

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA



**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS
E INFORMÁTICA**



“SISTEMAS COMPLEJOS”

INFORME DE TRABAJO PRÁCTICO DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMATICA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
LUIS ALFREDO RICOPA BARDALES**

**IQUITOS –PERÚ
2015**



1. RESUMEN

El presente proyecto tiene la finalidad de investigar y brindar información teórica específica de ciertos aspectos principales de los sistemas complejos para familiarizarnos con el tema y comprender la importancia de su estudio para la humanidad y el ambiente que nos rodea.

Mediante este proyecto se pretende conocer en forma general: la definición, las características, los componentes y la importancia de los sistemas complejos, también se pretende simular un caso determinado sistema complejo, utilizando la metodología de Dinámica de Sistemas, para un mejor entendimiento del tema y familiarizarnos con su enfoque de aplicación.



2. ABSTRACT

This project aims to investigate and provide v Specific Information Main Certain Theoretical Aspects of Complex Systems to become familiar with the topic and understand the importance of their study for Humanity and the environment that surrounds us . This project is to know in a general way : the definition , features, components and Importance of Complex Systems, also is intended to simulate a particular case complex system , using the methodology of System Dynamics , para UN better understanding of acquainted with the subject and implementation approach .



3. INDICE

3.1. Índice de Contenidos

• Justificación.....	Pág. 07
• Objetivos.....	Pág. 08
• Desarrollo del tema.....	Pág. 09
○ Definición de sistemas complejos.....	Pág. 09
○ Características de un Sistema Complejo.....	Pág. 09
▪ La primera.....	Pág. 09
▪ La segunda.....	Pág. 10
▪ La tercera.....	Pág. 10
○ Componentes de un Sistema Complejo.....	Pág. 10
▪ Límites.....	Pág. 11
▪ Elementos.....	Pág. 12
▪ Estructura.....	Pág. 14
○ Importancia del estudio del sistema complejo.....	Pág. 15
○ Como crear un modelo utilizando La metodología de dinámica de sistemas.....	Pág. 15
▪ Crear El Diagrama Causal.....	Pág. 15
✓ Definir el problema.....	Pág. 16
✓ Definir las influencias de primer orden.....	Pág. 16
✓ Definir las influencias de segundo orden.....	Pág. 16
✓ Definir las influencia de tercer orden.....	Pág. 16
✓ Definir las relaciones.....	Pág. 17
✓ Identificar los bucles de realimentación.....	Pág. 17
✓ Depurar las influencias no relevantes.....	Pág. 17
▪ Crear el diagrama de flujo.....	Pág. 18
✓ Caracterizar los elementos.....	Pág. 18
✓ Escribir las ecuaciones.....	Pág. 18
✓ Asignar valores a los parámetros.....	Pág. 18
▪ Crear una primera versión del modelo.....	Pág. 19
✓ Estabilizar el modelo.....	Pág. 19
✓ Identificar los elementos clave.....	Pág. 19
✓ Simular.....	Pág. 19
✓ Escribir Las Conclusiones.....	Pág. 19
○ Simulación – Caso Dinámica De Un Depósito.....	Pág. 20
○ Conclusiones.....	Pág. 27



- Referencia bibliográfica..... Pág. 28
- Anexos..... Pág. 29
 - Imagen del Software de simulación..... Pág. 30
 - cuadro de variable (box variable)..... Pág. 31
 - Imagen de Flujos..... Pág. 32
 - Imagen de Bucles y constantes..... Pág. 32
 - Cuadro de fórmulas e iconos de diagramas..... Pág. 33



3.2. Índice de Cuadros

• Cuadro 1: valores del estado actual del sistema.....	Pág. 22
• Cuadro 2: Flujos de entrada del sistema.....	Pág. 22
• Cuadro 3: Flujos de salida del sistema.....	Pág. 23
• Cuadro 4: Constantes de salida del sistema.....	Pág. 23
• Cuadro 5: Controles del sistema.....	Pág. 23

3.3. Índice de figuras

• Figura 1: Diagrama Causal (bucles).....	Pág. 21
• Figura 2: Diagrama De Flujos.....	Pág. 22
• Figura 3: Diagrama Resultado, Cuando El Ritmo Es Constante.....	Pág. 24
• Figura 4 diagrama resultado, Con 1/20 de volumen de entrada.....	Pág. 25
• Figura 5 diagrama resultado, cuando el volumen inicial del depósito es 80 litros y otro de 50 litros.....	Pág. 26



4. JUSTIFICION

Actualmente el estudio de los sistemas ya no se limita solamente a los factores que solo influyen directamente en ellos, conforme pasaban los tiempos varios analistas de sistemas se dieron cuenta, mediante estudios más específicos, que el verdadero problema de un sistema no radica en las variables que influyen directamente, sino, en factores que provenían indirectamente de sus elementos que lo conformaban, en ese momento la solución de problemas de sistemas se volvió más complejo y su estudio específico por cada elementos se hizo parte de la investigación para la resolución de problemas de los sistemas. Los sistemas complejos actualmente se aplican a diferentes áreas de estudio, como las industrias, la economía, la naturaleza, la sociedad, etc. por ende, es importante conocer los sistemas complejos y familiarizarnos más con el tema para así elegir una metodología para su modelamiento.



5. OBJETIVOS

5.1. **Objetivo General**

Entender y conocer el comportamiento de un sistema complejo y hacer simulación simple, para el rápido entendimiento, con la metodología de la dinámica de sistemas.

5.2. **Objetivos Específicos**

- ✓ Investigar que son los sistemas complejos.
- ✓ Investigar las características de los sistemas complejos.
- ✓ Investigar cuales son los componentes principales de los sistemas de los sistemas complejos.
- ✓ Investigar cómo está estructurado los sistemas complejos.
- ✓ Investigar cual es la importancia que posee el estudio de los sistemas complejos.
- ✓ Investigar sobre los principales procedimientos para la simulación de un sistema complejo con la dinámica de sistemas.
- ✓ Hacer una simple simulación utilizando la metodología de dinámica de sistemas.



6. DESARROLLO DEL TEMA

6.1. TEORÍA DE LA TEMÁTICA

7.1.1 Definición de los Sistemas Complejos.

Un sistema complejo está compuesto por varias partes interconectadas o entrelazadas cuyos vínculos crean información adicional no visible antes por el observador.

Ningún sistema está dado en el punto de partida de la investigación. El sistema no está definido, pero es definible. Una definición adecuada solo puede surgir en el transcurso de la propia investigación y para cada caso particular. Ninguna explicación sobre el comportamiento de un sistema será aceptable si las constataciones empíricas las refutan, si las observaciones y los hechos que se intentan interpretar no concuerdan con las afirmaciones de la interpretación propuesta.

7.1.2 Características de un Sistema Complejo

En definitiva, estamos hablando de sistemas que comparten básicamente tres características esenciales:

- a) **La primera** de ellas es que están compuestos por variables sensiblemente dependientes de las condiciones iniciales de una línea evolutiva determinada. Esto es, que dados dos sistemas similares o idénticos, en un estado particular de una línea de evolución similar o idéntica, y conociendo la función de la evolución de esos sistemas, de acuerdo al modelo de causa-efecto lineal, podremos inferir en un estado de evolución posterior las características de los sistemas, y ambas serán similares o idénticas.
- b) **Una segunda** característica de los sistemas complejos tiene que ver con la no linealidad de las causas y los efectos. El viejo problema del huevo y la gallina. La organización, está inserta en un medio, al cual condiciona de diversas maneras (a través de su producción, a través de las pautas culturales que impone a los individuos que la integran, quienes por otro lado



también integran el medio, etc.). Pero, por otro lado, las características de la organización son en parte producto del medio que la condiciona. Produce para la sociedad, pero al mismo tiempo es producida por ella.

- c) **La tercera** característica tiene que ver con las formas complejas que adoptan, que plantea a su vez la problematización de la escala de medición. ¿Qué significa esto? Veamos: Las ciencias formales nos permite una aproximación lateral para comprender este fenómeno. Es decir, que cuanto más aumentamos la precisión con respecto a un objeto de estudio dado, aumenta el grado de indefinición del mismo.

7.1.3 Componentes de un Sistema Complejo

Investigar uno de los tales sistemas significa estudiar un trozo de la realidad que incluye aspectos **físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos**. Es obvio que hay múltiples formas de abordar estos sistemas, dependiendo de los objetivos que se persigan en cada programa concreto de estudio. No es obvio, sin embargo, como se debe definir con precisión el sistema, una vez fijados los objetivos de la investigación.

El punto de partida está dado por el marco epistémico, que establece el tipo de pregunta o conjunto coherente de preguntas que especifican la orientación de la investigación. En general, es posible formular una pregunta básica o preguntar conductora, que guíe la selección de los componentes del sistema (es decir, los elementos límites del sistema, y sus interrelaciones, tanto internas como externas).

a) **Limites.**

Los sistemas complejos que se presentan en la realidad empírica carecen de límites precisos, tanto en su extensión física, como en su problemática. De aquí la inevitabilidad de establecer “recortes” o de imponer límites más o menos arbitrarios para poder definir el sistema que uno propone estudiar. Esto plantea dos problemas estrechamente relacionados:



- ✓ La definición de los límites en forma tal que reduzca al mínimo posible la arbitrariedad en el recorte que se adopte.
- ✓ La forma de tomar en cuenta las interacciones del sistema, así definido, con el “medio externo” o, dicho de otra manera, la influencia de lo que queda “afuera” sobre lo que queda “adentro” del sistema, y recíprocamente.

Es fundamental aclarar, desde un comienzo, que la referencia a “límites” no supone, en modo alguno, que se trata solamente de fronteras físicas. El término “límite”, así como sus correlativos “adentro” y “afuera”, incluye también la problemática que se va a estudiar y el aparato conceptual que se maneja, así como el tipo de fenómenos con sus escalas espaciales y temporales. Por ejemplo, cuando se estudian las transformaciones que sufre el medio físico por cambios en la tecnología utilizada en los procesos productivos, las modificaciones de suelo en escala geológica quedan (por lo menos en principio) “afuera” del sistema.

Cuando se establecen los “límites” del sistema, se comienza, sin duda, por las fronteras **geográficas** (un país, una región, una selva, una urbe), para luego proseguir con otros tipos de límites menos obvios. Pueden establecer límites entre formas de **producción**, de **organización económica** o de **culturas** que coexisten en una región, algunas de las cuales no son pertinentes para el estudio o lo son con menor prioridad y pueden, por consiguiente, dejarse “afuera”.

Dejar “afuera” de los límites del sistema no significa necesariamente dejar fuera de consideración. En los casos en que aquello que quedó “afuera” interactúa de alguna manera con lo que quedó “adentro”, su acción se toma en cuenta a través de las **condiciones de contorno o condiciones en los límites**. Tales condiciones se especifican en forma de *flujos* (de materia, de energía, de créditos, de información, etc.) el factor más importante que se debe tener en cuenta es el estudio de tales flujos es su **velocidad de cambio**.

La velocidad de cambio está estrechamente relacionada con la escala temporal de los fenómenos que desean estudiar. Cambios en las condiciones en los límites que son muy lentos *con respecto a esa escala de tiempo*, pueden ser representados, en primera aproximación, como constante. Si, por el contrario, las condiciones varían o fluctúan significativamente dentro de esa escala, es necesario estudiar minuciosamente esas variaciones por



cuanto ellas pueden determinar reorganizaciones más o menos profundas del sistema en su conjunto.

b) Elementos

Los componentes de un sistema son interdefinibles, es decir, no son independientes, sino que se determinan mutuamente. La elección de los límites debe realizarse en forma tal que aquello que se va a estudiar presente cierta forma de organización o estructura. Como la estructura está determinada, a su vez, por el conjunto de relaciones, está claro que el sistema debe incluir aquellos elementos entre los cuales se han podido detectar las relaciones más significativas. Los otros elementos quedan “afuera”. Las interrelaciones entre ellos y los elementos que quedan dentro determinan las condiciones de los límites.

Los elementos del sistema suelen constituir “unidades” también complejas (*subsistema*) que interactúan entre sí. Las relaciones entre los *subsistemas* adquieren importancia fundamental no solamente porque, como ya se ha dicho, ellas determinan la *estructura* del sistema (que conviene insistir está dada por el conjunto de relaciones, no por los elementos).

Dichas interrelaciones cumplen también otra función en la medida en que los subsistemas de un sistema son susceptibles de ser analizados, a su vez, como sistemas en otro nivel de estudio. En tal caso, las interrelaciones entre ellos constituyen las condiciones en los límites para cada subsistema. Debe subrayarse, sin embargo, que algunas formas de interrelación entre elementos de un sistema no constituyen flujos en sentido estricto. Esta observación se torna importante cuando se intenta aplicar modelos tipo “*input-output*” en los cuales dichas relaciones quedan excluidas.

Ningún estudio puede abarcar la totalidad de las relaciones o de las condiciones de contorno dentro de un sistema complejo (aun en el supuesto de que tenga sentido hablar de tal “totalidad”). Una vez más se presenta, entonces, la necesidad de criterios de selección.

Para la determinación de los subsistemas de un sistema es de fundamental importancia definir las escalas espaciales y temporales que se están considerando.



- 1) *Escalas de fenómenos.* Una de las dificultades que se presenta en los estudios empíricos es la distinción entre escalas de fenómenos que, aunque coexiste e interactúan, tienen una dinámica propia, **por ejemplo**, en el estudio de la atmósfera, las **nubes convectivas**, las **ondas de sotavento** sobre una montaña o los ciclones tropicales, pertenecen a escalas de fenómenos cuya dinámica difiere de la que corresponde a los grandes sistemas de circulación general de la atmósfera (anticiclones, ciclones de latitudes medias, ondas largas de la troposfera media y superior). Los datos observacionales que pertenecen a diferentes escalas no deben mezclarse. Agregar datos de una escala inferior a los datos de una escala superior no agrega información, solo introduce “ruido” (en el sentido de la teoría de la información). Sin embargo, las escalas interactúan. En el ejemplo anterior, las nubes convectivas constituyen una de las principales fuentes de energía para los movimientos de gran escala, y éstos, a su vez, determinan condiciones que favorecen o inhiben las escalas menores. El problema que se presenta es, entonces, como estudiar las interacciones. No es posible enunciar reglas generales para abordar este problema. En el ejemplo mencionado de los movimientos atmosféricos se puede demostrar que las escalas inferiores influyen en las escalas mayores como “efectos integrales”. Es decir, si consideramos a la escala menor como una *perturbación* de la escala mayor, la interacción se calcula como el *integral* de los flujos de movimiento y energía.
- 2) *Escalas de tiempo.* En un estudio de la dinámica de un sistema es necesario analizar su historia. El período durante el cual se estudia la evolución depende de la naturaleza del sistema y de la pregunta conductora de la investigación. Ambas consideraciones determinan la *escala de tiempo* de los fenómenos a estudiar. En los casos en que se busca una predicción del comportamiento del sistema, también es necesario fijar el periodo correspondiente. Esta escala de tiempo (escala de la predicción) no coincide necesariamente con la escala de análisis, por cuanto está vinculada a la predictibilidad o impredictibilidad inherente al



sistema en cuestión. En lo que respecta a la escala de análisis, aquí también se presenta, como en el caso de escalas espaciales, la posibilidad de interferencias de fenómenos con distintas escalas temporales.

Una misma perturbación en un sistema puede tener efectos diferentes. La acción de una perturbación tiene, en general, una escala temporal diferente al tiempo de reacción del sistema. Una modificación relativamente lenta de las condiciones en los límites puede producir efectos súbitos en un sistema que está cerca del umbral de inestabilidad. De ahí la necesidad de un análisis riguroso de las escalas temporales.

c) Estructuras

Un gran número de propiedades de un sistema quedan determinadas por su estructura y no por sus elementos. Claro está que las propiedades de los elementos determinan las relaciones entre ellos y, por consiguiente, la estructura. Pero las **propiedades** de los elementos y las propiedades de la estructura corresponden a dos niveles de análisis diferente.

El **énfasis** en la determinación de las propiedades estructurales de un sistema no significa en modo alguno caer en posiciones estructuralistas que han sido ampliamente debatidas en la literatura. La diferencia con tales posiciones reside en el hecho de que, desde la perspectiva de los sistemas complejos, la identificación de las propiedades de la estructura en un periodo dado, que depende de la escala de los fenómenos a estudiar adquiere importancia fundamental en el estudio de la evolución del sistema. En efecto, son las propiedades estructurales del sistema quienes determinan su estabilidad o inestabilidad con respecto a cierto tipo de perturbaciones. La inestabilidad está, a su vez, asociada a los procesos de desestructuración y reestructuración del sistema. Son estos procesos, y no la estructura misma, quienes constituyen el objetivo fundamental del análisis. Se trata, pues, de un estudio de la *dinámica* del sistema y no del estudio de un estado en momento dato.



7.1.4 Importancia del Estudio de los Sistemas Complejos

La teoría de sistemas permite tener una visión más holística de las organizaciones, a la vez que reconocer que los diferentes componentes que conforman las organizaciones interactúan mutua y simultáneamente, dando origen a respuestas diversas y muchas veces inesperadas ante los estímulos que los integrantes de la organización introducen en ellas.

7.1.5 COMO CREAR UN MODELO UTILIZANDO LA METODOLOGIA DE DINÁMICA DE SISTEMAS.

7.1.5.1 CREAR EL DIAGRAMA CAUSAL

Entre ellas tenemos en primer lugar que es un método sencillo de ordenar las ideas, con frecuencia confusa al inicio de cualquier estudio, en segundo lugar, visto como una simple etapa previa, permite pasar con facilidad los elementos y las relaciones del sistema al diagrama de flujos, y en tercer lugar permite una comunicación clara y fluida con el usuario final, cosa que el diagrama de flujo no permite.

7.1.5.1.1 Definir el problema.

Es conveniente definir el problema en términos similares a estos: “el problema son las deficiencias en la toma de decisiones por las carencias de comunicación entre los vendedores debido a las divergencias en los aspectos metodológicos, y las consecuencias que se derivan en el aprovechamiento y mejora del conocimiento de los clientes”.

7.1.5.1.2 Definir las influencias de primer orden.

En esta etapa es necesario escribir el nombre de todos los elementos que creemos que tiene influencia con el problema. De nuevo, pueden ser elementos cuantitativos o cualitativos, pero que podamos siempre valorar cuando ha tenido una mejora o aumento, o una disminución o empeoramiento. Es muy conveniente recopilar información sobre



estudios científicos o técnicos que avalen esta relación causal, o en su defecto la opinión de una persona bien conocedora del tema que debemos acordar. En esta etapa no es necesario que nos preocupemos sobre la magnitud de esa relación o la forma en la que la vamos a cuantificar o modelar.

7.1.5.1.3 Definir las influencias de segundo orden.

Una vez que tenemos localizados los elementos que influyen directamente en el estado del problema en los términos que hemos definido, hemos de identificar los elementos que influyen en ellos, a los que llamaremos influencias de segundo orden. Son elementos no relacionados directamente con el problema, pero que condicionan de forma decisiva a los que si lo hacen. Por lo tanto, debemos de tener presente el estado y la evolución de estos elementos.

7.1.5.1.4 Definir la influencia de tercer orden.

Repetiremos el proceso anterior con nuevos elementos que influyen en ellos, y repetiremos esta operación tantas veces como sea necesario. En definitiva, retomaremos la definición de sistemas para construir un modelo formado por todos los elementos relacionados entre sí de forma que la modificación del estado de uno de ellos modifica significativamente el estado de otro elemento. La pregunta inevitable e saber cuándo hemos de detenernos, se trata de limitar la cantidad de elementos al tamaño de la hoja de papel. Los elementos que no tenga cabida en ella, en realidad no tienen influencia significativa en el problema que deseamos analizar.

7.1.5.1.5 Definir las relaciones.

La siguiente etapa consiste en dibujar las flechas o influencias que creemos existen entre los elementos del sistema. Si la definición de los elementos ha sido correcta no existirá mayor dificultad en asignar un signo positivo o negativo a cada una de las relaciones. En el caso de que no sea posible establecer con claridad el signo de la relación es necesario volver a definir los elementos implicados. El sentido de la relación causal y su signo no debería presentar una gran dificultad.



7.1.5.1.6 Identificar los bucles de realimentación.

Los bucles dan señales sobre posibles comportamientos del sistema, y también sobre las posibles medidas para incrementar sus efectos o bien para atenuarlos. Para ello deberemos de identificar tanto los bucles que existen como los signos de estos bucles y a partir de ahí buscaremos en los bucles positivos, los motores del cambio y en los bucles negativos, las causas de la estabilidad del sistema. Este es un buen momento para identificar aquellas relaciones donde existen retrasos significativos, ya sean materiales o de información, y los señalaremos en el diagrama, ya que este aspecto va a crear una dinámica propia en el sistema.

7.1.5.1.7 Depurar las influencias no relevantes.

Es necesario depurar el sistema de aquellos elementos inicialmente incluidos en él pero que en las etapas siguientes hemos percibido que su papel en relación del problema que nos ocupa no es relevante, en ocasiones simplemente porque sus efectos se producen más allá del horizonte temporal con el que hemos planteado el modelo. En cierta forma construir un modelo se asemeja a un acordeón y que hay etapas de ampliación del modelo, añadiendo nuevos elementos al mismo, y etapas de simplificación, suprimiendo elementos innecesarios. Es conveniente que el formato final quede tan pequeño como sea posible.

7.1.5.1.8 Idear posibles soluciones al problema.

A la vista del diagrama causal que tenemos, con las relaciones causales bien identificadas, los bucles con sus signos respectivos, los retrasos materiales y de información bien señalizados y hecha la depuración de los elementos innecesarios, podemos empezar a tratar de identificar si es posible identificar algunos patrones de comportamiento de los sistemas y si es así podremos empezar a idear algunas soluciones para el problema. En muchas ocasiones aquí finaliza el trabajo, ya que hemos adquirido un profundo conocimiento de las causas que provocan el problema y somos capaces de proponer soluciones basadas en este conocimiento y en la dinámica propia que el sistema posee. Las soluciones más eficaces vienen siempre de la modificación de las relaciones que hay entre los elementos más que de un intento de modificar la naturaleza de los elementos.



7.1.5.2 CREAR EL DIAGRAMA DE FLUJOS

La creación de diagrama de flujos se hace directamente sobre la pantalla del ordenador con el software de simulación que utilizamos y no reviste especial dificultad si ya disponemos del diagrama causal.

En general está formado por los mismos elementos, aunque suele ser necesario añadir algunos elementos auxiliares.

7.1.5.2.1 Caracterizar los elementos.

Recordando brevemente las indicaciones que se daban en el capítulo de “creación de un modelo” podemos decir que es necesario en primer lugar identificar los niveles del sistema y para ello podemos hacer una foto mental del sistema y aquellos elementos que aparecen en ella son los niveles. Las variaciones de estos elementos son los flujos. Han de tener las mismas unidades más una componente temporal. El resto de elementos son variables auxiliares.

Los flujos no suelen aparecer en el diagrama causal de una forma explícita y deben de ser añadidos en la creación del diagrama de flujos.

7.1.5.2.2 Escribir las ecuaciones.

En esta etapa hemos concretar las relaciones que existen entre los elementos. Para ello podemos utilizar sencillas fórmulas aritméticas, hacer uso de las funciones que el software no facilita, o bien utilizar las tablas cuando sea difícil establecer una ecuación.

7.1.5.2.3 Asignar valores a los parámetros.

Algunos elementos del modelo son constantes en el horizonte de simulación definido y deberemos de asignarle valor. En ocasiones disponemos de esta información y en otras deberemos de asignarles un valor razonable. La precisión no suele aportar en este tipo de modelos grandes ventajas, ya que, aunque conozcamos con precisión el valor que ha tenido una constante en el pasado sin duda será de más utilidad conocer si este valor se va a mantener en el futuro o no. Podemos conocer con toda precisión la esperanza de vida pasada, pero sin duda será de mayor utilidad saber tendencia o las modificaciones que posiblemente va a sufrir tras modificar la estructura del modelo.



De igual forma las ecuaciones suelen incorporar parámetros a los que debemos de asignar un valor. Es importante vigilar que sea lo más explícito y bien documentado posible ya que a diferencia de las constantes que son muy visibles los parámetros colocados en una ecuación no se pueden influir decisivamente en el comportamiento del modelo.

7.1.5.2.4 Crear una primera versión del modelo.

Es imposible crear un modelo completo al primer intento, pero es muy útil disponer siempre de un modelo que funcione por simple que sea, que se pueda ejecutar. Se trata pues de ir haciendo versiones que incorporen mejoras.

7.1.5.2.5 Estabilizar el modelo.

Las primeras versiones del modelo suelen ser inestables debido a que no hemos sabido asignar valores correctos que funcione con todas sus variables estables.

7.1.5.2.6 Identificar los elementos clave.

En esta etapa hemos de localizar los elementos que son clave en el comportamiento del sistema. Estos serán los elementos sobre los que se habrán de centrar las propuestas para mejorar el estado de sistema y así solucionar el problema.

7.1.5.2.7 Simular.

La generación de propuestas se ha de basar en introducir modificaciones en el modelo que después puedan llevarse a la práctica, para así poder seleccionar la que ofrezca mejores resultados.

7.1.5.2.8 ESCRIBIR LAS CONCLUSIONES

La etapa final consiste en la elaboración de las conclusiones una vez que consideremos que hemos completado el proceso de simulación. Han de ser concisa, indicando la propuesta o propuestas con claridad.



7.1.6 SIMULACIÓN – CASO DINÁMICA DE UN DEPÓSITO

La presente simulación no es un tema que abarca grandes parámetros y variables para su simulación, más bien, tiene carácter de aprendizaje para reconocer y familiarizarnos más con el tema de sistemas complejos y su metodología de modelamiento.

El comportamiento de un sistema muy simple, el que regula el contenido de un depósito intermedio de un líquido, el cual posee una sola entrada y una sola salida, que están siempre abiertas. Se trata de un depósito de 100 litros, que tiene en su momento inicial 50 litros de líquido.

Queremos saber la dinámica del contenido del depósito ante cambios en la entrada y la salida de caudal. En concreto queremos estar seguros de que no se va desbordar, y que no se va a quedar completamente vacío.

La entrada, al mismo la regulamos de forma tal que para evitar que se desborde, entrará más caudal cuando el depósito se halle vacío, y entrara menos caudal cuando el depósito esté casi lleno. Inicialmente equilibramos la entrada del depósito, tal que entra una fracción de $1/10$ del volumen vacío del depósito.

Por el contrario, hemos regulado la salida de forma tal que, para evitar que se quede vacío, saldrá más líquido cuando el depósito esté lleno y saldrá menos cuando el depósito se halle vacío. Inicialmente regulamos la salida para que ésta sea una fracción de $1/10$ del contenido del depósito.

Cuestiones

- a. **¿Qué comportamiento cabría esperar si inicialmente, como se ha descrito, el depósito se llenase a un ritmo de $1/10$ del volumen vacío del depósito, siendo la salida de $1/10$ de su contenido?**
- b. **¿Qué sucede si inicialmente en el depósito hay 80 litros?**
- c. **¿Qué se sucede si la entrada se regula a $1/20$ del volumen vacío del depósito, y la salida se mantiene a $1/10$ de su contenido, partiendo de un volumen inicial de 50 o de 80 litros?**

Vamos a crear un modelo para explicar el comportamiento dinámico del contenido del depósito para poder responder a estas cuestiones (y familiarizarnos con el uso del software)

- Diagrama causal

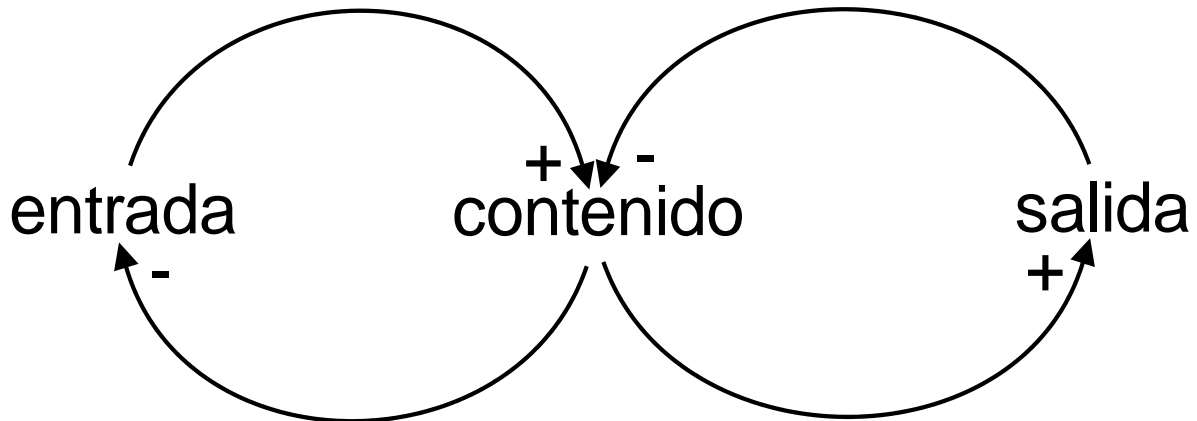


FIGURA 1: DIAGRAMA CAUSAL (bucles)

En este sistema existen tres elementos a considerar, el contenido del depósito, la entrada de líquido y la salida de líquido. Dos de las relaciones son muy sencillas:

1. “a más entrada habrá más contenido (relación positiva)”.
2. “a mayor salida habrá menos contenido (relación negativa)”

Por otra parte, nos dicen que:

3. “a más contenido será menor la entrada líquido (relación negativa)”
4. “a más contenido será mayor la salida de líquido (relación positiva)”

Por lo tanto, tenemos un sistema con dos bucles negativos (que tienen un número impar de relaciones con signo negativo en cada bucle) que estabilizara el sistema.

• Diagrama de flujos

NIVEL

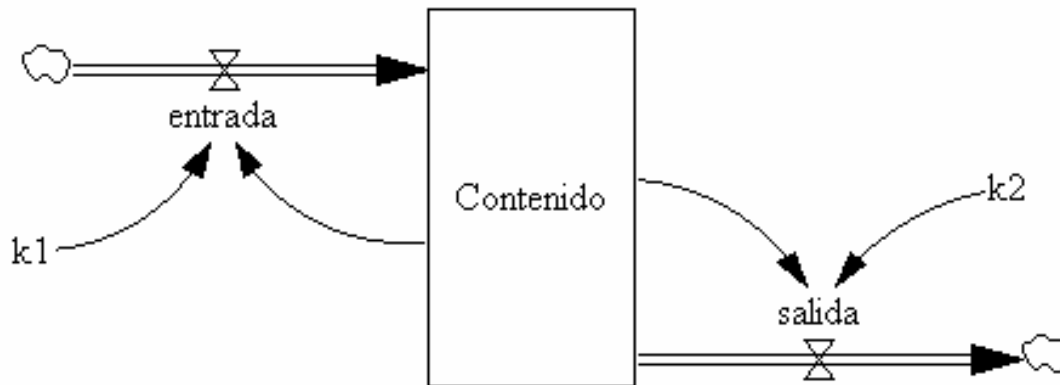


FIGURA 2: DIAGRAMA DE FLUJOS

DATOS INICIALES		
1	FORMULA DE CONTENIDO	CONTENIDO = ENTRADA – SALIDA
2	VALOR INICIAL	50
3	UNIDAD DE MEDIDA	LITROS
4	CAPACIDAD DEL DEPÓSITO	100 LITROS
5	CONTENIDO ACTUAL DE LITROS	50

Cuadro 1: valores del estado actual del sistema

FLUJOS DE ENTRADA	
FORMULA DE ENTRADA	$ENTRADA = (100 - CONTENIDO)/K1$
UNIDADES	LITROS / HORA
<ul style="list-style-type: none"> LA ENTRADA ES FUNCIÓN DEL ESPACIO VACÍO QUE HAY EN EL DEPÓSITO, DE FORMA QUE CUANDO EL DEPÓSITO ESTE VACÍO SE LLENARÁ MUY RAPIDO, Y CUANDO ESTE CASI LLENO LA ENTRADA SERÁ MUY PEQUEÑA. EL PARAMETRO k1 ES PROPIO DE NUESTRO DISEÑO DEL SISTEMA. 	



Cuadro 2: Flujos de entrada del sistema

FLUJOS DE SALIDA	
FORMULA DE SALIDA	$SALIDA = \text{CONTENIDO} / K2$
UNIDADES	LITROS / HORA
<ul style="list-style-type: none">LA SALIDA ES FUNCIÓN DE LA CALIDAD DE LIQUIDO QUE EXISTE EN EL INTERIOR DEL DEPÓSITO, DE FORMA TAL QU CUANDO ESTÉ LLENO SALDRÁ MUY RÁPIDO, Y CUANDO ESTE CASI VACÍO LA SALIDA SERA MUCHO MEJOR.EL PARAMETRO $k2$ ES PROPIO DE NUESTRO DISEÑO DEL SISTEMA.	

Cuadro 3: Flujos de salida del sistema

CONSTANTES	
K1	$K1 = 10$
UNIDADES	HORA
<ul style="list-style-type: none">EL DEPÓSITO SE LLENA A UN RITMO DEL 10% DE SU VOLUMEN VACÍO, O LO QUE ES LO MISMO EN CADA PERIODO SE LLENA 1/10 DEL VOLUMEN VACÍO.	
K2	$K2 = 10$
UNIDADES	HORA
<ul style="list-style-type: none">EL DEPÓSITO SE VACÍA A UN RITMO DEL 10% DE SU CONTENIDO REAL EN CADA PERÍODO, O LO QUE ES LO MISMO SE VACÍA 1/10 DE SU CONTENIDO EN CADA PERÍODO.	
PODEMOS DEFINIR TAMBIÉN COMO CONSTANTE LA CAPACIDAD (100 LITROS) DEL DEPÓSITO. NO LO HACEMOS PORQUE ES UNA CONSTANTE DEL SISTEMA Y NO LO PODEMOS MODIFICAR.	

Cuadro 4: Constantes de salida del sistema

CONTROLES	
FORMULA	TIEMPO FINAL = 100
	TIEMPO INICIAL = 0
	TIEMPO PASO = 1

Cuadro 5: Controles del sistema

Comportamientos Observados:

- Si inicialmente el depósito se llenase a un ritmo de $1/10$ del volumen vacío del depósito, y siendo la salida de $1/10$ de su contenido el contenido sería constante.
- Si inicialmente en el depósito hay 80 litros el depósito se vacía hasta alcanzar un contenido de 50 litros.

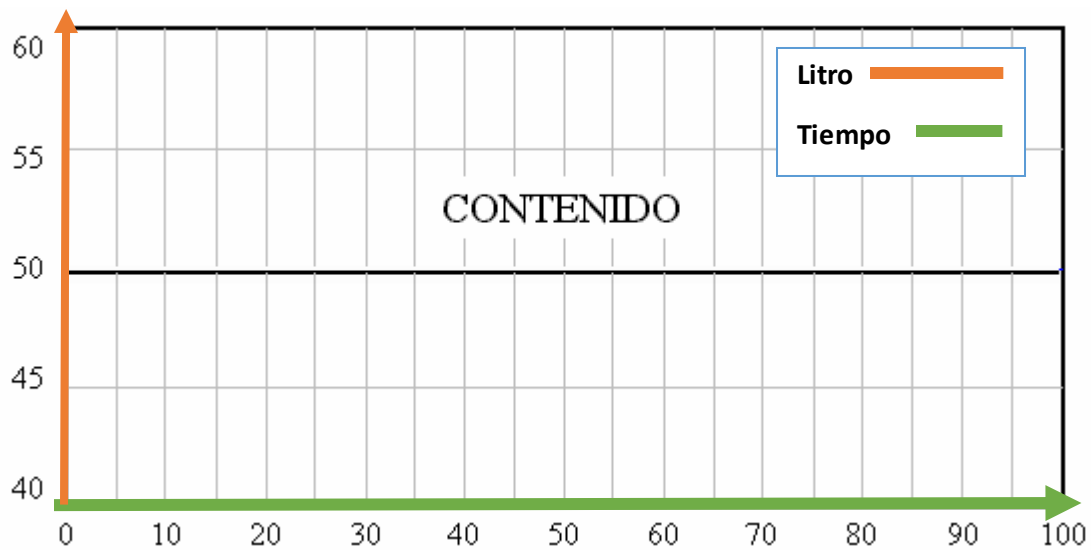


FIGURA 3: DIAGRAMA RESULTADO, CUANDO EL RITMO ES CONSTANTE.

- Si con el volumen inicial de 50 litros la entrada se regula a $1/20$ del volumen vacío del depósito, y la salida se mantiene a $1/10$ de su contenido, el depósito se vacía hasta estabilizarse en un volumen de 33,3 litros.

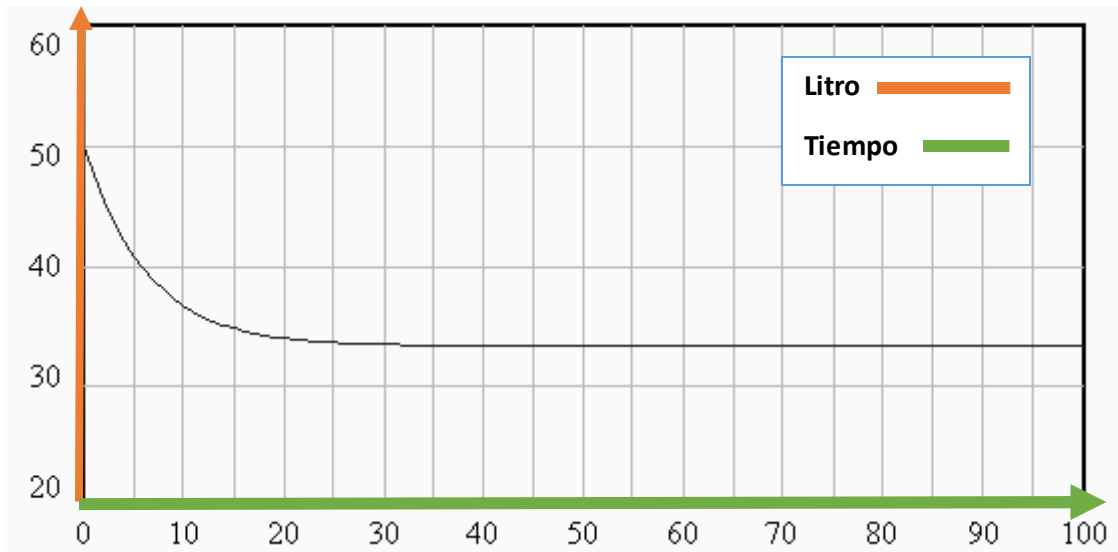


FIGURA 4 DIAGRAMA RESULTADO, CON $1/20$ DE VOLUMEN DE ENTRADA.

- Si el volumen inicial es de 80 litros el volumen del depósito se estabiliza en el mismo valor, de 33,4 litros.

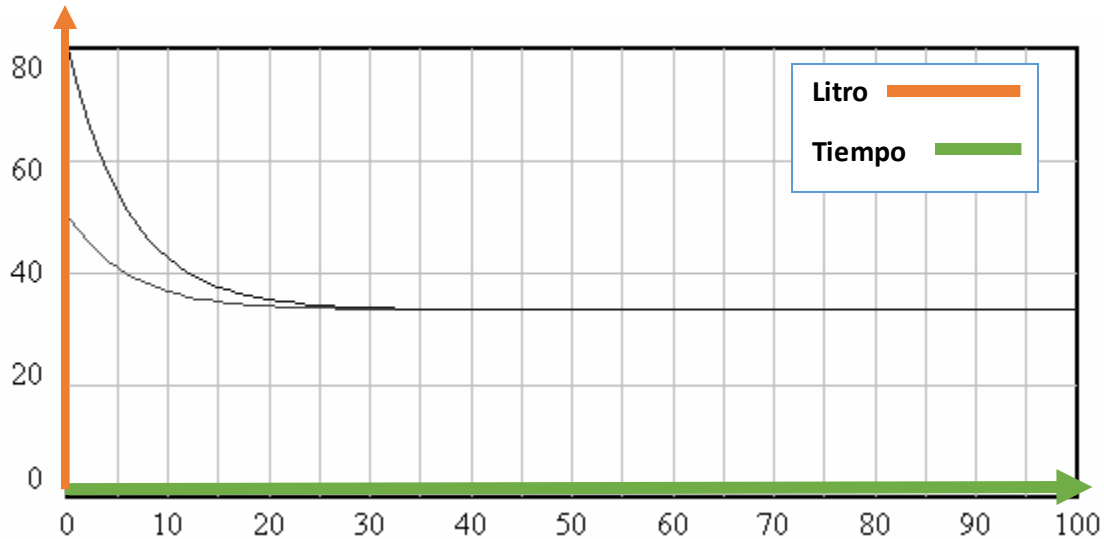


FIGURA 5 DIAGRAMA RESULTADO, CUANDO EL VOLUMEN INICIAL DEL DEPOSITO ES 80 LITROS Y OTRO DE 50 LITROS.

Así podemos observar que el sistema tiene a estabilizarse en un mismo valor sea cual sea el contenido inicial del depósito, y que los parámetros que van a definir en este valor final de estabilización vienen definidos por el estado de los flujos.



7. CONCLUSIONES

- ✓ Se logró investigar sobre la conceptualización de los sistemas complejos para comprender con mayor énfasis sobre el tema y entender por qué los llaman sistema complejo.
- ✓ Se logró investigar sobre las características de los sistemas complejos para así poder aplicar los conocimientos adquiridos al momento de un determinado estudio sobre sistemas complejos.
- ✓ Se logró investigar y estudiar cuales son los componentes de un sistema complejo para poder reconocerlos en el momento cuando se plantee un estudio sobre el tema.
- ✓ Se logró investigar sobre la estructura de un sistema complejo para conocer y comprender la forma, tanto física como lógica, que esta posee para un estudio óptimo.
- ✓ Se logró comprender la importancia que tiene un estudio de sistema complejo para nuestra sociedad y el medio que nos rodea, ya que somos parte de un gran sistema complejo que merece ser estudiado de una manera muy minuciosa y exacta, para el bienestar en todos los ámbitos.
- ✓ Se logró investigar sobre los procedimientos para la simulación de un sistema complejo por medio de la metodología de la dinámica de sistemas, teniendo en cuenta que no nos profundizamos más en el estudio completo de la metodología, sino que solo se resumió sus procedimientos para una sencilla comprensión de sus partes.
- ✓ Se logró simular gracias a la metodología de dinámica de sistemas un sencillo caso de un depósito de agua, que, si bien no es un sistema muy complicado de simular, pero si se puede recalcar cada una de sus estructuras como un pequeño sistema complejo, ya que varía de acuerdo a ciertos cambios y se toma diferentes decisiones a cada uno de los casos.

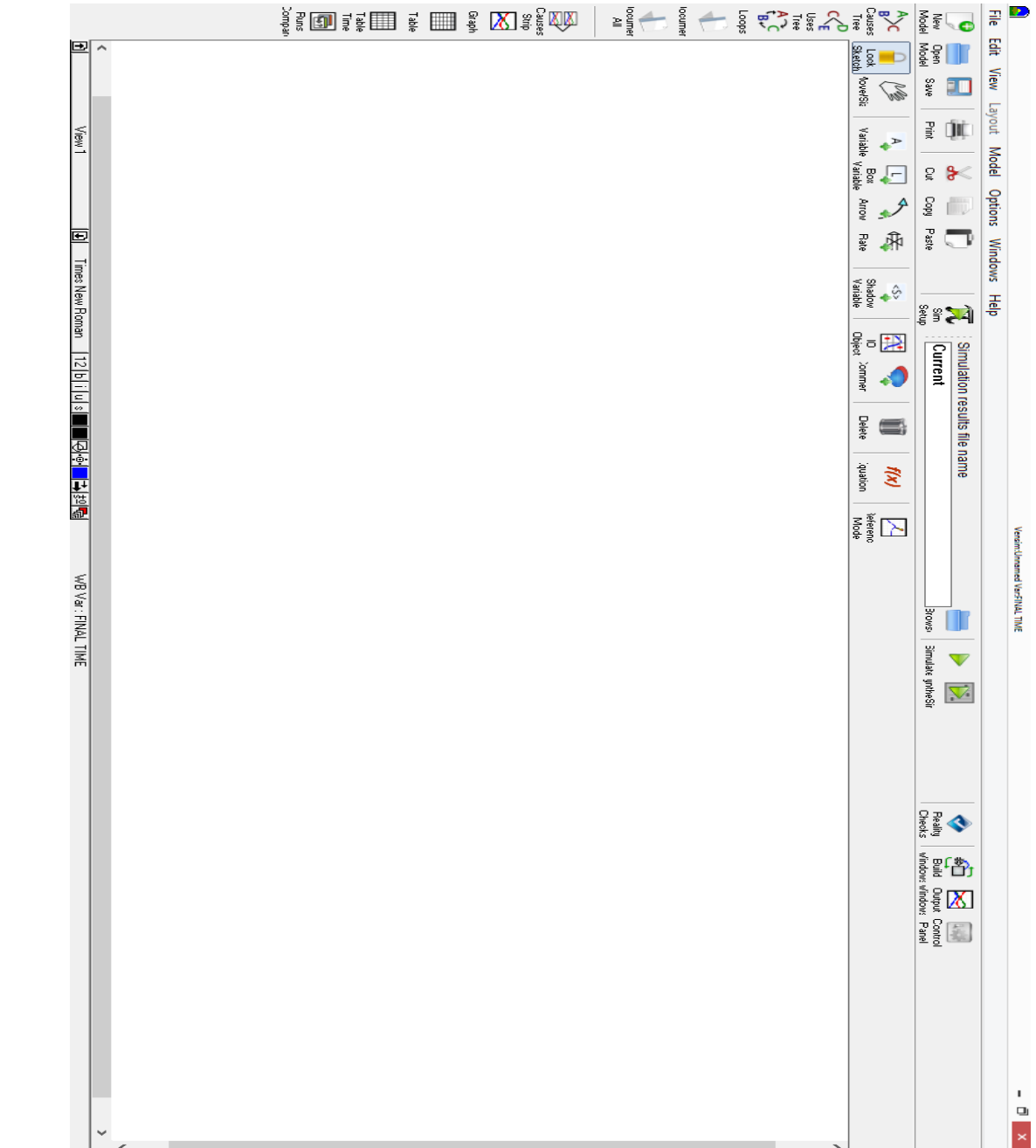


8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- **Definición de los sistemas complejos**
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas complejos.](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas_complejos)
- **“Sistemas Complejos” conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria,**
Autor: Rolando García, Gedisa Editorial.
- **Características de un Sistema Complejo.**
<http://www.emprenautas.net/index.php/brujula/123-complejidad?start=1>
- **Sistemas Complejos** conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la Investigación interdisciplinarias.
Gedisa Editorial.
Autor: **Rolando García.**

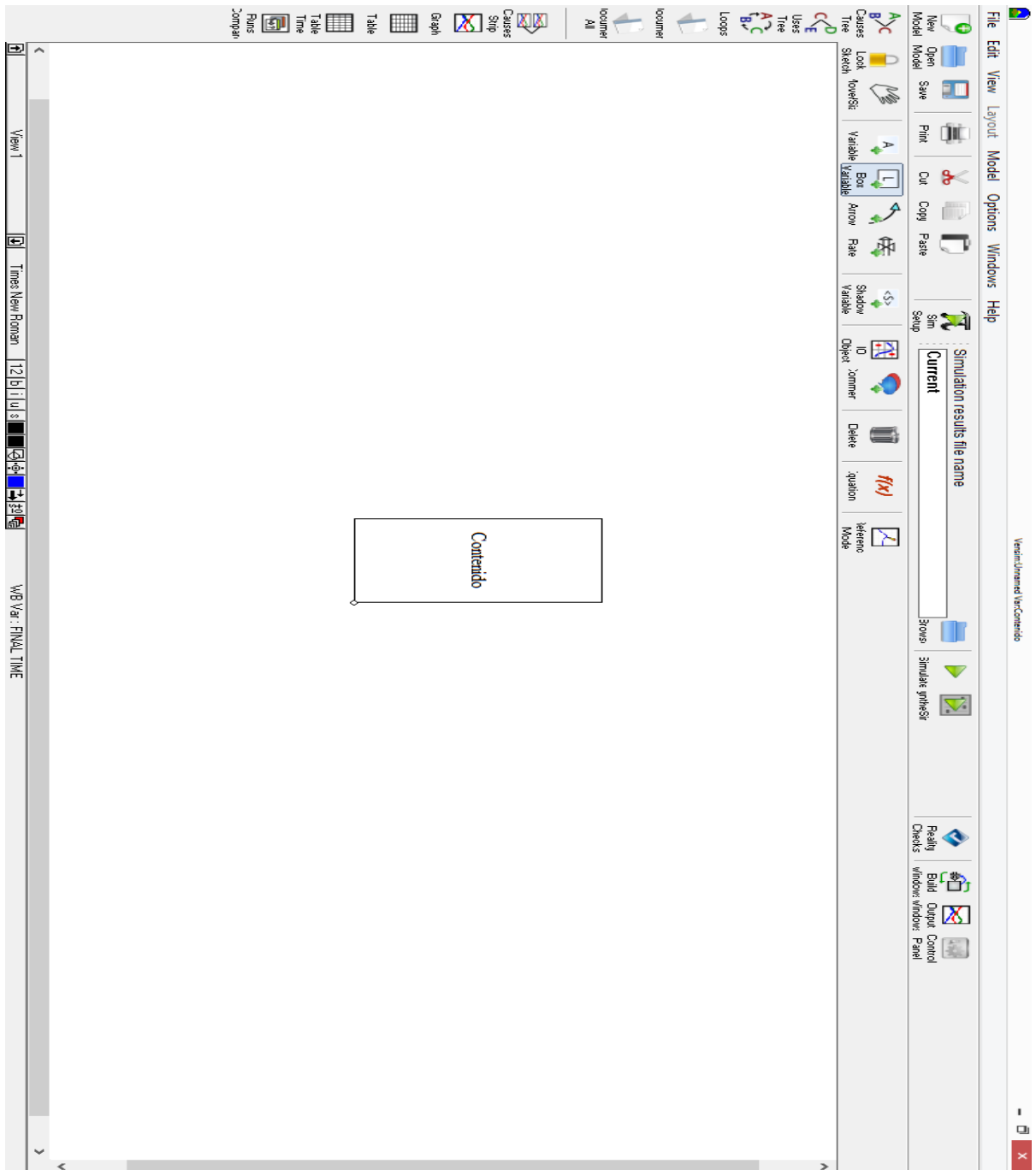
9. ANEXOS

a) Imagen del Software de simulación



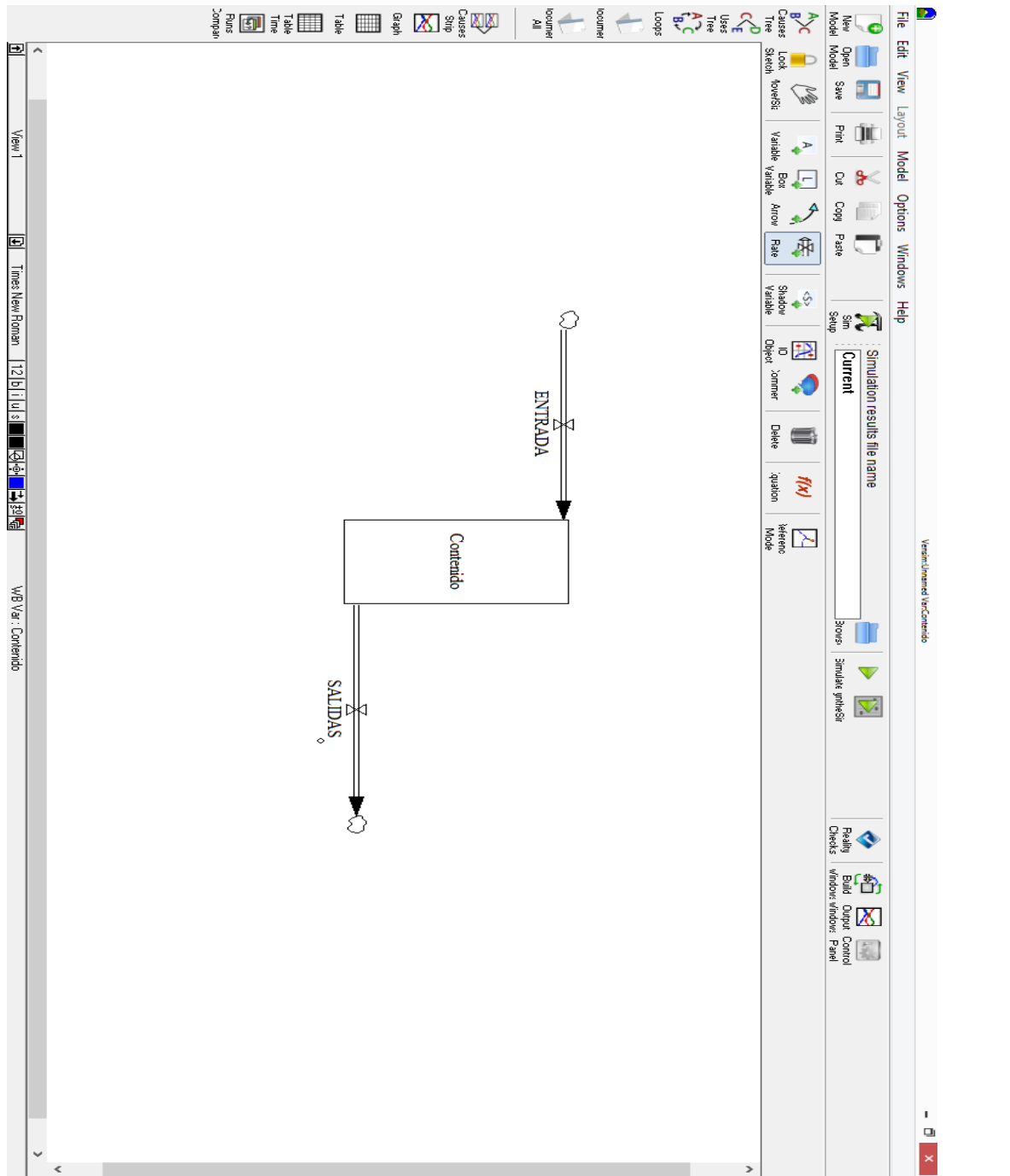


b) cuadro de variable (box variable)

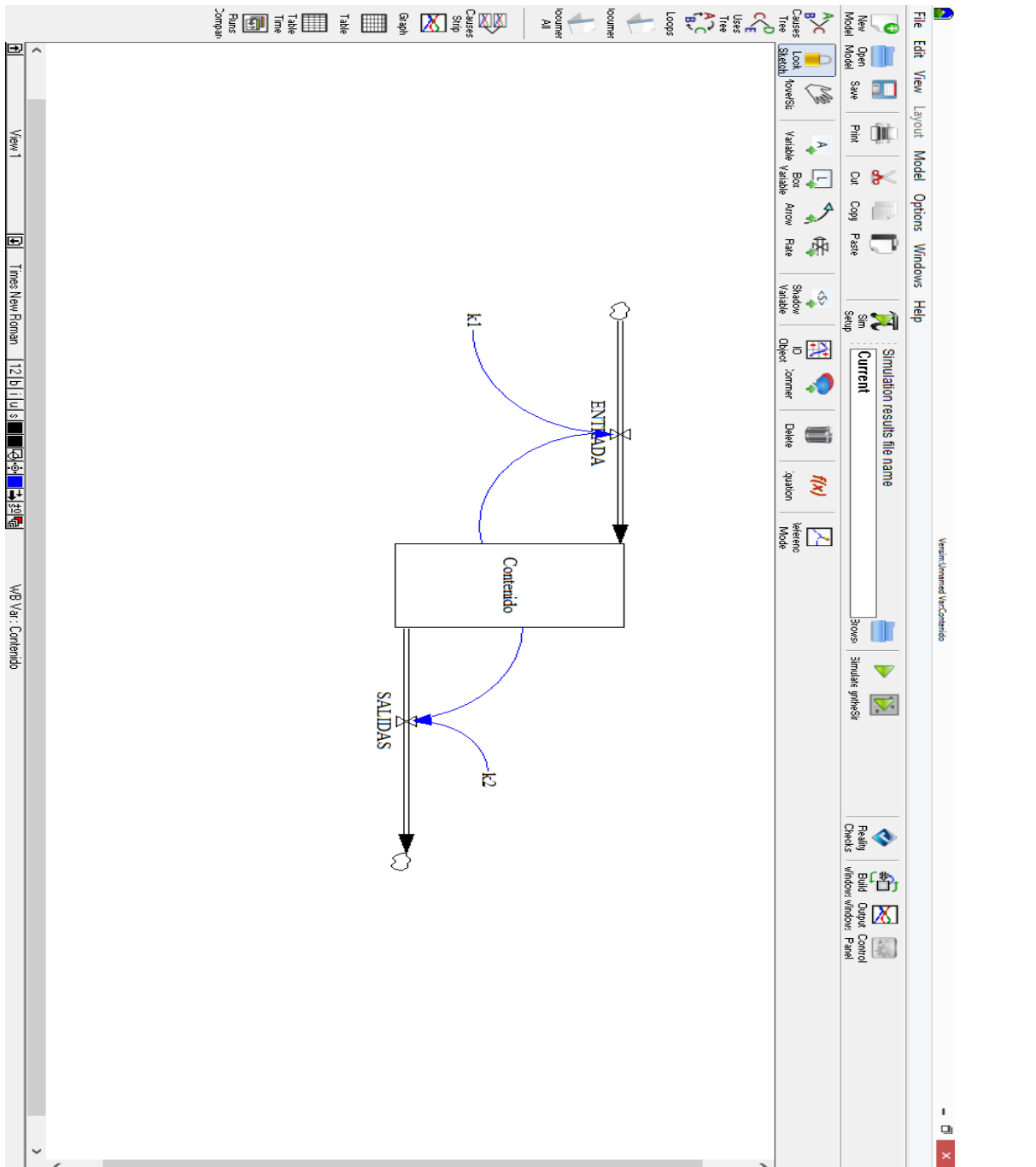




c) Imagen de Flujos



d) Imagen de Bucles y constantes



e) Cuadro de fórmulas e iconos de diagramas

