

SESIÓN DE APRENDIZAJE N° 2

Sistemas Dinámicos de Primer Orden (I)

SISTEMAS DE REALIMENTACION.

INFLUENCIAS ENTRE VARIABLES.

Es la relación que se establece entre dos variables de estudio dentro de un sistema complejo.

Las relaciones de influencia pueden ser: positiva o negativa.

Influencia positiva (+), si una de las variables causa un efecto directamente proporcional en la otra variable.

Por ejemplo:

A más **oferta** más **demanda**.

A menos **Técnicas de Estudio** menos **Aprendizaje**.

A más **Ahorro en banco** más **ganancias**.

A más **alimentación** más **peso**.

Influencia Negativa (-), si una de las variables causa un efecto inverso en la otra variables.

Ejemplos:

A más **precio** menos **demanda**.

A más **muertes** menos **población**.

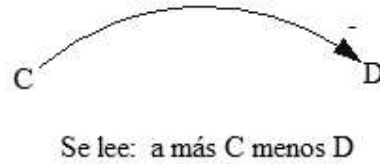
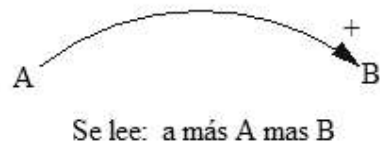
A menos **alimentación** más **desnutrición**.

Nota:

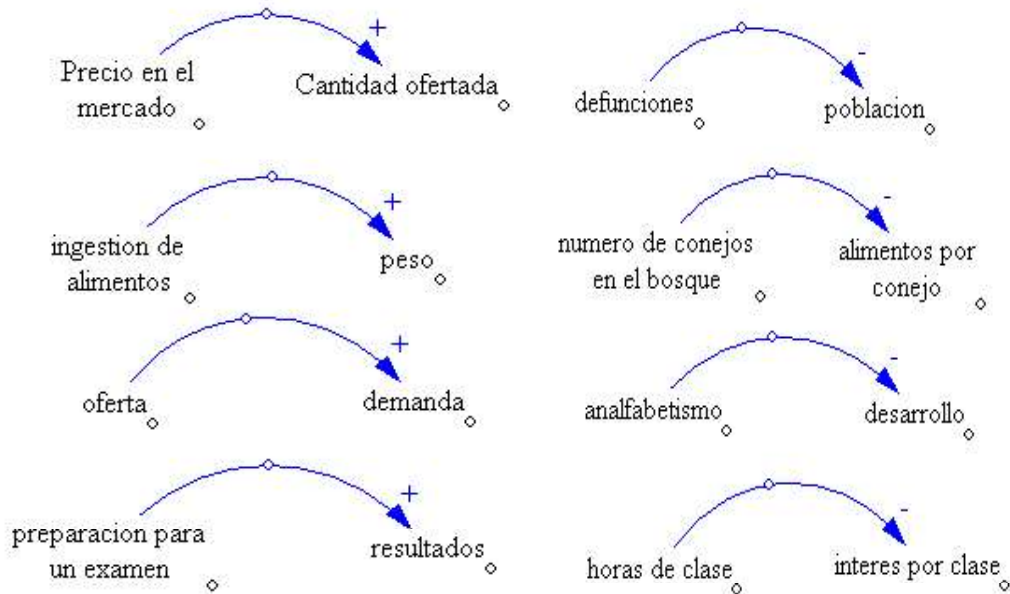
Para fines académicos cuando analicemos dos variables siempre partiremos de la expresión **a más** y a partir de ello definiremos el efecto que puede ser **más o menos** dependiendo si la influencia es positiva o negativa respectivamente.

Representación gráfica de las influencias.

Se representa mediante flechas (lineal o arcos) colocando en las puntas de la flecha la polaridad.



Ejemplos de influencias positivas y negativas.



BUCLAS DE REALIMENTACION O LAZOS DE REALIMENTACIÓN.

Un bucle de realimentación se da cuando una variable (causa) influye sobre otra (efecto) y esta a su vez influye sobre la primera. Formándose con ello un bucle de realimentación.

Los bucles de realimentación son de dos tipos: positivos o negativos.

Para determinar el tipo de bucle se establece una regla práctica: Cuando en el bucle existen solo influencias positivas o un número par de influencias negativas, entonces, será un **bucle positivo**. Si existe un número impar de influencias negativas, entonces, será **bucle negativo**.

Representación Gráfica:

Figura 1:

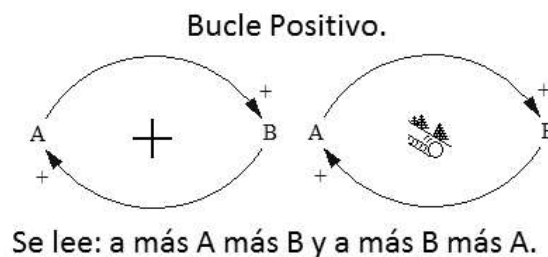


Figura 2:

Figura 3:

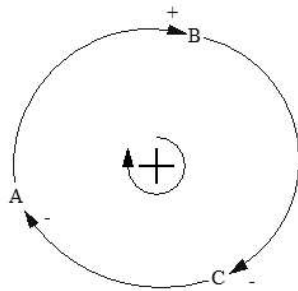
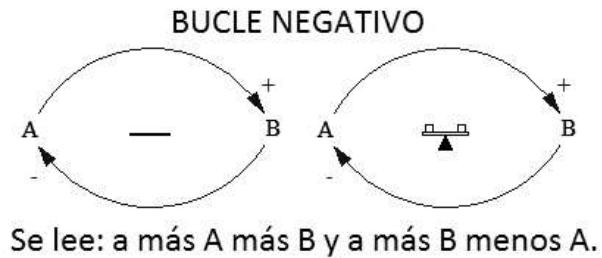
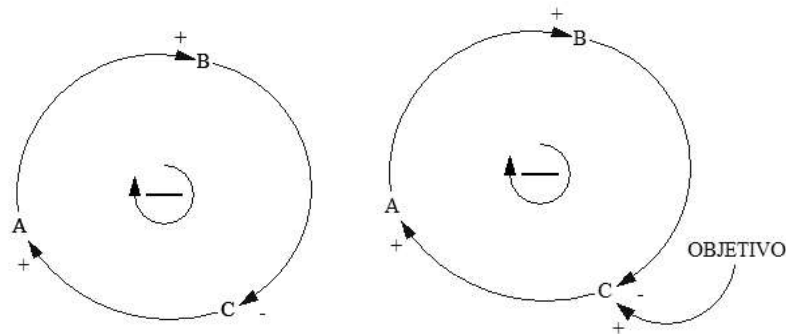


Figura 4:



BUCLE NEGATIVO QUE BUSCA UN OBJETIVO



SISTEMAS DINÁMICOS DE PRIMER ORDEN

Este tipo de sistemas dinámico posee un único nivel en su estructura y además pueden estar formados por bucles de realimentación positiva o por bucles de realimentación negativa.

Los sistemas de primer orden no presentan oscilaciones, ya que este tipo de sistemas solo cuenta con un nivel en su estructura, esto es que si el nivel con el que cuentan llega a un punto de equilibrio temporal difícilmente podrá salir de él. Para salir de esta situación es necesario que el flujo de salida del nivel dependiese de alguna otra variable que evolucione con el tiempo, lo que nos lleva a concluir que para que se produzcan oscilaciones se necesitan dos o más niveles; característica de los sistemas de segundo orden.

¿Qué es la Ingeniería de Sistemas?... Según Donald Drew

Método de resolución de problemas complejos donde figura la tecnología, sin estar limitado a ella, en el contexto de los entornos físicos, sociales, económicos y culturales en los que estos problemas existen; para ello se usan metodologías de utilidad actual y potencial en el proceso de toma de decisiones en los sectores públicos y privados.

Niveles Jerárquicos en la estructura de un sistema de realimentación.

- **Variable:** Es cantidad que puede cambiar en función del tiempo. Puede ser una variable de decisión o una cantidad que se ve afectada por dichas decisiones.

- **Enlace:** Es la relación causa – efecto entre dos variables ilustrada mediante una flecha en el diagrama causal.
- **Bucle de Realimentación:** Consiste en dos o más enlaces conectados de tal modo que, a partir de cualquier variable, se puede seguir las flechas y volver a la variable inicial. Puede incluir retardos.
- **Sistema de Realimentación:** Es uno o más bucles de realimentación conectados entre sí.

Características de los sistemas de realimentación.

- El orden del sistema de realimentación se determina por bucles de realimentación con el número máximo de variables de nivel en el bucle.
- El comportamiento de las variables en cada bucle de realimentación se puede propagar a través de la conexión, y afectar a otras variables de otros bucles dentro del sistema de realimentación.
- La cantidad de bucles de realimentación determina la complejidad de organización del sistema.

REALIMENTACION POSITIVA DE PRIMER ORDEN.

Relaciona a fenómenos de crecimiento, con comportamiento explosivo, el caso de un crecimiento desmedido en la población, es un ejemplo de un sistema de primer orden positivo.

- Una variable, se realimenta a sí misma continuamente para reforzar su propio crecimiento o colapso.
- Un cambio inducido en cualquier variable del bucle sólo puede conllevar el refuerzo o aceleración del cambio inicial.
- Se les llama también: efecto de arrastre, el efecto bola de nieve y círculo vicioso.
- Se determina en función al número de influencias: si todos son positivos o si existe un número par de influencias negativas.

Ejemplo 1: Construcción de autopistas.

La variable *Autopistas* es incrementada por *Construcción de Autopistas* y reducida por *Abandono de Autopistas* que es una constante *C*, pero *Construcción de Autopistas* se incrementa cuando aumenta los *Ingresos de Autopistas*, y baja cuando aumente los *Costes de Construcción*. Los *Ingresos de Autopistas* varían directamente con *Autopistas*, *Ingresos Generados por Vehículo/milla*, y *Volumen Anual de Tráfico*.

Diagrama Causal 1: Modelo Construcción de Autopistas

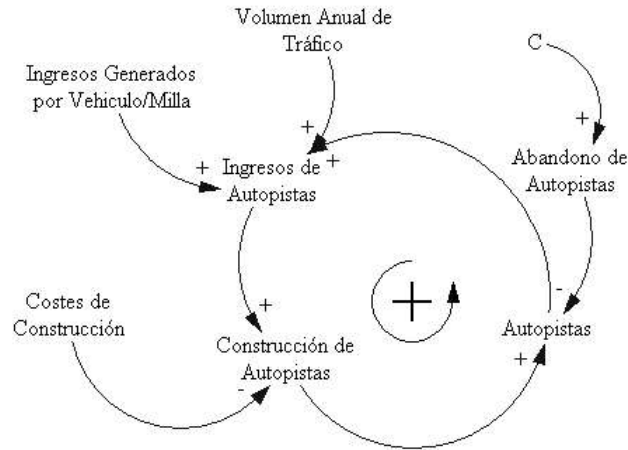
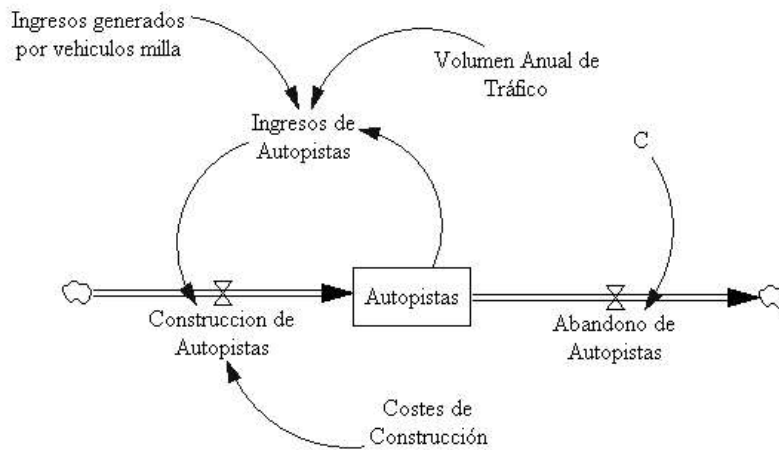
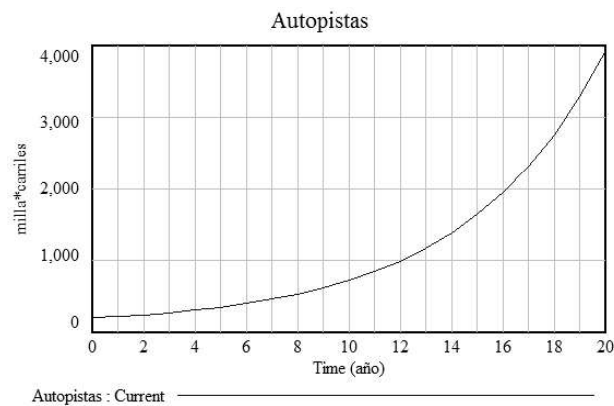


Diagrama Forrester: Modelo Autopista



Comportamiento del Modelo Autopista

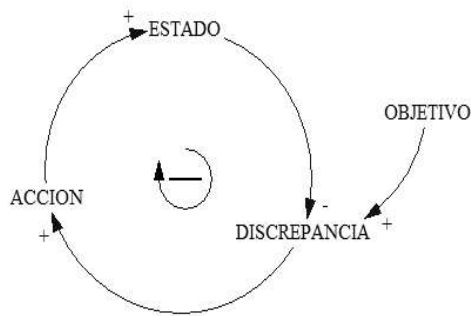


REALIMENTACION NEGATIVA DE PRIMER ORDEN.

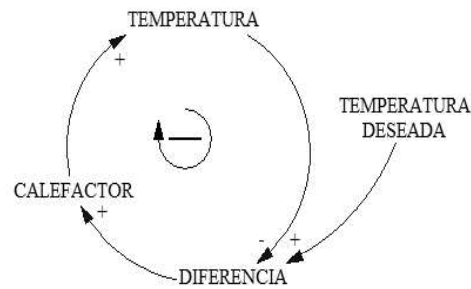
Estos sistemas se caracterizan por tener un comportamiento determinado por un objetivo. Los sistemas de realimentación negativa también son llamados sistemas autorreguladores y homeostáticos. En su comportamiento está implícito la definición de un objetivo, el cual se determina externamente, por lo tanto, es una variable exógena. El nivel es el objeto de control que representa la acumulación de todas las acciones pasadas, además este solo puede ser variado por medio del flujo.

- Tienen una mayor variabilidad en sus posibilidades de comportamiento que los bucles positivos.
- Actúa para contrarrestar la dirección del cambio inicial en cualquiera de sus variables. Pero se observan formas diferentes de fluctuación o comportamientos tendentes al equilibrio, cuando se pasan de sistemas de primer orden a sistemas de segundo orden.
- Estos sistemas se caracterizan por tener un comportamiento determinado por un objetivo.
- Los sistemas de realimentación negativa también son llamados sistemas autorreguladores y homeostáticos.
- Tiene la notable propiedad de que si, por una acción exterior, se perturba alguno de sus elementos, el sistema, en virtud de su estructura, reacciona tendiendo a anular esa perturbación.
- En su comportamiento esta implícito la definición de un objetivo, el cual se determina externamente, por lo tanto, es una variable exógena.
- El nivel es el objeto de control que representa la acumulación de todas las acciones pasadas, además este solo puede ser variado por medio del flujo.
- Se determina de acuerdo al número de influencias: son negativos si y solo si existen un número impar de influencias negativas.
- Los sistemas de realimentación negativa de primer orden pueden contener más de un bucle de realimentación negativa.

DIAGRAMA BASICO DE UN BUCLE DE REALIMENTACION NEGATIVA



ESTRUCTURA DE REALIMENTACION NEGATIVA DEL PROCESO DE REGULACION DE TEMPERATURA



•

Ejercicio: *Elaborar el diagrama para recoger un lápiz, detectando mediante la vista la discrepancia entre las posiciones de la mano y del lápiz.*

Caso 2: Modelo de Control de almacenamiento de agua.

Considerar un depósito como los que pueden ser utilizados en una ciudad pequeña. El depósito se llena mediante cañerías que provienen de una estación de bombeo, y a su vez da agua a la ciudad a través de una red de distribución. El tanque del depósito tiene un área de 2500 pies cuadrados y una altura de 30 pies, con una capacidad de almacenamiento de 75000 pies cúbicos. Se considera que una altura de agua de 25 pies es conveniente para el almacenamiento de emergencia y para garantizar una presión adecuada en las redes de distribución. El depósito está provisto de un sistema automático de control para regular el flujo de entrada, de forma que la discrepancia entre la altura real y la deseada estaría conectada con una constante de tiempo igual a 10 minutos. Se supone que el ritmo de salida es una constante igual a 1000 pies cúbicos por minuto. Inicialmente el depósito tiene una altura de cinco pies.

Diagrama Causal 2: Modelo del Depósito

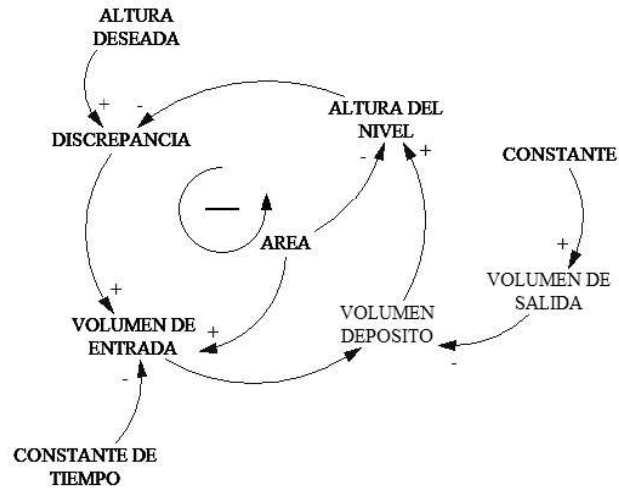
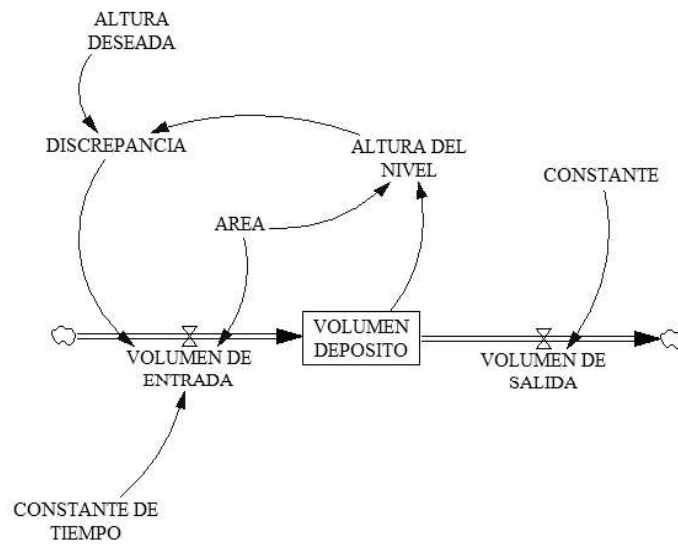
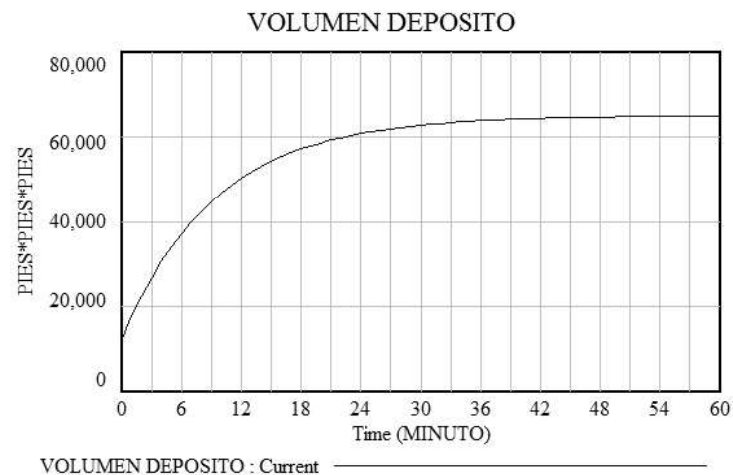


Diagrama Forrester 2: Modelo Depósito

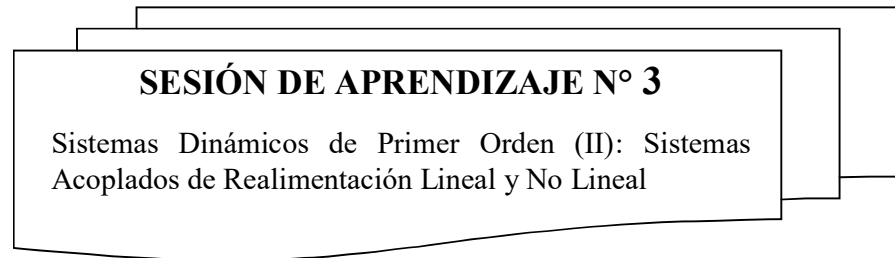


COMPORTAMIENTO DEL MODELO DEPOSITO



Trabajo de aplicación:

Identificar bucles de realimentación positiva y negativa en el sistema del mundo real y representarlo gráficamente.

**SISTEMAS ACOPLADOS****SISTEMAS ACOPLADOS DE REALIMENTACION LINEAL.**

- Se determina la estructura de un bucle de realimentación por la secuencia de niveles y tasas de cambio alternos.
- El orden del bucle corresponde al número de niveles en el bucle.
- Las ecuaciones del nivel son ecuaciones integrales, debido a que acumulan las tasas de flujo.
- El comportamiento dinámico surge del proceso de integración, que puede producir una forma y una posición en el tiempo diferentes a los de la velocidad de entrada.

CASO 3: MARKETING.

Un esfuerzo en el campo del Marketing se logra mediante la contratación de Vendedores que son el motor que impulsa el crecimiento de ventas. El ritmo de contratación de vendedores, que es la cantidad de vendedores contratados por mes, ajusta el número real de vendedores, a la plantilla de vendedores deseados, mediante la comparación del número real y del número deseado de vendedores. El tiempo necesario para corregir esta discrepancia es tiempo de ajuste de la plantilla de vendedores, que se expresa en meses. El número de pedidos recibidos, (unidades por mes), depende del número de vendedores y de la eficacia de ventas, que se define como las unidades del producto vendidas cada mes por cada vendedor. El presupuesto para los gastos mensuales de los vendedores se calcula multiplicando los pedidos por el ratio de ingresos a ventas, que son los dólares por unidad que se asignan al coste de ventas. La plantilla de vendedores deseada varía y se determina dividiendo el presupuesto mensual por el sueldo medio del vendedor. En otras palabras, la plantilla de vendedores deseada es el número que se puede justificar por el ritmo actual de nuevos pedidos.

Diagrama Causal 3: Modelo Marketing

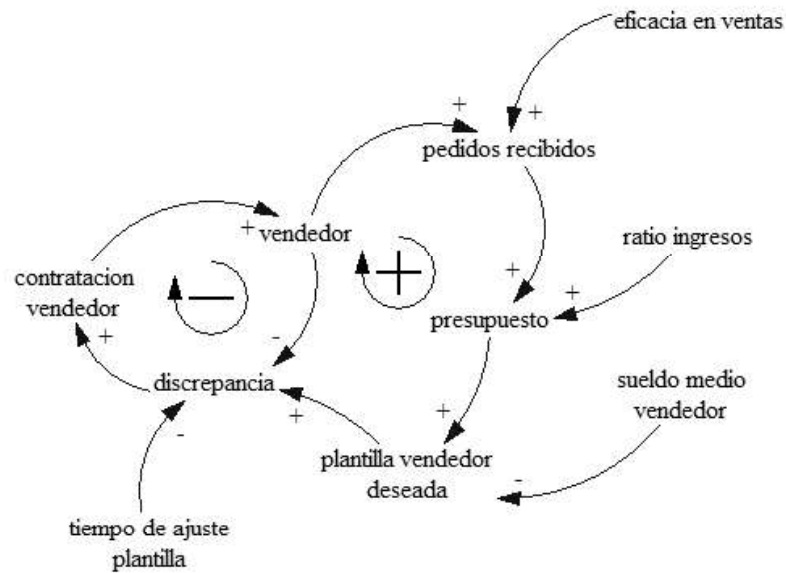
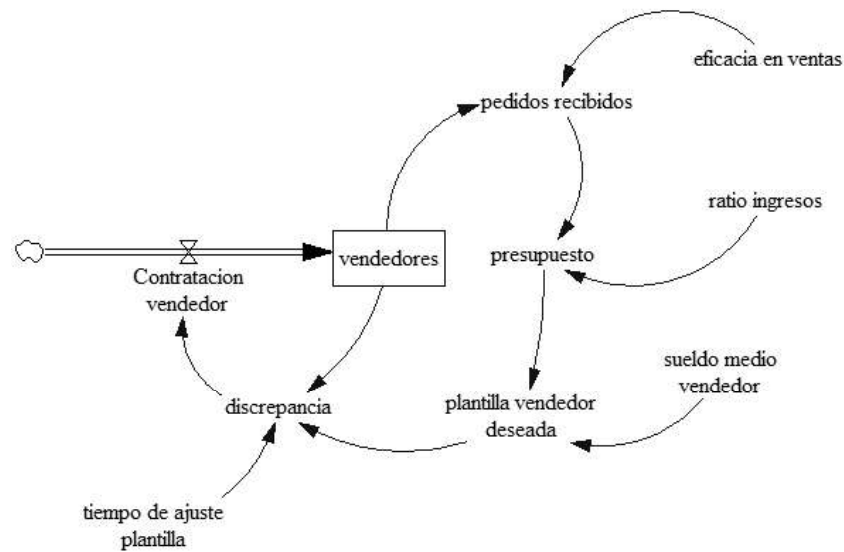
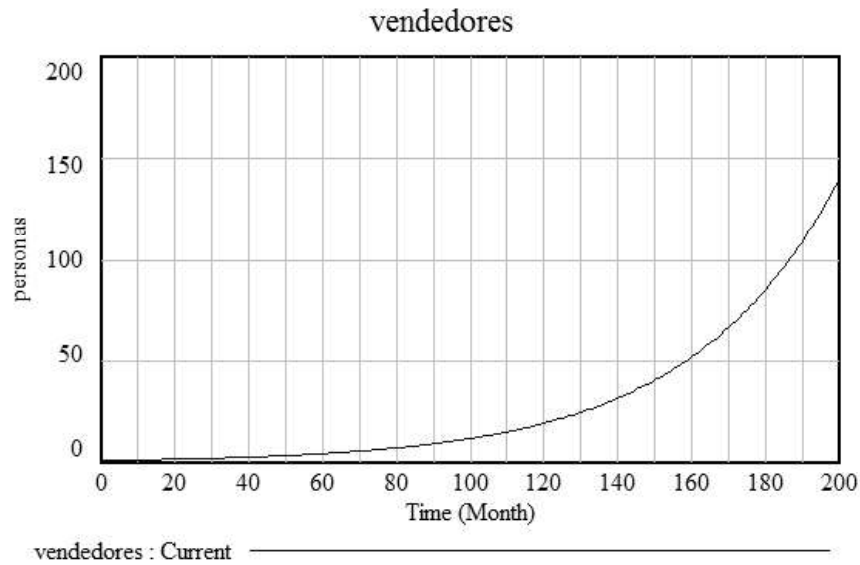


Diagrama Forrester: Modelo Marketing



Comportamiento del Modelo Marketing



SISTEMAS ACOPLADOS DE REALIMENTACION NO LINEAL

Este tipo de crecimiento se caracteriza por tener en su régimen transitorio dos fases, una de ellas en crecimiento exponencial y la otra en decrecimiento asintótico. La realimentación positiva que genera el crecimiento exponencial, se estrecha por la realimentación negativa, que conduce a la estabilización del crecimiento. Esto es que todo proceso exponencial pasa por un proceso estabilizador que limita el crecimiento. Lo anterior indica que el crecimiento exponencial sostenido no existe en el mundo real.

El crecimiento en **S** se encuentra ampliamente en la realidad, por ejemplo, en estudios ecológicos, áreas sociales, la urbanización de cierta área, los rumores, epidemias, el crecimiento celular de una planta, la saturación del mercado, la religión, la difusión de una moda, incluso el desarrollo físico y mental de un niño muestran un crecimiento en **S**.

Considerar la siguiente descripción:

Supongamos que el número de unidades industriales se incrementa con la construcción y decrece con la demolición. El ritmo de demolición depende del número de industrias y de la vida útil de las mismas. El ritmo de construcción también depende del número de industrias, de la disponibilidad de suelo y del atractivo de la zona debido a la interacción con otras industrias.

Diagrama causal.

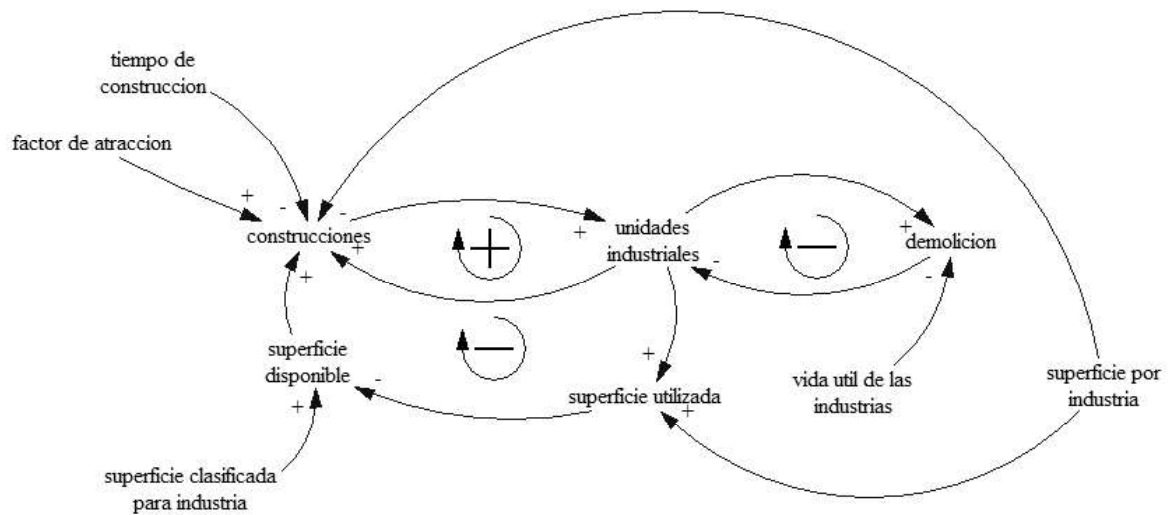
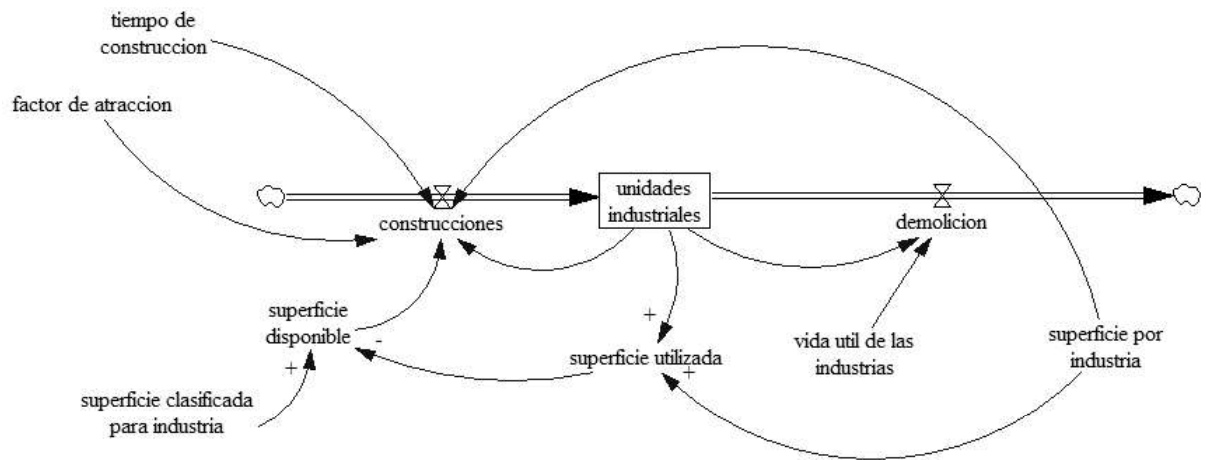
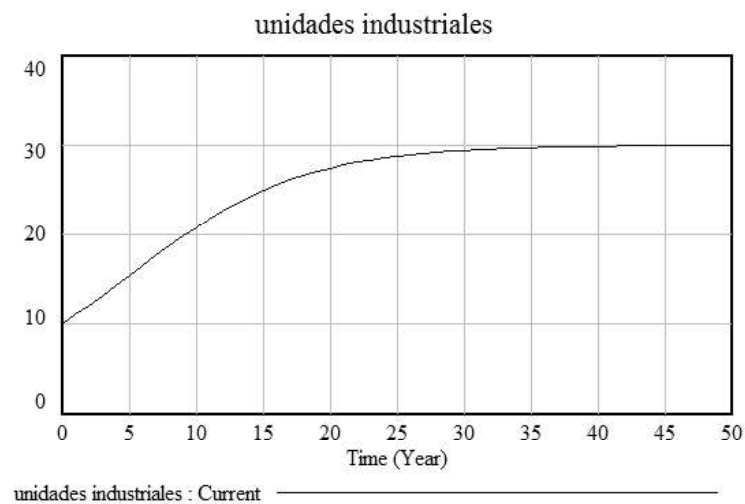


Diagrama Forrester.



Comportamiento del Sistema.



CASO: CRECIMIENTO POBLACIONAL.

Se pretende estudiar el tamaño de la población óptima sabiendo las siguientes consideraciones:

La población (inicio=2000 personas) es afectada por los nacimientos y muertes. Según los estudios estadísticos se sabe que los nacimientos se han venido registrando a un ritmo del 5% por año. Se dispone de un área de 120000 metros cuadrados y el requerimiento de área por persona es de 2 metros cuadrados. Estos datos sirven para determinar la capacidad de habitantes que podrían vivir en la zona.

Las muertes se determina teniendo dos aspectos: la vida promedio de una persona y el efecto en las muertes producto del hacinamiento.

El hacinamiento es un factor que se obtiene entre la población y la capacidad de habitantes. El efecto en la muerte es una tabla que está en función del factor de hacinamiento.

Factor hacinamiento	Efecto en la muerte
0.25	1
0.5	1.25
0.75	1.45
1	1.8
1.25	2.3
1.5	3.2
2	5

Desarrolle el diagrama causal y forrester y realice la simulación.

DIAGRAMA CAUSAL.

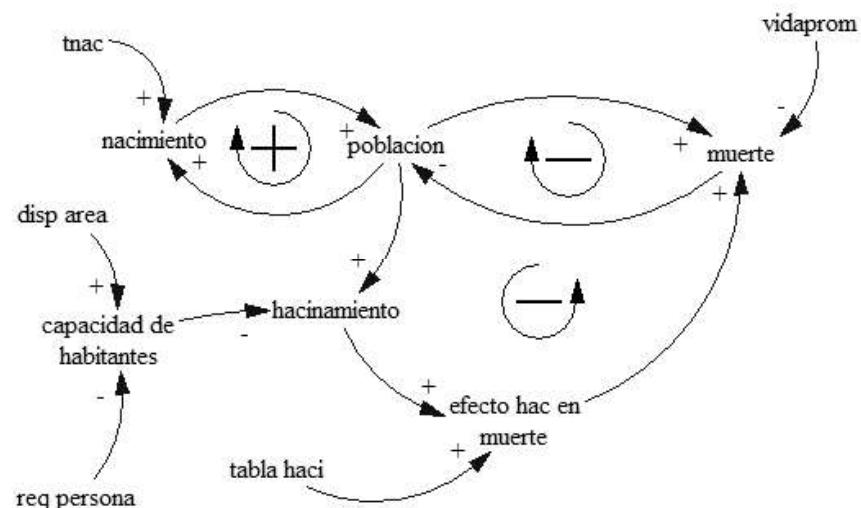
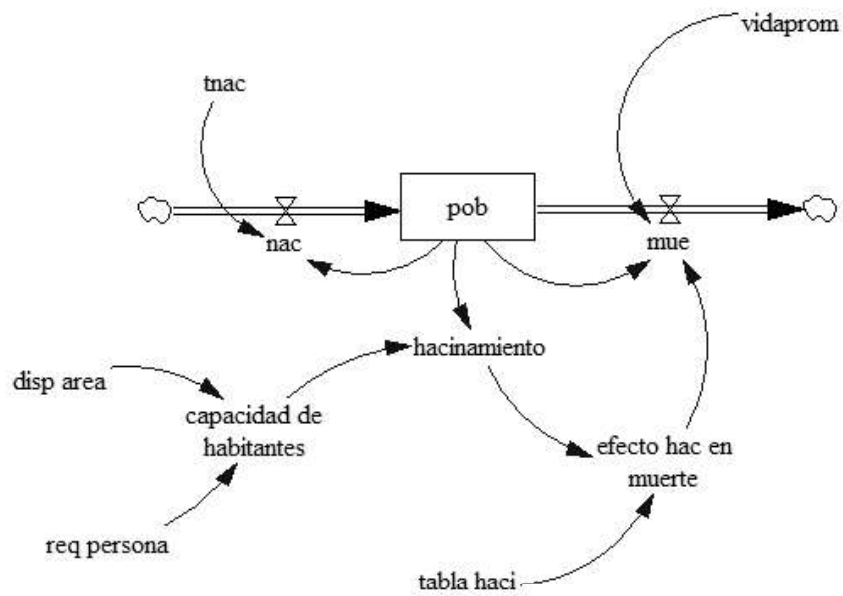
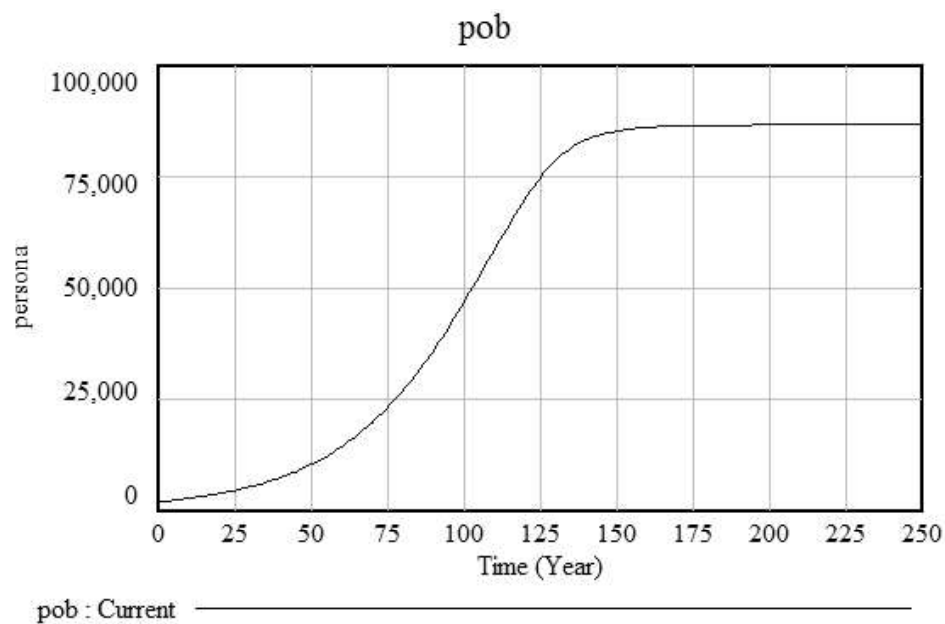


DIAGRAMA FORRESTER.



CONDUCTA DEL SISTEMA CRECIMIENTO POBLACIONAL.



SESIÓN DE APRENDIZAJE N° 4

Sistemas Dinámicos de Segundo Orden

SISTEMAS REALIMENTADOS DE SEGUNDO ORDEN

- Todos los bucles de realimentación positiva o negativa de primer orden generan una respuesta en el tiempo de forma exponencial. Los bucles de realimentación negativa de orden más elevado pueden generar un comportamiento sinusoidal.
- En los bucles de realimentación positiva las variables del sistema interactúan y se realimentan entre si, lo que lleva al crecimiento o declive exponencial de ambas variables. Cada variable actúa como estímulo para la respuesta de la otra.
- Los bucles de realimentación positiva se puede clasificar desde dos perspectivas:
 - Bucle de Acción – Reacción.
 - Bucle de posicionamiento interno.

Ejemplo: Tren Gravitacional Tubular.

Con el logro de velocidades más elevadas en los sistemas de transporte terrestre, aumentan los problemas de seguridad, de contaminación medioambiental y de obtención de derechos de paso. Estos problemas podría solventarse con el concepto del tren gravitacional tubular, en el que una capsula viajaría por un tubo muy por debajo de la superficie de la tierra. La gravedad aceleraría o desaceleraría la capsula.

Diagrama Causal: Tren Gravitacional Tubular

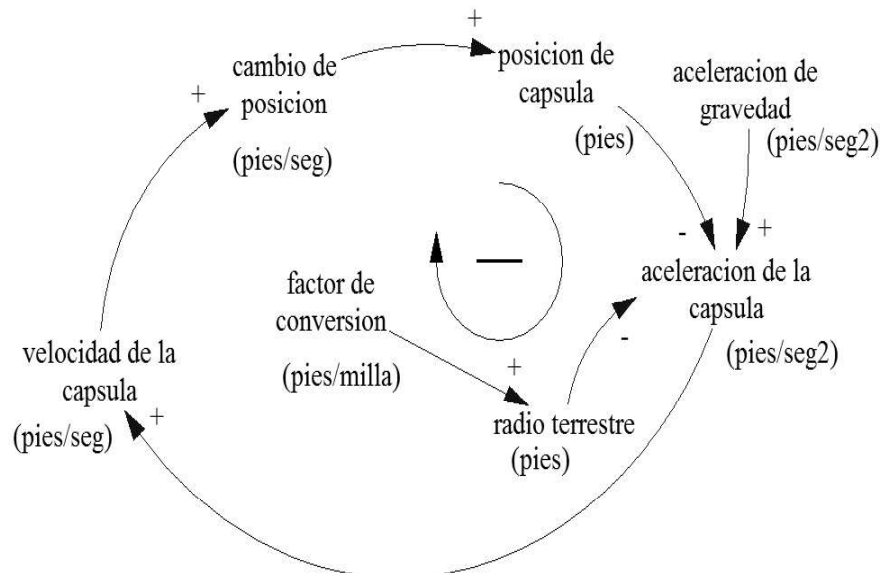
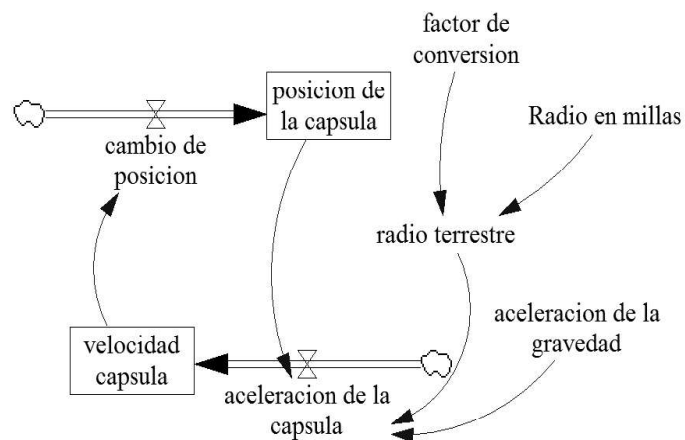
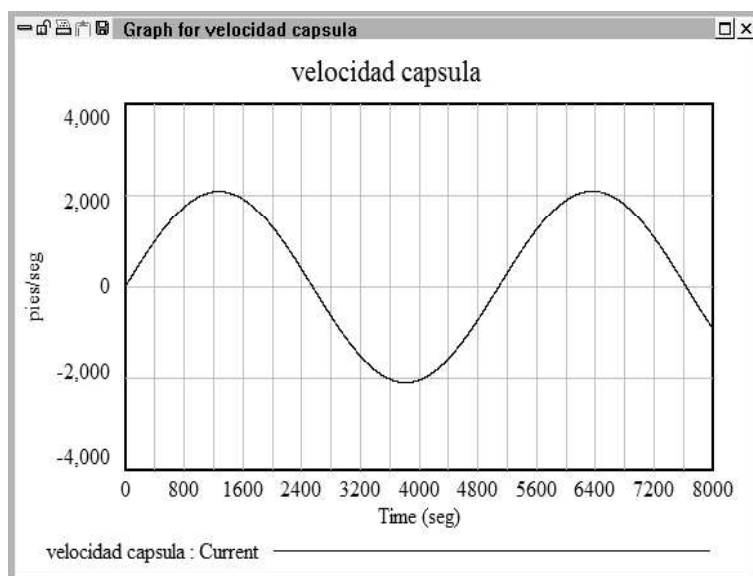
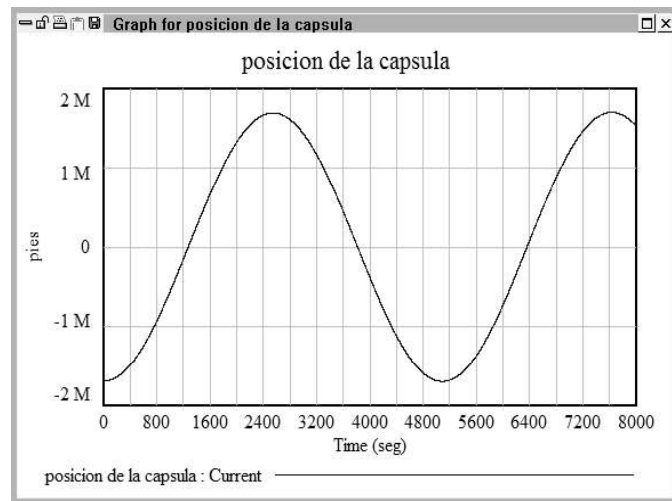
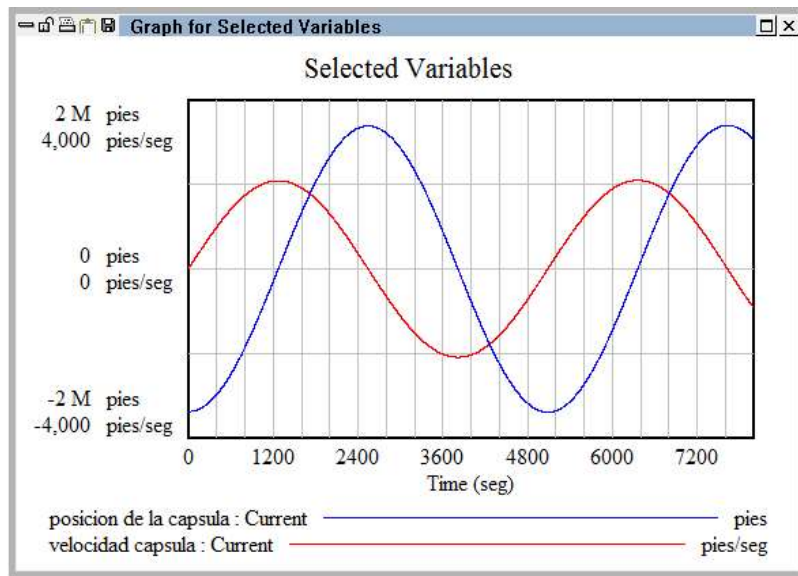


Diagrama Forrester: Tren Gravitacional Tubular



Comportamiento: Tren Gravitacional Tubular





Actividad:

Leer el libro Dinámica de Sistema Aplicada de Donald R. Drew.

Hasta la pagina 66.