemos ver como un caso traído al campo de una teoría general, pero algunos aspectos como la definición del problema toma de decisiones, cuantificación, jerarquía, control y planeación son funciones comunes en cualquier diseño de sistemas.

El modelado de los sistemas específicos apoya la toma de decisiones y, por ende a las otras funciones mencionadas. Recordemos, nuevamente que en la TGS siempre ha existido la preocupación por orientar y moldear unos parámetros que sean flexibles, generales y adecuados que integren la especificidad de los conocimientos del área propia de los expertos, con los pasos frecuentes que se enmarcan para el diseño de sistemas en general.

Como se ha desarrollado en los capítulos anteriores el enfoque de sistemas realmente consiste en efectuar una serie de toma de decisiones para el diseño de sistemas. Se tiene entendido por toma de decisiones la acción de seleccionar entre diversas alternativas.

Este proceso de toma de decisiones que tiene por objeto la solución final de los problemas particulares puede y debe estar apoyado por diversas herramientas de modelación, tales como maquetas, dibujos arquitectónicos, programación interactiva, el modelado matemático, la programación lineal, la programación entera, las aplicaciones y modelos estadísticos, la simulación y muchos más. Así se integra la TGS, la modelación de sistemas y los problemas particulares del campo de la informática aplicada.

<http://es.slideshare.net/ricardojavier79/301307-teoria-general-desistemas>

Clasificación y características

Tenemos que entender que los modelos parten de la realidad, de lo que podemos ver, sentir y captar por medio de los sentidos, de esta forma, se debe aclarar que todo modelo intenta semejar o imitar parcial o totalmente una realidad percibida.

Modelo	Definición	Características
Mental	Se trata de la información y relaciones que una persona puede concluir de observar un hecho.	Altamente intuitivo. Se obtiene de manera empírica. Es capturado de un suceso real. El conocimiento es un componente importante para su desarrollo.
Verbal o escrito	Se trata de expresar con palabras o textos el modelo mental.	Por defecto es cualitativo. Expone las características inferidas de manera verbal o escrita. Basado en el conocimiento existente.

Gráfico	Esquema que puede ser desarrollado por una persona para explicar un hecho u sus relaciones.	Se puede apreciar visualmente de forma clara y lógica. Incluye información adicional como datos y relaciones.
Físico	Estructura material que recrea una realidad o un hecho.	Es una representación física generalmente a menor escala "una maqueta". Permite analizar el comportamiento de las variables en forma real y controlada.
Matemático	Son ecuaciones que describen numéricamente el fenómeno observado.	Establece las relaciones entre las variables del sistema. Tiene un elevado margen de precisión.

Tabla 1. Modelos: clasificación y características
Fuente: Propia.

Todas las clases de modelos pueden ser implementadas para un único sistema, aunque no necesariamente deben aplicados en algún orden particular, por ejemplo.

Ejemplo 1.

Análisis del fenómeno de la gravedad.

Modelo mental: cuando Sir. Isaac Newton observa el fenómeno que ocurre cuando una manzana cae de un árbol, su mente intenta captar las causas que originan esa realidad.

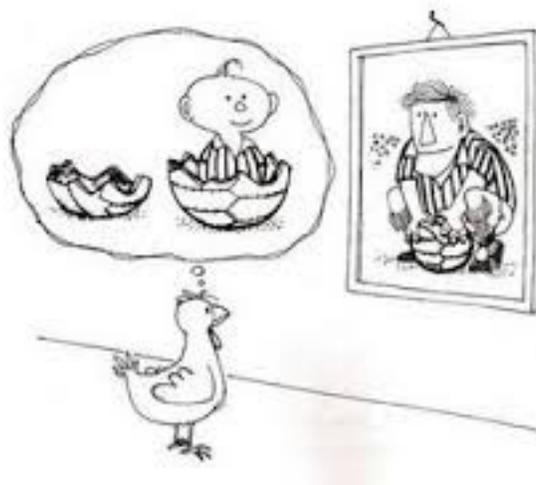


Imagen 1. Modelos mentales
Fuente: <http://goo.gl/IPZWqw>

Modelo verbal o escrito: se da en el momento en que Newton expone sus ideas acerca del fenómeno, explica su hipótesis sobre la gravitación universal.

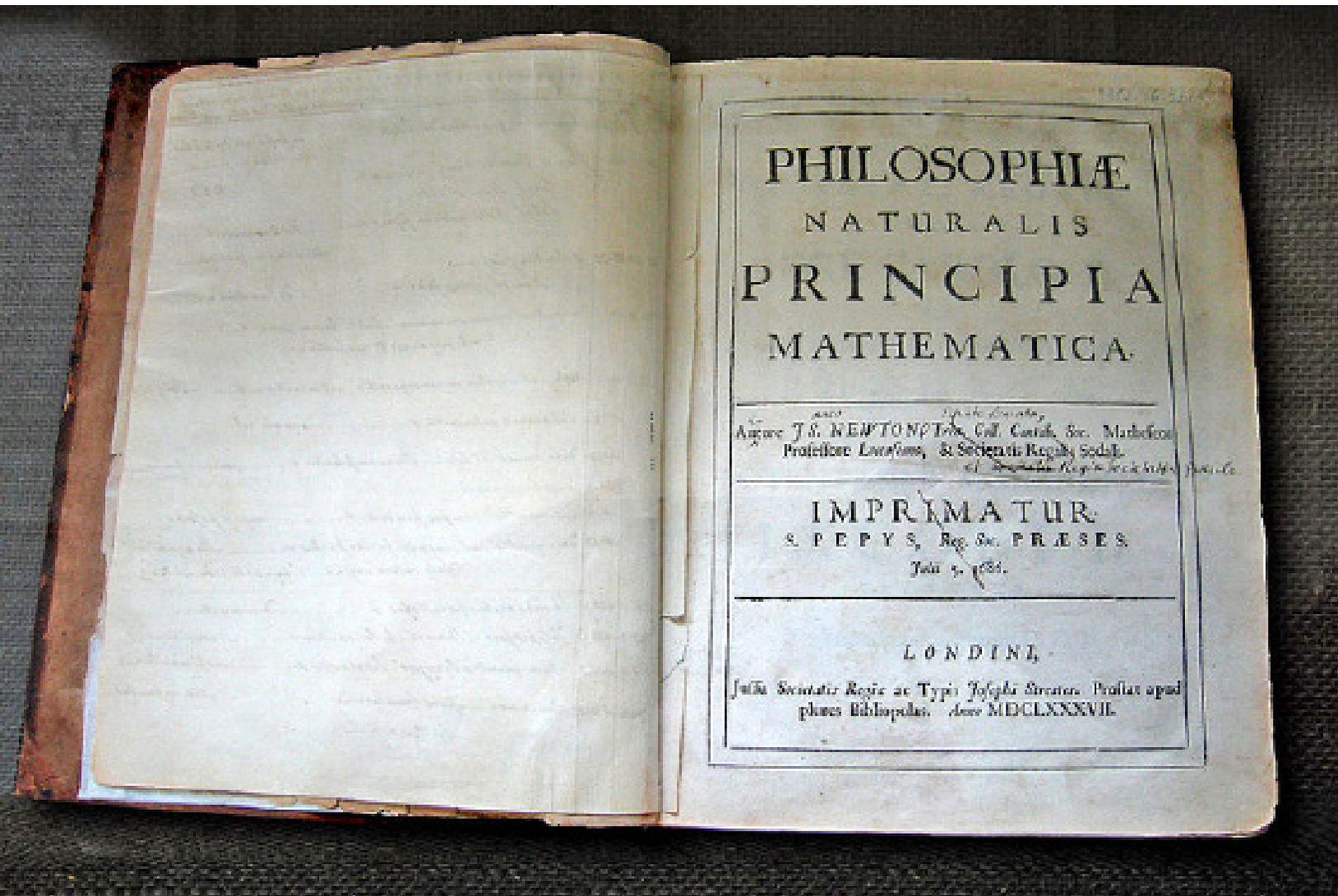


Imagen 2. Philosophiæ naturalis principia mathematica. Fuente: <http://goo.gl/NvIGcz>

Modelo gráfico: Isaac Newton emplea el sistema de coordenadas cartesiano para modelar y exponer el sistema de fuerzas que actúa sobre la manzana.

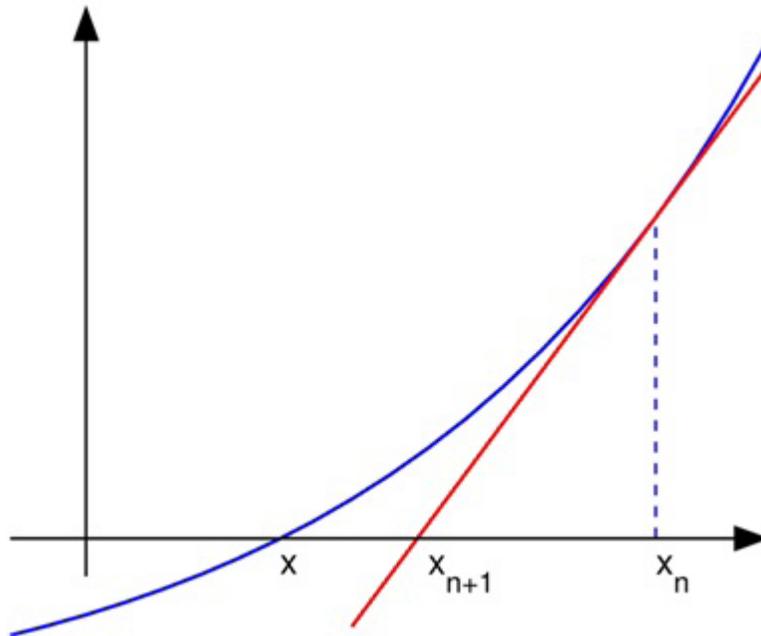


Figura 1. Plano Cartesiano

Fuente: <http://dvd10.webcindario.com/lm%C3%A1genes/newton.jpg>

Modelo físico: son los experimentos y maquetas que empleó Newton para recrear el fenómeno bajo condiciones controladas, medibles y repetibles, por ejemplo una rampa donde deja robar una esfera, conoce las distancias, el ángulo de inclinación, la masa de la esfera.



Imagen 3. Sistema de fuerzas en equilibrio

Fuente: <http://www.heurema.com/PDF/PDF10-FConcurrentes/F2-4-4.jpg>

Modelo matemático: también desarrolló una serie de ecuaciones generales que modelan el fenómeno y que además, permiten un elevado grado de precisión y predicción de los eventos.

$$y = v_i \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$y = \frac{(v_f + v_i)}{2} \cdot t$$

$$v = v_i \cdot t + g \cdot t^2$$

$$v^2 = v_i^2 + 2 g \cdot y$$

Imagen 4. Ecuaciones de caída libre.

Fuente: <http://www.fismec.com/sites/default/files/formulas%20caida%20libre.png>

Construcción de modelos

Se han establecido modelos generales para la creación de un modelo, trabajar con un modelo ayuda a simplificar el proceso e igualmente colabora con evitar que alguna información pase desapercibida.

Fases para la creación de un modelo:

1. Realizar una completa definición del sistema que interesa analizar y recolectar la información necesaria.
2. Formular un modelo que permita representar el sistema.
3. Solución del modelo.
4. Prueba del modelo.
5. Implementación del modelo que recrea el sistema.

Fase 1: realizar una completa definición del sistema que interesa analizar y recolectar la información necesaria.

Para comenzar, es necesario determinar el tipo de sistema, establecer las restricciones del mismo, sus posibles estados, interrelaciones y límites, esta etapa es muy importante ya que de la calidad del planteamiento inicial dependen en gran medida los resultados obtenidos.

Fase 2: formular un modelo que permita representar el sistema.

Cuando ya se tiene claro el sistema a modelar, se debe replantear por medio de una representación esquemática idealizada de la realidad que se pretende modelar. Se recomienda siempre comenzar por un modelo muy básico e irlo enriqueciendo a medida que se va avanzando en su comprensión.

Fase 3: solución del modelo.

Una vez se ha formulado el modelo, el siguiente paso consiste en el establecer un procedimiento que busca plantear una solución al sistema, empleando dicho modelo.

Lo aspecto más importante y relevante para el planteamiento de una solución es encontrar la opción más adecuada, es decir, la mejor, sin embargo, como el modelo es una abstracción de la realidad y no una realidad como tal, no puede haber la plena confianza que la solución más adecuada para el modelo sea la mejor posible y que adicionalmente, pueda ser llevada a la práctica con un verdadero problema.

Fase 4: prueba del modelo.

El modelo debe ir siendo depurado a cada avance, lo más posible es que al comienzo presente muchas fallas y desbordamientos, sin embargo a medida que se va puliendo, sus resultados son mucho más acertados.

Generalmente, las pruebas se hacen introduciendo datos y viendo el comportamiento del modelo, con base en los resultados, se sabrá si el modelo funciona correctamente o requiere de ajustes.

Fase 5: implementación del modelo que recrea el sistema.

Finalmente, viene una etapa de documentación y registro del funcionamiento, procedimientos, soluciones, variables, resultados y demás elementos empleados en la generación del modelo de forma que sea fácil transmitir el aprendizaje obtenido en las etapas anteriores, preferiblemente emplear un lenguaje científico, es decir, claro, preciso y concreto.

Técnicas de modelado

Existen diferentes técnicas empleadas en el modelamiento de sistemas, estas son:

- Aplicaciones estadísticas.
- Simulación.
- Isomorfismos entre sistemas.
- Análisis de redes.

Modelo	Uso
Aplicaciones estadísticas	<p>Las aplicaciones o paquetes estadísticos brindan al interesado la posibilidad de generar los modelos estadísticos ya mencionados con gran eficiencia (tiempo y costo) a partir de la definición de variables relacionadas y cargando en memoria todos los datos muestrales. Poseen opciones de trabajo para obtener datos estadísticos básicos como la media, la desviación estándar, la varianza, la covarianza y en general todas las medidas de tendencia central y los demás cálculos usados en estadística descriptiva e inferencial. Además se pueden observar de forma gráfica el comportamiento y la relación entre las variables previamente definida. Se comparan tendencias de variables con respecto a las demás.</p>
Simulación	<p>Hoy en día el hardware y el software proporcionan variados recursos computacionales, tales como la programación orientada a objetos, la multimedia y los propios programas especializados para el desarrollo de simulación matemática: por lo tanto al combinar todas estas herramientas, con unas técnicas adecuadas para el desarrollo de modelos simulados por computador, genera una técnica capaz de apoyar a analistas, diseñadores y tomadores de decisión para determinar hasta qué punto una solución o alternativa es la más óptima posible dentro de un grupo de alternativas seleccionadas. Las aplicaciones de la simulación de sistemas por computador más comunes se dan en proyectos de inversión, sistemas de inventario, sistemas de líneas de espera, problemas de transporte, teoría de juegos, sistemas de información gerencial, juegos gerenciales y otros.</p> <p>Los pasos que generalmente se siguen en una simulación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Formulación del problema: exposición teórica del problema real. ■ Recolección y procesamiento de datos: observaciones de campo, documentos, entrevistas con el personal. ■ Formulación del modelo matemático: se basa en la habilidad e imaginación del diseñador y teniendo en cuenta los criterios para discriminar la información y establecer las relaciones internas y externas. ■ Evaluación de las características de los datos procesados: preparación de los datos y verificar su veracidad con el modelo matemático seleccionado. ■ Formulación del programa de computador: selección del lenguaje de programación, teniendo en cuenta ventajas y desventajas técnicas, operativas y de pertinencia. ■ Validación del programa: revisar que las salidas sean las esperadas, revisar la calidad de los datos de entrada y salida, manejo de pantallas y facilidades de manipulación. ■ Diseño de experimentos de simulación: realización de prácticas con el sistema diseñado, teniendo en cuenta variables internas y externas reales. ■ Análisis de resultados y validación de la simulación: Alimentar cada variable y analizar resultados obtenidos, mejorarlo de acuerdo a esos resultados.

Isomorfismos	<p>Técnica matemática utilizada para establecer correspondencias biunívocas entre los elementos de dos sistemas concretos, teniendo en cuenta que cualquier relación que se establece en los elementos de un sistema igualmente se debe definir en el elemento correspondiente del otro sistema. Este tipo de técnicas han sido de gran importancia para el diseño de sistemas automáticos de control para múltiples propósitos, los cuales son estudiados en el campo de la cibernética teórica.</p>
Análisis de redes	<p>Modelos de optimización de redes. La mayoría de problemas que son sujeto de análisis para un ingeniero de sistemas incluyen algún tipo de red, tales como redes de producción, planeación financiera, redes de computadores, redes eléctricas, redes de administración de recursos humanos, procesamiento distribuido o cualquier otro tipo, por lo que la representación de redes es otra herramienta de uso general muy poderosa. Como ayuda conceptual permite que el analista pueda visualizar todas las relaciones entre cada componente del sistema en forma gráfica de manera general y en detalle.</p> <p>Algunos autores han clasificado la metodología para la solución de problemas en relación con cinco tipos básicos de red:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ El problema de ruta más corta: analizar toda la red partiendo del origen e identificando sucesivamente la ruta más corta a cada uno de los nodos que la conforman, en orden ascendente de sus distancias. Por lo tanto al llegar al último nodo estará resuelto el problema de la ruta más corta. ■ El problema de árbol de mínima expansión: se eligen las ligaduras en la red que tengan la longitud total más corta proporcionando una trayectoria entre cada par de nodos. Las ligaduras se deben elegir de modo que la red resultante forme un árbol que se conecta con todos los nodos de la red, limitando el problema a la conformación de un árbol de expansión con la longitud total mínima con sus uniones. ■ El problema de flujo máximo: se tiene por objetivo encontrar un patrón factible que recorre toda la red maximizando el flujo total desde el nodo fuente (punto inicial) hasta el nodo destino. ■ El problema del flujo de costo mínimo: incluye como casos especiales el problema de la ruta más corta y el flujo máximo, tales como: problemas de transporte, problemas de embarque y problemas de proyectos para asignación de recursos. Se pueden formular como un problema de programación lineal y por lo tanto se podrá solucionar a través de métodos tan conocidos como el simplex para redes. ■ La planeación y control de proyectos: técnicas de evaluación y revisión de programas "Program Evaluation and Review Technique" o PERT y el método de la ruta crítica "Critical Path Method" o CPM.

Tabla 2. Técnicas de modelado 2

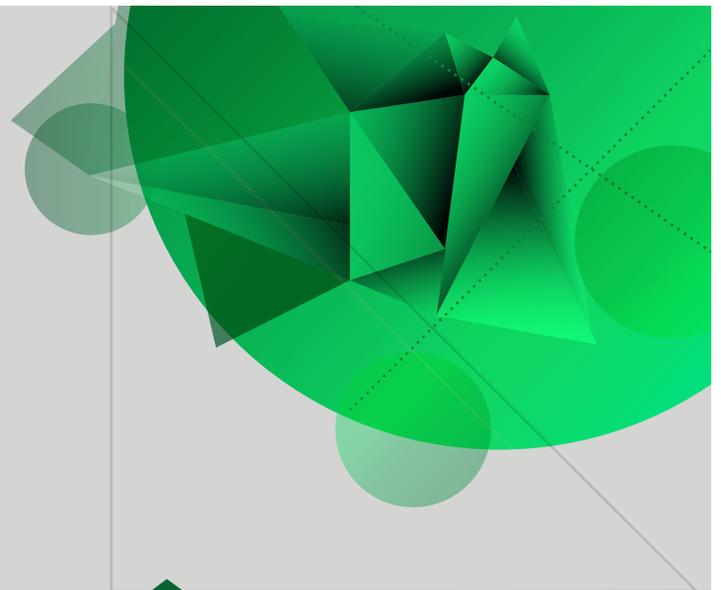
Fuente: <http://es.slideshare.net/AliniuZizRguezT/sistemas-y-modelos-teoria>



3

Unidad 3

Sistemas
dinámicos



Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona

Introducción

Los sistemas dinámicos son importantes por su aplicación al mundo real, ellos facilitan el estudio de fenómenos que nos es posible analizar directamente, también disminuyen los costos y permiten la formulación de hipótesis para explicar los diferentes sistemas y fenómenos a nuestro alrededor.

Los sistemas dinámicos están divididos en dos grandes tipos, los sistemas continuos y los sistemas discretos, cada uno de ellos tiene cabida en la mayoría de los fenómenos de la naturaleza.

Comenzaremos a realizar simulaciones básicas con el simulador VenSim, el cual trataremos al final de la presente cartilla.

Se invita al estudiante a leer completamente la guía de manera que logre obtener una sólida y consistente fundamentación teórica, de igual forma, se le recomienda analizar los ejemplos planteados, siguiendo paso a paso el desarrollo a fin de lograr claridad y comprensión en el procedimiento efectuado, estar atento de la realización de las actividades, participación en los foros y formular todas las dudas que pueda tener en relación al tema.

Sistemas dinámicos

Son sistemas dinámicos, aquellos que cambian, evolucionan y se modifican a través del tiempo, podemos determinar su comportamiento por medio de ecuaciones matemáticas, que nos permiten predecir su resultado.

El análisis de sistemas dinámicos comprende 3 grandes áreas de análisis: de aplicación, experimental y matemática:

Área de aplicación

Se trata de un modelamiento que establece relaciones entre los estados anteriores y posteriores del sistema, por ejemplo, la acción que permite el ciclo del agua, de estado líquido a estado gaseoso, ocurre por medio de la evaporación, que se genera por el calentamiento del agua.

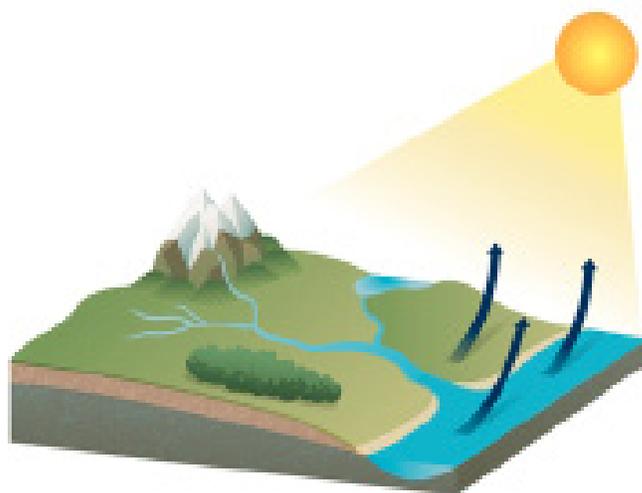


Imagen 1. Modelo teórico sobre la evaporación del agua.

Fuente: <https://www.koshland-science-museum.org/water/assets/400x/00000392.jpg>

Área experimental

Esta área abarca las simulaciones por computador y las recreaciones del fenómeno en el laboratorio, por ejemplo, verificar físicamente el proceso de evaporación del agua por medio del calentamiento.



Imagen 2. Evaporación del agua en el laboratorio, con medición de la temperatura.

Fuente: <http://goo.gl/IZ2U9T>

Área matemática

Se enfoca en la verificación de la información obtenida en el área de aplicación y en el área experimental, por ejemplo, se estima que la evaporación tiene relación con la temperatura, esta área permite establecer la temperatura y demás condiciones exactas y necesarias para que se produzca el efecto de evaporación del agua.

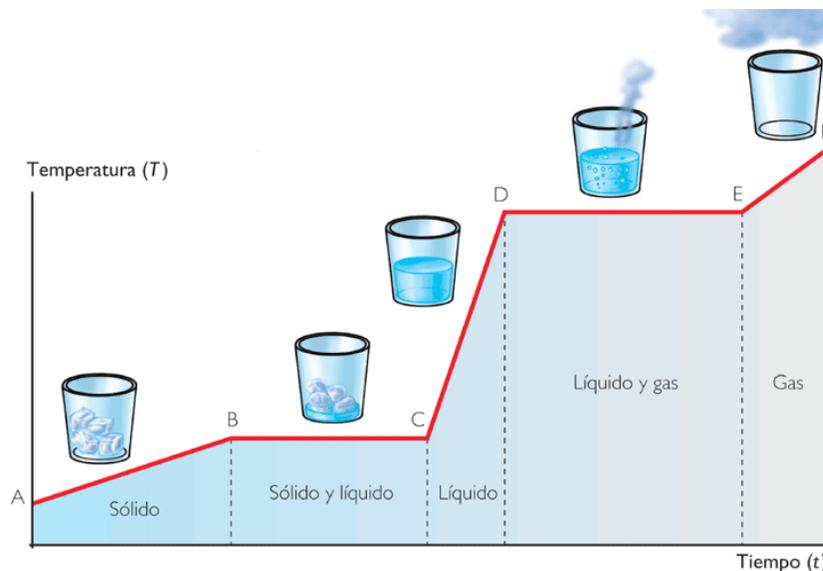


Imagen 3. Tabla de temperatura, que representa el cambio de líquido a gaseoso del agua.

Fuente: <http://goo.gl/ZFh9Yd>

Sistemas dinámicos continuos

Los sistemas continuos son sistemas en los que la variación del tiempo cambia de manera continua, generalmente expresados y modelos a través de ecuaciones diferenciales.

Ejemplo:

Llenado de un tanque con agua

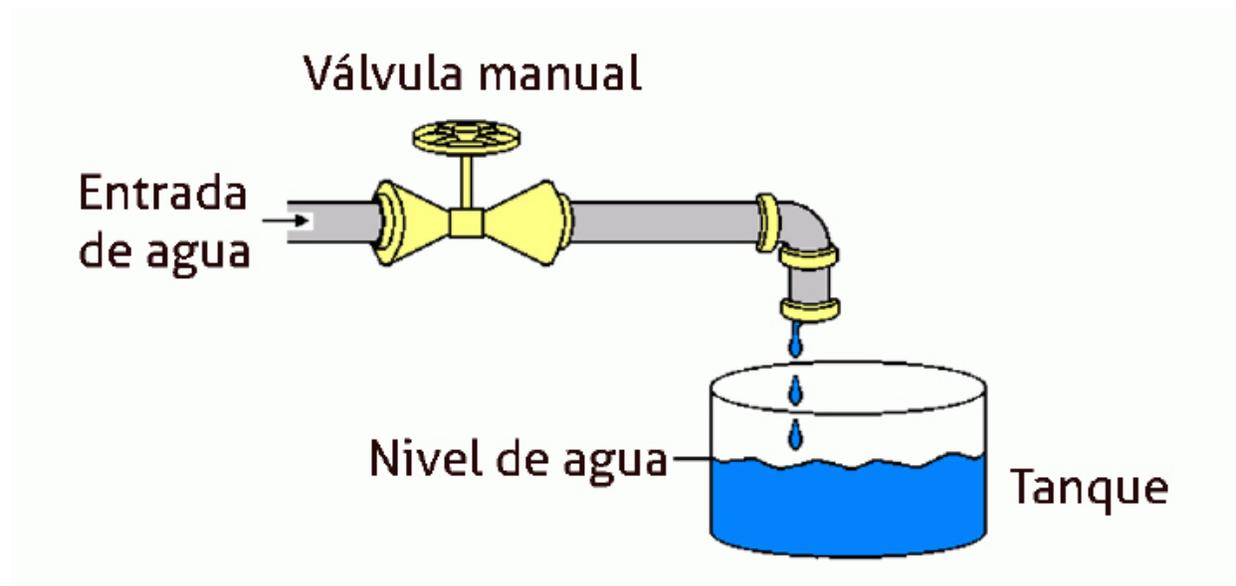


Imagen 4. Llenado de un tanque
Fuente: <http://goo.gl/oibr40>

El comportamiento del llenado de un tanque, presenta el comportamiento de un sistema dinámico continuo, ya que teniendo en cuenta variables como el flujo del agua y el tamaño y forma del tanque, podemos determinar el nivel del agua en cualquier momento (t), esta conducta puede ser modelada por medio de una ecuación.

$$V(t) = C * t$$

Para el caso práctico, y partiendo del supuesto que las variables con fijas en el tiempo, el volumen V, en función del tiempo, depende del caudal C de agua que pasa por la llave que llena el tanque, multiplicado por el tiempo t, transcurrido hasta el momento que se desea calcular el volumen.

En términos de ecuaciones diferenciales, tenemos la ecuación:

$$d(V) = A * d(h)/d(t)$$

El diferencial del volumen o variación del volumen, es igual al área del tanque, multiplicado por la variación de la altura del nivel del agua en el tanque con relación a la variación del tiempo.

Sistemas dinámicos discretos

En los sistemas discretos, la variación y medición del tiempo se realiza a través de lapsos de tiempo, frecuentemente modelados por medio de relaciones de recursividad o iterativas.

Ejemplo:

Crecimiento de una población de Alpacas.

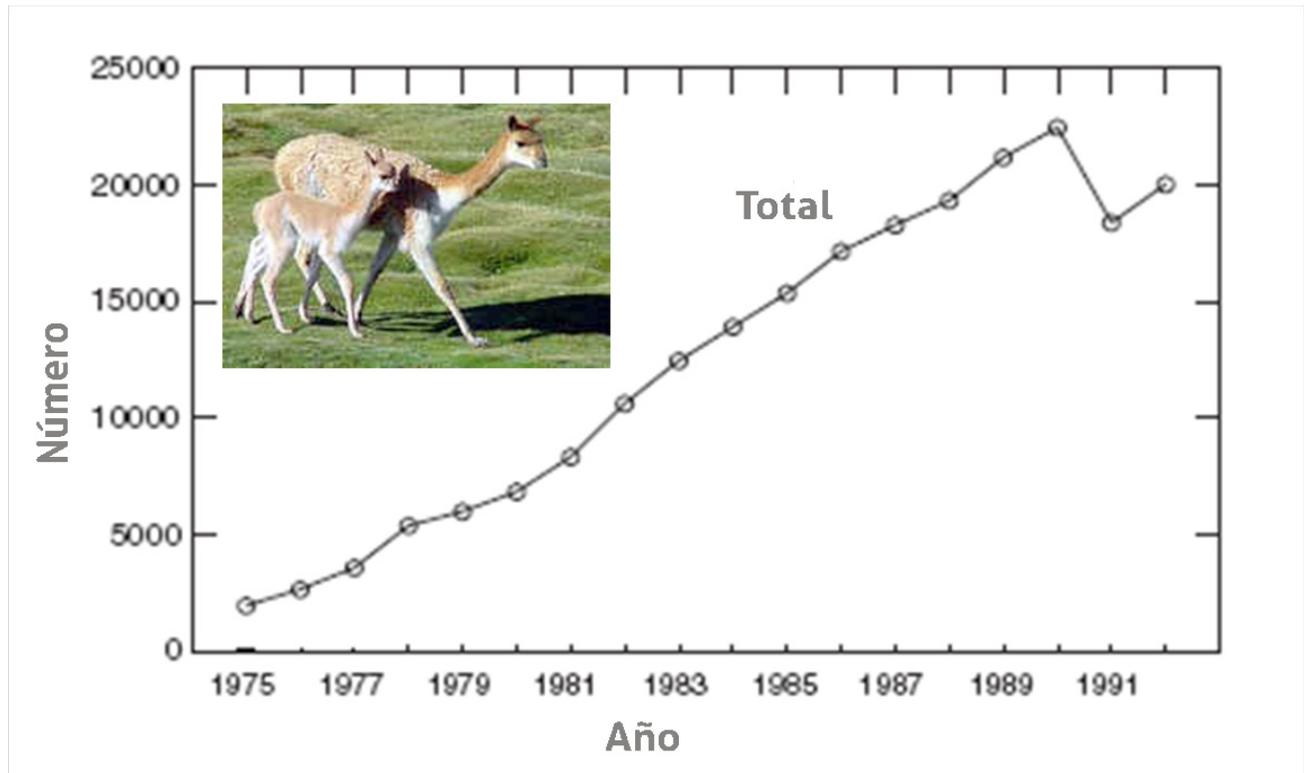


Figura 1. Crecimiento de población de Alpacas.
Fuente: <http://goo.gl/PafhCZ>

Cuando se analizan casos como el crecimiento de la población, se analizan factores relacionados al éxito de las especies, sin embargo, es necesario establecer censos y conteos, para establecer métricas acertadas sobre el comportamiento, en este caso, aunque un dato posible podría ser que existen 250,42 especímenes vivos, no tiene mucho sentido el 0.42, ya que un animal es una entidad única y está viva o muerta, no existe punto medio, por esta razón, se establecen las mediciones temporales, veamos la ecuación que modela el ejemplo.

$$dp/dt = k * y, k > 0, p(0) = A$$

La variación de la población dp , en relación al tiempo dt es igual a una constante poblacional k multiplicada por la población actual, donde la constante poblacional debe ser mayor que cero y A es la población en un momento inicial $p(0)$.

Simulación de modelos

Una simulación es la recreación de un fenómeno que generalmente se hace por computador empleando relaciones matemáticas.

Generalmente es necesario emplear métodos numéricos para la correcta simulación, partiendo del hecho que nos interesa y es el de recrear modelos de sistemas discretos, es claro entonces que los simuladores nos permiten emplear funciones de tipo discreto y continuo:

Representación de modelos de tipo continuo:

Sistema

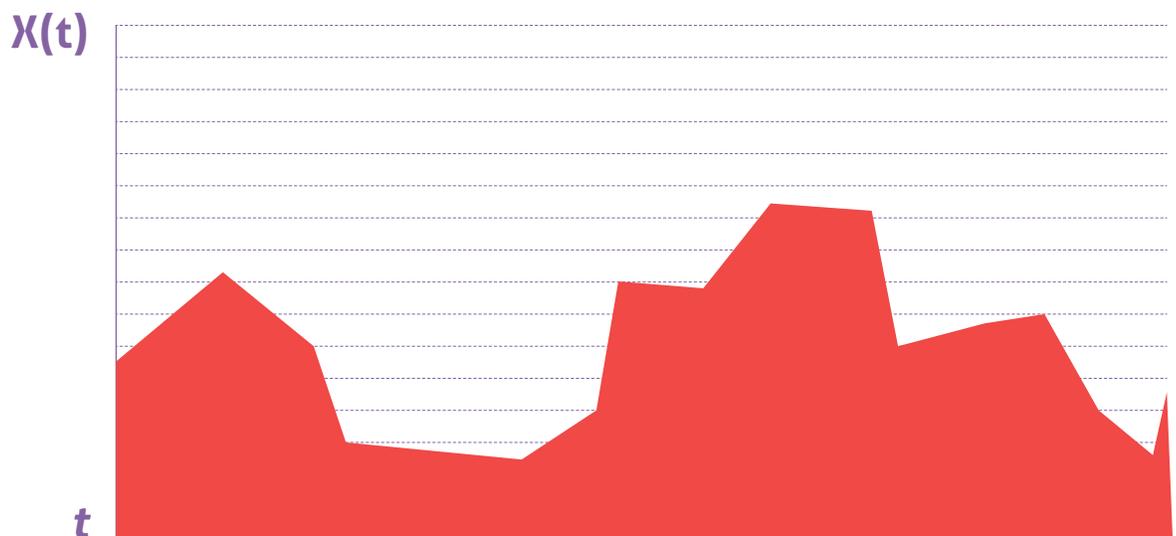


Figura 2. Gráfica de modelos continuos
Fuente: Adaptado de http://www.fceia.unr.edu.ar/~kofman/files/eci_MyS_1.pdf

Representación de modelos de tipo discreto:

Sistema

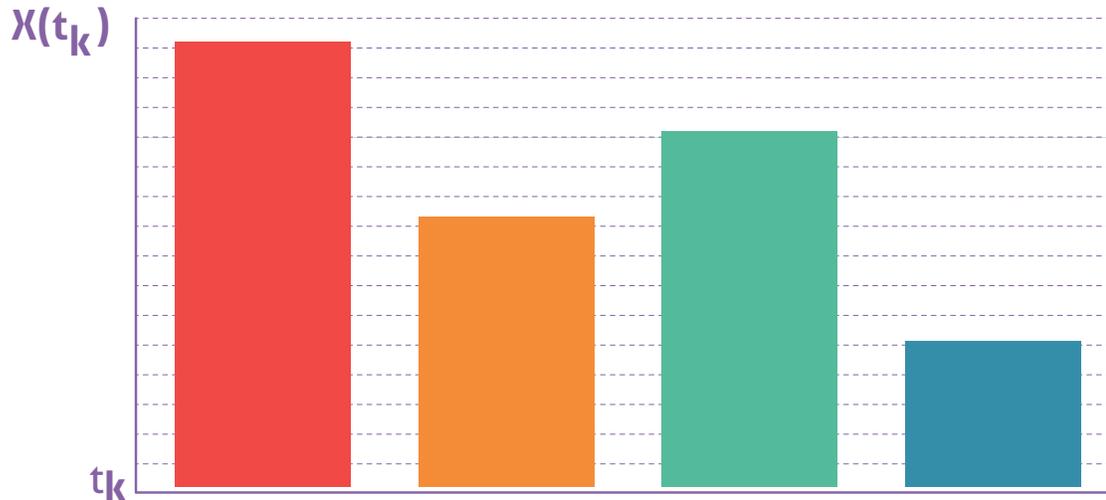


Figura 3. Gráfica de modelos discretos

Fuente: Adaptado de http://www.fceia.unr.edu.ar/~kofman/files/eci_MyS_1.pdf

Cuando se deben realizar simulaciones:

La metodología de la simulación ofrece acercamientos muy aproximados a la realidad, claro está, que no simula exactamente un sistema verdadero, la simulación podría no tener en cuenta aspectos y variables que si se podrían apreciar en el modelo real, además, puede resultar un proceso lento, que demanda en ocasiones solución a problemas inesperados.

La simulación también ofrece una alternativa económica y segura para estudiar fenómenos que al ser analizado, representan un alto grado de peligro y costo.

Debemos realizar simulaciones cuando

- Cuando el modelamiento matemático resulta muy complicado, por ejemplo, el movimiento de los planetas.
- En ocasiones, existe un bajo margen de precisión necesaria en los resultados, por ejemplo, cómo afecta el clima, la variación en la población de las palomas.
- Cuando el fenómeno real es imposible de estudiar, peligroso o muy costoso, por ejemplo el sol.
- Cuando se requiere un análisis de validación de modelos.

Limitaciones existentes en la simulación:

- No se trata de ciencia puramente, por lo que la realidad puede diferir de los resultados obtenidos en el laboratorio.
- Los resultados obtenidos, generalmente se obtienen de grandes cálculos de origen iterativo (prueba y error).
- Su validación y verificación es compleja.

Simulador VenSim

VenSim es un programa de computador que permite la recreación de sistemas en forma gráfica, para su análisis. Con VenSim es posible establecer relaciones, crear flujos y obtener en forma gráfica y numérica el resultado del proceso creado.

En los anexos veremos la forma de descargar, instalar y emplear la herramienta.

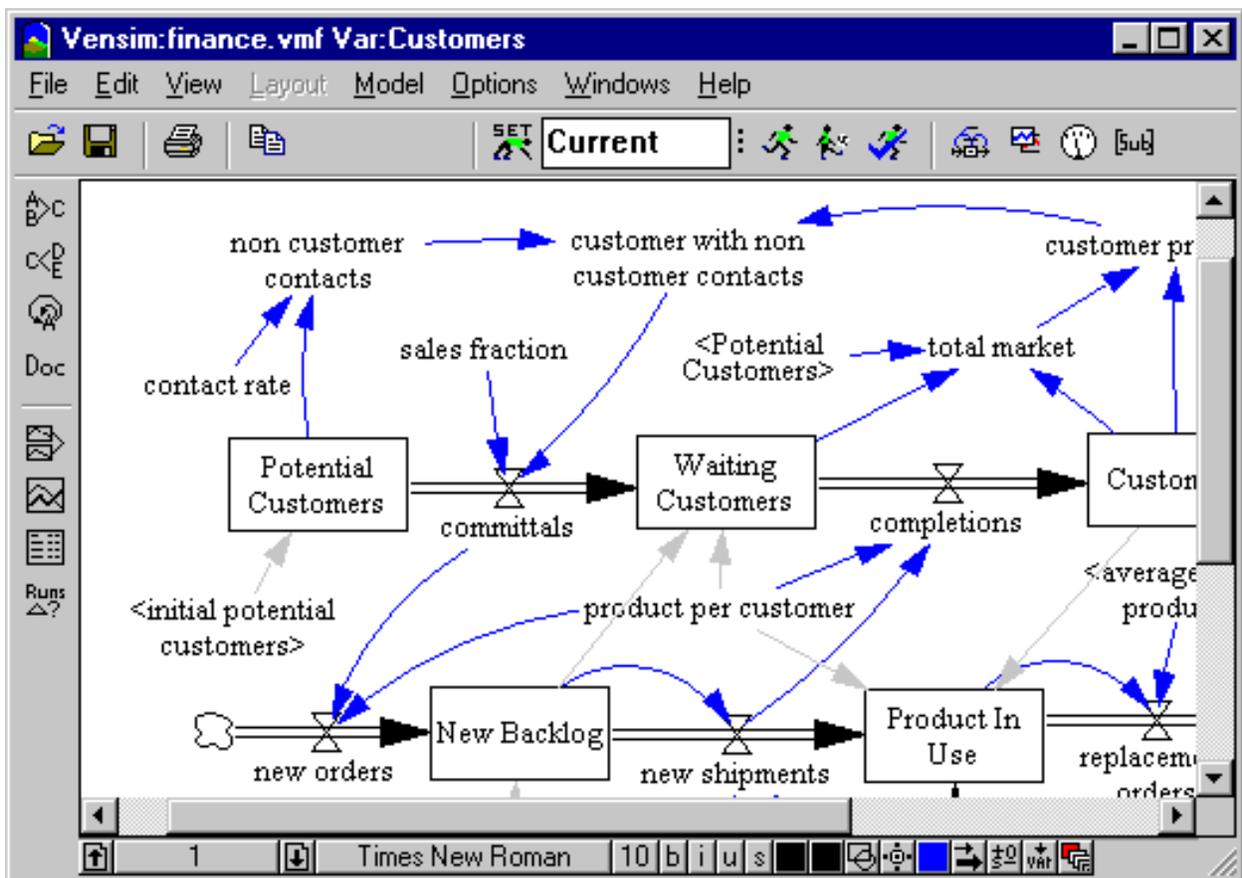


Imagen 5. Simulación VenSim.

Fuente: <http://vensim.com/wp-content/uploads/2012/09/venread.gif>

VenSim es una herramienta con varias opciones de licenciamiento, una de ellas es la versión libre para uso académico.

Enlace de descarga:

En el enlace: <http://vensim.com/free-download/>, es posible registrar y descargar el aplicativo.

4

Unidad 4

Estructuras
fundamentales



Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona

Introducción

La estructura fundamental de sistemas permite entender el grado de acoplamiento de sistemas y la forma como se ven afectados por un alto o un bajo grado de acoplamiento.

Los sistemas tienen una categorización clara que permite entender la manera como se relaciona con el entorno, entre algunos podemos ver como la retroalimentación hace que se adapten y organicen.

Adicionalmente, en la programación de modelos veremos el análisis de sensibilidad, el cual, entrega herramientas útiles para entender como el sistema se ve afectado por la variación de un parámetro.

Se invita al estudiante a leer completamente la guía de manera que logre alcanzar gran solidez en cuanto al tema de estructuras fundamentales y programación de modelos, de igual forma, se le recomienda analizar los contenidos planteados, siguiendo paso a paso el desarrollo a fin de lograr claridad y comprensión en el procedimiento efectuado, estar atento de la realización de las actividades, participación en los foros y formular todas las dudas que pueda tener en relación al tema tratado.

Estructuras fundamentales

La complejidad de los sistemas radica en su condición de ser dinámicos, su estructura, su entorno, sus variables o procesos cambian a lo largo del tiempo, a medida que ocurren los sucesos.

Tal complejidad es debida al acoplamiento, este se trata del grado de interconexión e interrelación entre sistemas y la manera como un cambio en alguno puede significar cambios en otro aparentemente independiente.

Debido al estrecho grado de acoplamiento inherente en el universo, podemos decir que todo está relacionado con todo en cierta medida, aunque en algunos casos y para efectos de simplificar las operaciones y cálculos matemáticos, podemos establecer que los efectos de algunas variables y eventos, pueden ser despreciables o no tenidos en cuenta. Por ejemplo:

Sistemas con alto grado de acoplamiento

- La temperatura global afecta en gran medida al nivel de los océanos.
- El número de presas y la cantidad de depredadores en un ecosistema.

Sistemas con bajo grado de acoplamiento

- La población mundial de insectos en relación a la rotación del planeta tierra.
- Los efectos gravitatorios de una galaxia lejana sobre la vía láctea.

Como consecuencia del grado de acoplamiento, los sistemas sufren la retroalimentación que le permite al sistema regularse y adaptarse a las condiciones foráneas provenientes de su entorno.

En el universo, una serie de interacciones aleatorias genera una cantidad infinita de posibilidades, las cuales configuran cambios, y resultados de todo tipo que en apariencia tienen un comportamiento errático, sin embargo, gracias a los modelos matemáticos es posible estudiarlos y predecir su comportamiento.

A partir del estudio y análisis de sistemas, es posible establecer una categorización general de las estructuras fundamentales:

Estructura	Definición	Ejemplos
Adaptativos	Las reglas del entorno están en permanente cambio y evolución, por tal razón los sistemas deben adecuarse a las nuevas condiciones, pues de lo contrario, su supervivencia estaría en riesgo.	Las empresas se deben adaptar constantemente al mercado. La evolución natural de las especies.
Auto organizados	La función y estructura interna de los sistemas define su comportamiento, vemos como leves variaciones aleatorias, generan en grandes espacios y periodos de tiempo patrones generales que se pueden identificar a pesar de no ser siempre iguales.	Las manchas de la piel de las jirafas. El patrón sobre la superficie de los caparazones de tortuga. Los latidos del corazón.
Caracterizados por la negociación	Naturalmente, existen retrasos de tiempo en las vías de comunicación, esto implica que la respuesta a un estímulo podría no ser lo suficientemente rápida para acatar un cambio. En resumen, un cambio rápido podría resolver temporalmente, pero ofrecería una mala solución en el tiempo, mientras que un problema de cambio lento tiende a empeorar el sistema y ofrecer una solución en el tiempo más adecuada.	La evolución se hace lentamente para adecuarse fuertemente al entorno, pero un cambio rápido del ambiente provoca una extinción masiva. Si una empresa tiene un pedido grande para un mes, podría incrementar su capacidad, con ello lograría suplir el pedido de ese mes, sin embargo nada garantiza que tenga el mismo pedido para los meses siguientes, si la empresa no invierte en capacidad, podría perder ventas, pero aseguraría su capital.

Contra-intuitivos	En los sistemas complejos, generalmente los factores de cambio se producen en momentos y espacios distantes y difíciles de averiguar, el paso lógico es solucionar el efecto, pero la corrección del problema sólo da cuando la causa es rastreada y corregida.	Problema energético: Corrección efecto: disminución del consumo energético a nivel mundial. Corrección causa: Búsqueda e investigación de energías limpias y renovables.
Histórico dependientes	En la naturaleza, los eventos tienen generalmente un orden, primero se deben dar unas condiciones iniciales que permiten la generación de nuevas condiciones o estados.	El cristal se rompe, pero no se puede "des romper".
No lineales	En algunos casos, el comportamiento de los sistemas no es lineal, es decir, no cumple con una relación directa entre causa y efecto, es acá en donde los cálculos se complican, pues es más difícil establecer una relación matemática de su comportamiento. Ocurre generalmente en las relaciones de tipo social.	La presión ejercida por parte de un jefe a su subordinado puede tener un efecto diferente en dos o más personas.
Resistentes a las políticas	En ocasiones, por su naturaleza compleja, los sistemas se muestran resistentes a los cambios y la retroalimentación, mostrando a veces un comportamiento adverso al esperado.	El sistema de economía mundial actual parece ser inmune a las medidas tomadas para contrarrestar su colapso.

Tabla 1. Estructuras fundamentales
Fuente: Propia.

Comportamiento de sistemas

Las partes integrantes del sistema se organizan basadas en las entradas, el entorno y la re-alimentación, de manera que pueda cumplir con su objetivo, esto es lo que llamamos comportamiento, el cual está conformado por diferentes elementos como:

■ Objetivo:

Está relacionado estrechamente con la función del sistema, se trata de la meta que debe cumplir. El sistema y sus partes trabajan en función de este objetivo.

■ Tarea:

Existen una serie de funciones individuales que permiten que el sistema cumpla con el objetivo. Las tareas, dependiendo de su grado de dificultad pueden ser divididas en actividades más simples.

■ Estrategia:

Es la metodología empleada para la consecución de la meta, se suelen evaluar cualidades como flexibilidad y adaptación del sistema ante los cambios.

■ Actividad:

Es el grupo de pasos necesarios para completar una tarea.

■ Evento:

Es un estímulo que puede ser de origen interno o externo y que además puede desencadenar una serie de pasos o comportamientos que afectan al sistema.

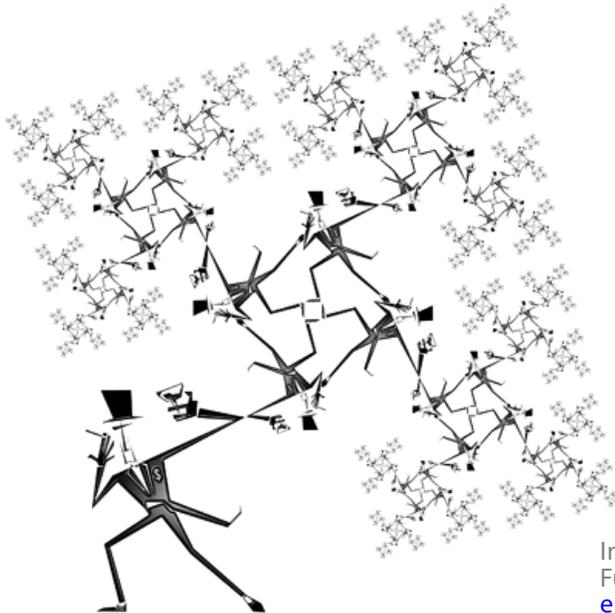


Imagen 1. Fractal
Fuente: http://www.luispabon.com/entropia/images/ilus_piramidal.png

En la imagen 1, se representa el esquema de un fractal, en el podemos ver la analogía de cómo las actividades conforman tareas que a su vez se configuran en objetivos.

Programación de modelos

Generalmente, los problemas analizados por medio de la dinámica de sistemas incluyen relaciones y parámetros de los cuales es muy reducido el tamaño de los datos obtenidos de forma práctica.

“En un modelo de dinámica de sistemas se produce una integración de información de tipo cualitativo con información de tipo cuantitativo. Esta mezcla tan dispar puede producir problemas. En todo modelo hay una componente de imprecisión que no podemos eludir. El hecho de que asignemos un valor numérico concreto a un parámetro, o una forma funcional determinada a la expresión que relaciona dos variables, nos obliga a preguntarnos qué sucedería si el valor de ese parámetro o de esa función, fuesen otros, aunque esos valores sean próximos a aquel que hemos adoptado. El análisis de sensibilidad pretende precisamente abordar este problema” (Aracil – 1995).

Los sistemas a causa de su complejidad inherente, resultan en ocasiones difíciles de entender y de modelar, es en este punto, donde los ordenadores cumplen su función de ayudar en los cálculos matemáticos.

Para poder establecer un claro modelamiento que permita análisis sistemas, es muy importante la abstracción. Ver imagen 2.

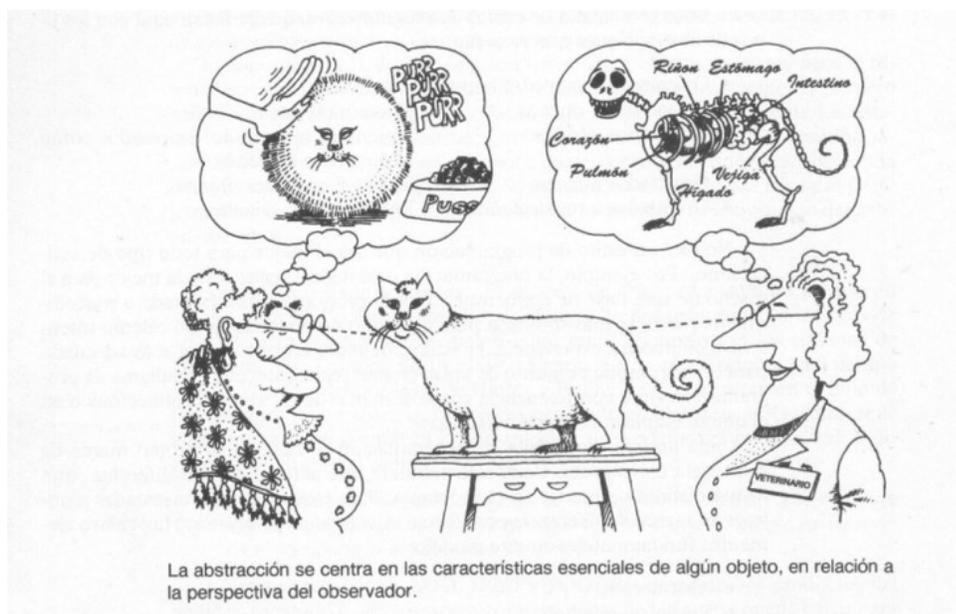


Imagen 2. Abstracción.

Fuente: <http://jvan010.files.wordpress.com/2011/08/abstraccion.jpg>

El proceso de abstracción depende en gran medida del observador, su formación, conocimientos y objetivos.

Análisis de sensibilidad

La manera como los resultados y las conclusiones afectan los parámetros y las relaciones se denominan análisis de sensibilidad, es empleado en la optimización de recursos dentro del sistema.

Generalmente se hace agregando valores iniciales al modelo para ver cómo es su comportamiento, luego se empieza a variar el parámetro del cual se quiere analizar la sensibilidad, estas variaciones producen cambios en las trayectorias y resultados obtenidos del modelo, es acá en donde podemos determinar el grado de sensibilidad de un parámetro y cómo afecta al comportamiento del sistema.

Realizando la actividad para cada uno de los parámetros variables del sistema, se puede tener un estimado muy preciso sobre los efectos de cada parámetro y sus resultados, cuando las variaciones no afectan significativamente las conclusiones, se puede decir que el modelo es insensible a la variación de tal parámetro.

En la figura 3, se expone gráficamente el efecto de los cambios en una variable.

Nos fijamos en la recta que va de las coordenadas $(-5, -3)$, hacia $(1, 0)$, la cual tiene un valor de $C = C_1$.

Luego, cambiando el valor de $C = C_2$, podemos observar que la recta cambia su pendiente de manera que parte del punto $(-5, -3)$, pero esta vez cruza el eje Y por el punto $(0, 7)$.

Veamos a continuación el esquema:

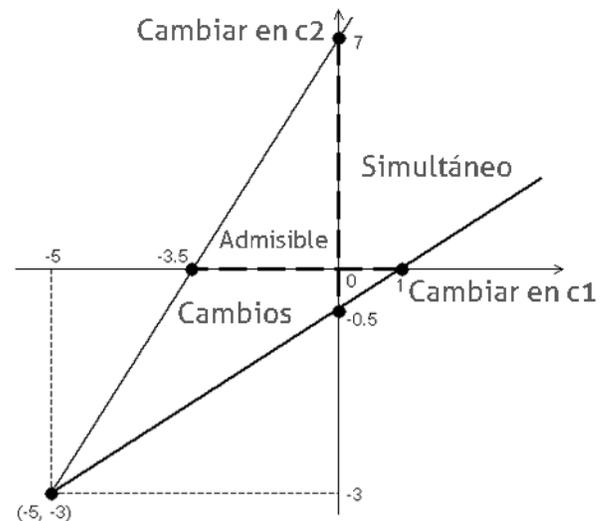


Figura 1. Análisis de sensibilidad

Fuente: <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640S/GenSensCost.gif>

Por medio del análisis de sensibilidad, es posible interpretar un modelo de sistemas y determinar el grado de robustez que presenta en relación a la independencia algunos parámetros, adicionalmente, permite determinar los valores máximos y mínimos que el sistema es capaz de soportar antes de colapsarse.

4

Unidad 4

Control de
sistemas



Teoría General de sistemas

Autor: Camilo Augusto Cardona

Introducción

Los sistemas de control se han vuelto herramientas inherentes a los sistemas propiamente dichos, hoy en día son muy pocos los productos de orden tecnológico que encontramos en el mercado que tengan un funcionamiento netamente manual. Es en esta parte en donde el control cobra gran importancia de estudio.

Los mecanismos de control permiten automatizar tareas repetitivas, aburridas para el hombre, también permite una mejor manipulación de los sistemas, ya que el control es exclusivo y dedicado.

Se invita al estudiante a leer completamente la guía de manera que logre obtener una sólida y consistente fundamentación teórica, de igual forma, se le recomienda analizar los ejemplos planteados, siguiendo paso a paso el desarrollo a fin de lograr claridad y comprensión en el procedimiento efectuado, estar atento de la realización de las actividades, participación en los foros y formular todas las dudas que pueda tener en relación al tema.

Control de sistemas

El control de sistemas comprende un área del conocimiento que estudia al sistema y la manera de regular su comportamiento para garantizar su supervivencia o lograr una conducta determinada en el propio sistema.

Provee una serie de dispositivos que funcionan de manera coordinada para conseguir un objetivo, por lo tanto, podemos inferir que se trata de un sistema que permite controlar otros sistemas.

Se caracterizan por tener estabilidad, una gran rapidez de respuesta y sensibilidad ajustable a las necesidades.

Los sistemas de control permiten crear un elevado grado de automatismo en los sistemas sin la necesidad de un constante monitoreo e intervención, para lograr este objetivo, el control debe proveer los medios necesarios para interactuar con el sistema, lectura de datos, procesamiento y habilidades para la realización de tareas básicas que permitan mantener los parámetros dentro de un rango aceptable de valores.

Existen sistemas de control muy básicos en los que es posible programar una serie primitiva de actividades y que pueden o no interactuar con el estado final del sistema. Pero también existen sistemas sumamente

sofisticados que ofrecen un elevado margen de control y toma de decisiones con base en el resultado esperado. Por ejemplo:

Sistema básico

Un semáforo: el semáforo como sistema realiza la función de encender y apagar luces, su sistema de control tiene una programación general basada en un temporizador que simplemente realiza un cambio cada determinado tiempo, sin tener en cuenta que un carril puede estar más congestionado que otro, en este caso decimos que el sistema de control es independiente del estado del sistema.

Sistema sofisticado

Un aire acondicionado: como sistema, el aire acondicionado se encarga de generar corrientes frías de aire para bajar la temperatura de un recinto, su sistema de control generalmente se basa en un termómetro que constantemente lee la temperatura promedio del recinto, y basado en la medición puede incrementar o reducir la corriente de aire de manera que se pueda mantener siempre la temperatura en los valores establecidos.

Componentes

■ Parámetros:

Se refiere a las variables que se van a controlar.

■ **Objetivo de control:**

Es el rango de valores dentro de los cuales necesitamos que este el parámetro.

■ **Perturbación:**

La perturbación es la fuente externa o interna que genera una variación en el parámetro.

■ **Mecanismos de control:**

Son los medios por los cuales se es capaz de detectar los cambios en el parámetro.

■ **Capacidades:**

Las capacidades proveen la facultad por medio de la cual, el mecanismo puede realizar cambios o ajustes.

■ **Retroalimentación:**

Es un flujo de entrada que indica la efectividad de los controles efectuados.

A continuación, en la figura 1, vemos un esquema general, que representa la integración entre sistema y sistema de control en un entorno.

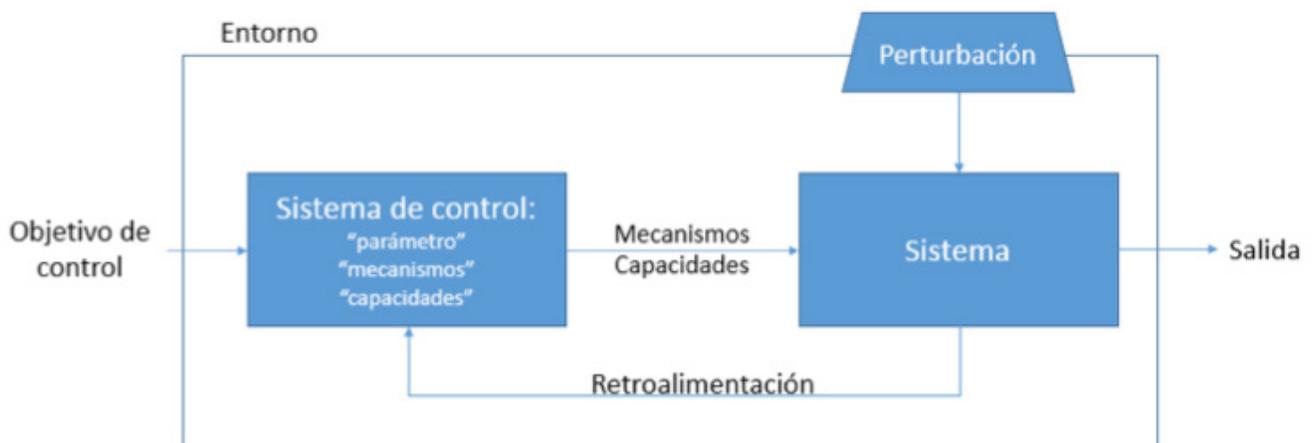


Figura 1. Sistema de control
Fuente: Propia.

Clasificación de sistemas de control

Dependiendo de la relación y afectación entre la salida de un sistema y el parámetro de control, se clasifican en: sistemas de control de lazo abierto y sistemas de control de lazo cerrado.

Sistemas de control de lazo abierto

Se caracterizan por ser sistemas que carecen de retroalimentación, su funcionamiento comienza cuando el objetivo de control genera una actividad automática que se ejecuta de manera programada, lo que consecuentemente genera un comportamiento en el sistema, la salida de dicho sistema no retroalimenta al sistema de control, por lo que resulta una salida independiente del parámetro.

Por ejemplo:

En un sistema de riego de cultivos se programa que cada día a las 7am se realice un riego de agua por 1 hora, después de este tiempo el sistema de control detiene el aspersor independientemente de si los cultivos fueron regados con suficiente agua, o con poca agua, si se trata de una época del año seca o húmeda.

En este caso, el sistema de riego es controlado por un temporizador que activa y desactiva el paso de agua, veamos la figura 2, que representa el sistema.

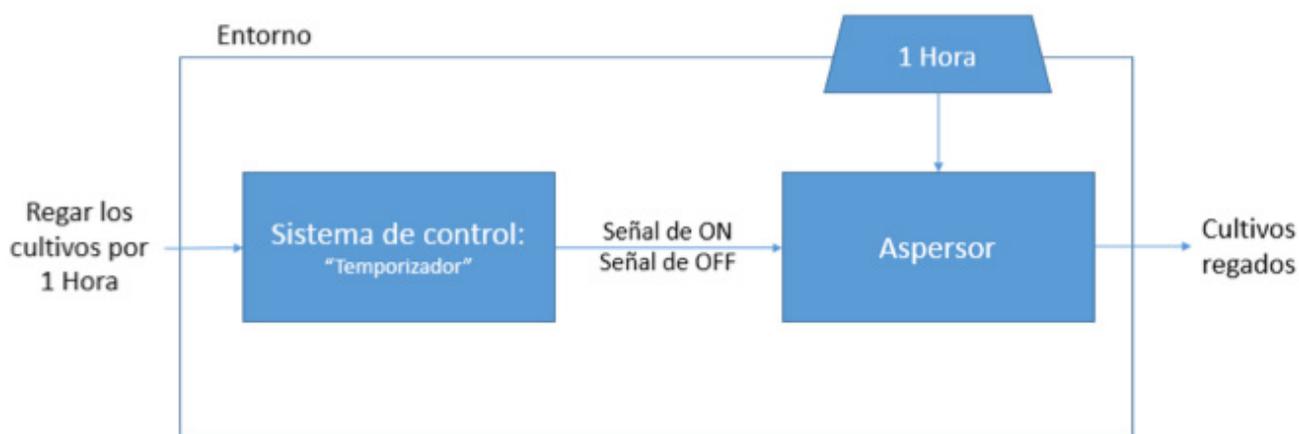


Figura 2. Sistema de control de lazo abierto
Fuente: Propia.

Características

La precisión de los resultados depende de la calibración del sistema de control.

Este tipo de control generalmente se ve en sistemas de control secuencial, en donde se realizan actividades previamente programadas en un orden específico o por medio de una tabla simple de decisiones.

En cada posible estado del parámetro, existe una reacción predefinida.

El valor de la salida no afecta ni se compara con el parámetro del sistema de control.

Sistemas de control de lazo cerrado

Son sistemas en los que el parámetro de control es afectado directamente por la salida obtenida del sistema, en este caso si hay retroalimentación, lo que permite ir afinando progresivamente el funcionamiento del sistema en función del parámetro que se desea controlar.

Por ejemplo:

Para un calentador de agua, su funcionamiento general es el siguiente, al abrir la llave, el paso del agua activa al sistema de control, este se encarga de medir la temperatura actual del agua y la compara con la temperatura indicada, cuando se detecta que la temperatura está por debajo del valor solicitado, el sistema de control activa los quemadores del calentador, los que empiezan a calentar el agua, constantemente el calentador mide la temperatura del agua e incrementa o disminuye la apertura de los quemadores para subir o bajar la temperatura del agua.

Para este ejemplo, el sistema de control se basa en el valor obtenido y se reconfigura para obtener el óptimo desempeño, veamos la figura 3.

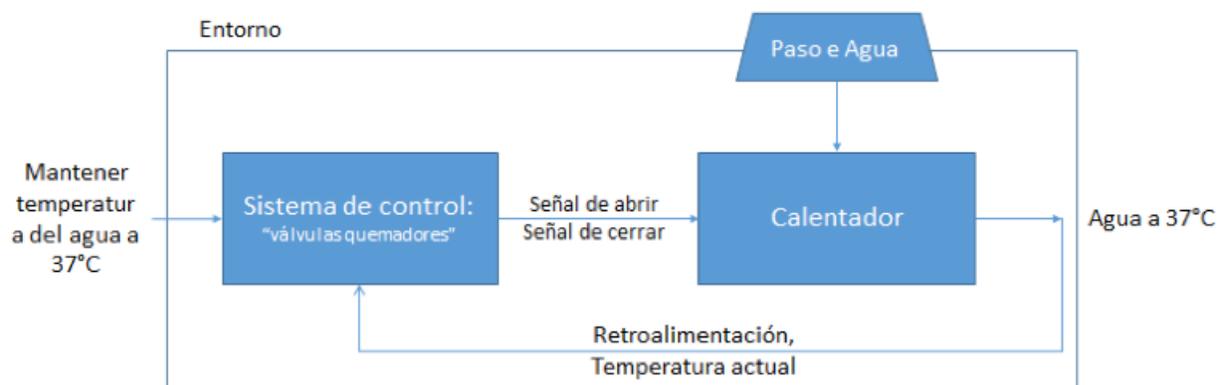


Figura 3. Sistema de control de lazo cerrado
Fuente: Propia.

Características

Implementa la función de retroalimentación para depurar el funcionamiento del sistema.

Es un sistema muy sólido y estable.

Su mecanismo es más complejo, costoso y requiere de más atención al momento de la implementación y un mayor mantenimiento.

Sensores

Los sistemas de control obtienen sus entradas por medio de sensores, es decir que éstos son los responsables de la retroalimentación.

Los sensores son dispositivos que convierten una señal de entrada en información útil para el sistema de control y que le permiten tomar decisiones sobre cómo actuar para lograr obtener las salidas esperadas.

En la actualidad los sensores se han desarrollado en gran medida, para múltiples usos y de diferentes maneras, dentro de los más comunes, existen:

- De contacto
- Ópticos
- De humedad
- Magnéticos
- Térmicos
- De presión

Veamos a continuación, en la Figura 4, la manera como entran los sensores a participar del mecanismo de control.

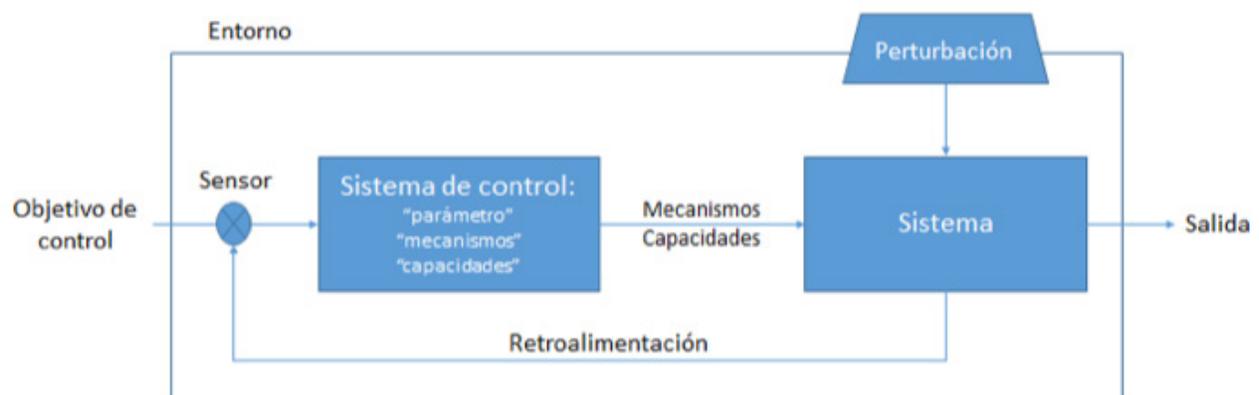


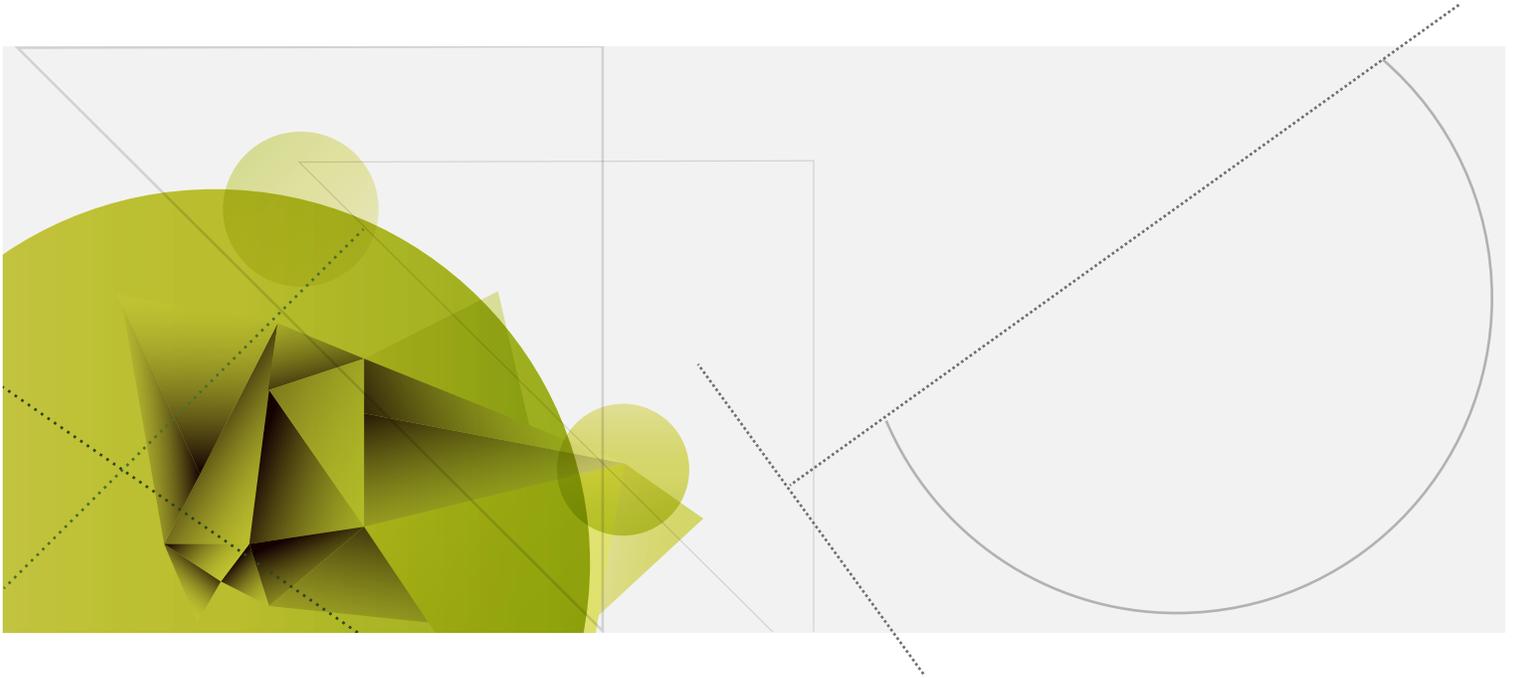
Figura 4. Sensores
Fuente: Propia.

Como se puede observar en la figura 4, el sensor se calibra de acuerdo a un objetivo de control, el cual sirve de interprete entre la retroalimentación del sistema y el sistema de control, se encarga de traducir las señales obtenidas de la salida de manera que se puede modificar para afinar los resultados futuros.

Bibliografía

- Aracil, J. (01 Marzo 1995). Dinámica de sistemas 3. ISBN: 84-68338.
- _____. Gordillo, F. (1997). Dinámica de sistemas. Alianza.
- Bertalanffy Von, L. (1976). Teoría general de los sistemas. México: Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Cazau, P. (2007). Diccionario de teoría general de los sistemas.
- Chiavenato, I. (1999). Introducción a la teoría general de la administración. 5° Edición. México, D.F.
- Cibanal, L. (2013). Tema 2: Teoría general de sistemas.
- García, J.M. (2014). Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas. ISBN 84-607-9304-4.
- Huertas, A. (2011). Modelo de dinámica de sistemas para el proceso de producción de la mandarina.
- Innova. (s.f.). Dinámica de sistemas.
- ITESM. (2012). Teoría general de sistemas.
- Johansen, O. (2002). Introducción a la teoría general de sistemas. ISBN: 968-18-1567-X. México, D.F: Editorial Limusa S.A.
- Kauffman, S.A. (1992). Anticaos y adaptación. Investigación y ciencia.
- López, P. (2010). Teoría general de sistemas de von Bertalanffy. (2010, 09).
- Marcelo, A, Ph.D. & Osorio, F. (2013). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas.
- Maturana Varela, F. (1973). De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo. (4ª edición de 1994). Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Mendoza, C. (2013). Diccionario de TGS.
- Moreno, M.A. (2011). ¿Qué es la Teoría General de Sistemas?
- Pedemonte, A. (2011). Caos: "A propósito de la teoría general de sistemas".
- Rivero, Perdomo, & Barón. (2007). Teoría general de sistemas.
- Solórzano, C. (s.f.). Arquetipos sistémicos.
- Torres, J. (1995). Introducción. Invitación a la lectura de la obra de Maturana. En H. Maturana (1995): La realidad: ¿objetiva o construida? I. Fundamentos biológicos de la realidad. Barcelona: Anthropos.
- Zamorano, H. (s.f.). Introducción a conceptos básicos de TGS.

Esta obra se terminó de editar en el mes de noviembre
Tipografía Myriad Pro 12 puntos
Bogotá D.C.,-Colombia.



AREANDINA
Fundación Universitaria del Área Andina

MIEMBRO DE LA RED
ILUMNO