

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**TESIS**

**Modelo de dinámica de sistemas para gestionar la producción de basura  
electrónica en la facultad de ingeniería, Undac – Pasco 2018**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero de Sistemas y Computación**

**Autor:** Bach. Ulises Isidoro SEGOVIA RARAZ

**Asesor:** Mg. Hebert Carlos CASTILLO PAREDES

**Cerro de Pasco – Perú - 2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**TESIS**

**Modelo de dinámica de sistemas para gestionar la producción de basura  
electrónica en la facultad de ingeniería, Undac – Pasco 2018**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Teodoro ALVARADO RIVERA  
Presidente

---

Mg. Oscar C. CAMPOS SALVATIERRA  
Miembro

---

Ing. Melquiades A. TRINIDAD MALPARTIDA  
Miembro

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo lo dedico a mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y su gran amor, las cuales me sirven para seguir adelante y poder llegar lejos, siendo mejor día a día como persona y profesional.*

## **RECONOCIMIENTO**

A mi mamá por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las circunstancias que se dieron.

A mi abuelo por ser la persona que me cuidó desde muy pequeño e inculcándome a la responsabilidad y el estudio para sobresalir hacia adelante.

Agradezco a todos los docentes de mi escuela de formación profesional que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la UNDAC.

## **RESUMEN**

En cumplimiento a las disposiciones vigentes del Reglamento de Grados y Títulos de nuestra Facultad de Ingeniería, Escuela de Formación Profesional de Sistemas y Computación, pongo a vuestra consideración la presente Tesis Intitulado “MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA GESTIONAR LA PRODUCCIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNDAC – PASCO 2018”, con el propósito de optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas y Computación.

El desarrollo de la investigación abarca el desarrollo practico del concepto de dinámica de sistemas aplicándolo a una organización de la sociedad como es la Facultad de Ingeniería dela Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión se busca conocer los beneficios de aplicar esta metodología para poder gestionar adecuadamente la producción de basura electrónica, teniendo como muestra de estudio en la investigación a la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas y Computación.

No dudo pues, que esta tesis sea un aporte significativo que contribuya al desarrollo académico universitario, así como al de las empresas de nuestra región.

**Palabras claves:** Basura electrónica, Dinámica de Sistemas

**EL AUTOR.**

## **ABSTRACT**

In compliance with the current regulations of the Degrees and Degrees Regulations of our Faculty of Engineering, Vocational Training School of Systems and Computing, I put to your consideration this thesis entitled "MODEL OF DYNAMICS OF SYSTEMS TO MANAGE THE PRODUCTION OF ELECTRONIC WASTE IN THE FACULTY OF ENGINEERING, UNDAC - PASCO 2018 ", with the purpose of opting for the professional title of Systems Engineer and Computing.

The development of the research encompasses the practical development of the concept of systems dynamics applying it to an organization of society such as the Faculty of Engineering of the National University Daniel Alcides Carrión seeks to know the benefits of applying this methodology to properly manage the production of electronic trash, taking as a sample of study in the research the Professional School of Systems Engineering and Computing.

I do not doubt that this thesis is a significant contribution that contributes to the academic development of the university, as well as that of the companies in our region.

Keywords: Electronic garbage, Dynamic of Systems

**THE AUTHOR.**

## INTRODUCCIÓN

La basura electrónica constituye la porción de los residuos sólidos urbanos que más creció en las últimas décadas. Principalmente, por la constante innovación tecnológica, que permitió que tecnologías que al principio eran caras y orientadas a un público especial y reducido, sean hoy baratas y fácilmente utilizables en la vida cotidiana.

El residuo electrónico o basura electrónica permite recuperar minerales y materiales escasos (cuya obtención genera, a su vez, más daño ambiental) y reduce el impacto que genera la degradación de estos residuos en basurales comunes.

En la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, este fenómeno es sentido con fuerza, toda vez que las cinco carreras (Metalurgia, Sistemas y computación, Geología, Civil y Ambiental), poseen laboratorios de cómputo y oficinas que usan dispositivos electrónicos, estos a su vez con el tiempo son desfasados por otras nuevas tecnologías, generando basura electrónica.

En ese sentido se piensa generar un modelo de dinámica de sistemas que permita pronosticar en qué medida y cada que tiempo se está generando estos desechos electrónicos, con el fin de adoptar medidas apropiadas que permitan el control y retiro adecuado de estos residuos electrónicos basados en una toma de decisiones apropiada.

En el caso en estudio, se analiza la situación vigente y se propone un modelo para gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería en la

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

La investigación consta de 5 capítulos, a groso modo se describe cada uno de ellos:

En el Capítulo I, se expone la definición y formulación del problema, los objetivos, las hipótesis, el sistema de variables y la justificación del estudio.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico, comprende los antecedentes y las bases teóricas utilizadas para el desarrollo del estudio, así como la definición de términos necesarios para el entendimiento de la tesis, la formulación de hipótesis y finalmente se mencionan las variables de investigación.

En el Capítulo III, se describe la metodología propuesta y utilizada para el proceso de la investigación.

En el Capítulo IV, se analiza y describe la organización, Facultad de Ingeniería, para tener un conocimiento adecuado de la realidad y situación del sistema dinámico de producción de basura electrónica.

En el Capítulo V, se construye el modelo dinámico para gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería, ponerlo a prueba en un software específico y esbozo de los resultados obtenidos.

No dudo que la presente investigación será un aporte significativo tanto a los clientes como al prestador de servicios dentro de este sector.

EL AUTOR.



## Contenido

DEDICATORIA.....	iii
RECONOCIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii
CAPITULO I.....	1
1    PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3    OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4    JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5    IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.6    LIMITACIONES.....	5
CAPITULO II.....	6
2    MARCO TEÓRICO.....	6
2.1    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.2    BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	9
2.3    DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	33
2.4    SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	35
2.5    VARIABLES.....	36
2.6    OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	36

CAPITULO III .....	37
3 METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	37
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	37
3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN. ....	37
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
3.4 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS... 38	
3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	39
3.7 PRESENTACIÓN DE DATOS.....	39
CAPITULO IV .....	40
4 MODELO PARA LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA.....	40
4.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA. ....	40
4.2 MODELO DINÁMICO DE GESTIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA .....	50
CAPITULO V .....	58
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	58
5.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....	58
5.2 PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	59
5.3 PRUEBA DEL MODELO.....	59
5.4 CONTRASTACIÓN Y VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.....	63
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES .....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69

ANEXOS.....	72
-------------	----

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El crecimiento económico del Perú en los últimos años ha favorecido significativamente la participación de más ciudadanos a la vida universitaria y/o técnica, siendo las carreras de ingeniería, salud y derecho las que más demanda tienen en el mercado, la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC) ha visto en esta última década (2005-2015) como dichas especialidades han sido demandadas con más postulantes, a su vez se ha tenido la necesidad de aumentar la cantidad de vacantes, con el ánimo de satisfacer la demanda insatisfecha.

Este incremento en la población estudiantil, específicamente en la Facultad de Ingeniería, ha traído consigo el uso de mayores recursos e infraestructura, dentro de estos se encuentran mayor dotación de equipos de cómputo, cañones multimedia, pizarras electrónicas, equipos de sonido, redes

cableadas e inalámbricas todo esto en laboratorios, por aula de clase, sala de sustentación, oficinas administrativas y otros.

La vida útil de todos estos aparatos electrónicos se ha visto disminuido como es el caso de los computadores que en promedio en 1992 era de 4,5 años mientras que en el 2005 cayó a 2 años; lo que deriva mayores volúmenes de computadores obsoletos (Peernart Kidee 2013: 1237).

Como consecuencia de ello en la Facultad de Ingeniería, se produce cantidades periódicas de basura electrónica, que de alguna manera deben ser gestionadas apropiadamente para su retiro, reemplazo, o eliminación, teniendo presente en no contaminar el medio ambiente, es por ello que se busca una forma que permita pronosticar el comportamiento en la producción de basura electrónica para así gestionar apropiadamente estos con una adecuada y oportuna toma de decisiones

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

¿De qué manera un modelo de dinámica de sistemas permitirá gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería - UNDAC?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- 1 ¿Cómo identificar los parámetros que intervienen en la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC?
- 2 ¿Cómo obtener una representación adecuada del sistema de producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería - UNDAC

## **1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Objetivo general**

Gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería de la UNDAC mediante un modelo de dinámica de sistemas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- 1 Identificar los parámetros que intervienen en la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC.
- 2 Proponer un modelo de dinámica de Sistemas que represente la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, RAEE, llamados también basura electrónica, tienen un crecimiento mayor al de los residuos

sólidos urbanos, en gran parte debido al elevado y creciente consumo de los mismos. Su crecimiento se debe a varios factores como: introducción de nuevas tecnologías, obsolescencia programada, obsolescencia percibida, mayor poder adquisitivo o el acceso al crédito, entre otros.

En la Facultad de Ingeniería de la UNDAC, también se da este fenómeno, el contar con un modelo predictivo de la producción de basura electrónica permitirá gestionar adecuadamente este tipo de desecho, de tal manera que podamos proveer su eliminación, traslado, dar de baja u otro que amerite, y no se acumule en los ambientes académicos y administrativos, lo que podría ocasionar además contaminación del medio ambiente y perjuicio en la salud de la población universitaria.

## **1.5 IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.**

La importancia de la investigación se presenta desde las siguientes perspectivas:

- **Relevancia social:** El presente trabajo de investigación beneficiará a la comunidad universitaria.
- **Implicaciones prácticas:** La investigación permite poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación profesional dentro del área de dinámica de sistemas, permitiendo solucionar los problemas existentes en una organización como el caso de la UNDAC.

- **Utilidad metodológica:** Mediante la investigación se genera un modelo de un sistema dinámico que puede ser analizado mediante un instrumento como software de simulación.

## 1.6 LIMITACIONES.

Dadas las características del tema y del trabajo de investigación propuesto, se establecieron dos tipos de limitación:

**Limitación conceptual:** se analizó la situación y uso de Tecnologías de la Información dentro de la Facultad de Ingeniería - UNDAC y la generación de basura electrónica a nivel de la Escuela de sistemas y Computación.

**Limitación temporal:** el estudio se realizó sobre datos recogidos durante el periodo del 2 de junio al 30 de agosto del 2018.



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Se encontró estudios a nivel internacional, así como a nivel nacional, y éstos fueron el motivo para iniciar la presente investigación la cual sentó bases para fijar los antecedentes que permita indicar como la dinámica de sistemas mediante los modelos Forrester optimizan el proceso bajo estudio.

La presente tiene como marco de referencia, los siguientes trabajos:

#### **Internacional**

Artículo de investigación de Pilar Arroyo y otros, “Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos. Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa”, 2014, en ella indica que, el modelo de dinámica

de sistemas desarrollado consideró la influencia del gobierno y las empresas, además de incorporar aspectos relacionados con la actitud de los individuos con respecto al reciclaje que no se había considerado de manera explícita en otros trabajos sustentados en modelos de dinámica de sistemas.

Los resultados que el modelo proporciona son dependientes de la calidad de la información de entrada, que, si bien no tiene que ser tan precisa como la requerida por un método de pronóstico cuantitativo, sí debe ser consistente con la situación del contexto en estudio. Dada la escasa información disponible para México y el incipiente interés por promover el reciclaje de *e-waste*, la información empleada en este trabajo se obtuvo principalmente de fuentes expertas. Es relevante actualizar esta información una vez que se cuente con datos confiables sobre el número de computadoras en hogares y empresas, la duración de sus ciclos de vida, la cantidad de equipos recuperados en diferentes ciudades bajo distintos esquemas de recuperación, y la influencia que tiene la información sobre la formación de actitudes y el despliegue de conductas de reciclaje.

### **Nacional**

Así mismo encontramos a Bautista Campos y Villanueva Medina, con su investigación “Propuesta de un modelo de dinámica de sistemas que representa la realidad de la contaminación por residuos electrónicos de la ciudad de Cajamarca – 2015”. La investigación se enfoca en proponer un modelo dinámico de sistemas para el estudio de los residuos electrónicos en

la ciudad de Cajamarca; para lo cual se ha creído conveniente suscitar el contexto global y local en la que se desarrolla esta problemática. Para tal fin, se ha tenido en cuenta hacer un muestreo empleando encuestas, que trate sobre el tratamiento de la basura electrónica de las principales organizaciones públicas, empresa privada y ciudadano común; esto nos dará una visión holística sobre el problema de contaminación por residuos de aparatos eléctricos electrónicos. Considerando la topología del problema de tipo blando se aplica la Metodología de Sistemas Blandos que integra el Modelado de Situación No Estructurada (Pictográfico) cuyo objetivo es de facilitar la interacción e integración del sistema real al problema, por otro parte el Modelado de la Situación Estructurada es donde los elementos que integran la situación problema se concatenan, mostrando los bucles de retroalimentación que en el sistema se interrelacionan entre sí, por medio de las variables en estudio y que finalmente se muestra en el diagrama causal que es la propuesta aquí presentada, de esa manera se cumple con el objetivo planteado. Es primordial identificar, asimismo, los actores involucrados en el sistema de los residuos electrónicos y su correcta disposición, para buscar el mayor beneficio y minimizar el desperdicio.

También encontramos a Fernando Vargas Olivera, Gestión Ambiental del Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) provenientes de la comercialización en Tiendas por Departamento, Tesis de la PUCP, 2017, la investigación identifica y describe la situación actual de la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos comercializados

en las tiendas por departamento. Esta idea nace debido a que en los últimos diez años se ha incrementado el número de estos establecimientos a nivel nacional, las preferencias por parte de los consumidores para comprar en estos lugares y a la obligación legal de las tiendas por departamento para implementar planes de manejo de estos residuos. Por otra parte, existe una mayor preocupación mundial en el manejo de estos residuos debido a su incremento y a los componentes tanto peligroso como re aprovechables que requieren un manejo especializado distinto al de los residuos urbanos. Dentro de sus principales conclusiones indica que: de las 4 más importantes tiendas por departamento en el Perú, sólo Saga Falabella S.A. cuenta con un plan aprobado, pero aún no está implementado, siendo el plan aprobado de tipo individual. Esto se debe a la falta de conocimiento para el cumplimiento de la norma señalada, débil supervisión de las autoridades fiscalizadoras, exigencia a asumir el costo de artefactos eléctricos no comercializados por la tienda, no tienen previsto asumir gastos por la gestión de Residuos electrónicos entre otros

## **2.2 BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS**

### **2.2.1 Sistema dinámico**

Hablar de sistema es involucrarse dentro de una concepción tan profunda y basta, sin embargo, debemos exponer algunas de las definiciones adoptadas globalmente, ISO 9000 (2015) indica: “Conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan” (p.21).

Por otro lado Senge (2005) afirma que un sistema: “es una totalidad percibida cuyos elementos se “aglomeran” porque se afectan recíprocamente a lo largo del tiempo y operan con un propósito común” (p.90). Presenta una idea de conjunto como sistema, pero no precisa el aspecto dinámico, sin embargo, da ejemplos de sistemas citando a los organismos vivos (incluidos los cuerpos humanos), la atmósfera, las enfermedades, los nichos ecológicos, las fábricas, las reacciones químicas, las entidades políticas, las comunidades, las industrias, las familias, los equipos y todas las organizaciones.

Para Chiavenato (2006) es “un conjunto de elementos relacionados dinámicamente, que forman una actividad para alcanzar un objetivo, operando sobre datos/ energía/ materia para proveer información/ energía/ materia” (p.361). La idea de que un sistema se relaciona, pero de que esta relación es dinámica es importante ya que nos traslada de un mundo estático a uno en constante cambio, donde lo que se procesa pertenece a tres categorías específicas. Para Kendall (2005) estas categorías específicas las generaliza en una sola, llamándolas entradas o salidas, donde particularmente las salidas del sistema sirven como retroalimentación para comparar el rendimiento con los objetivos, obsérvese la siguiente figura 2.1.

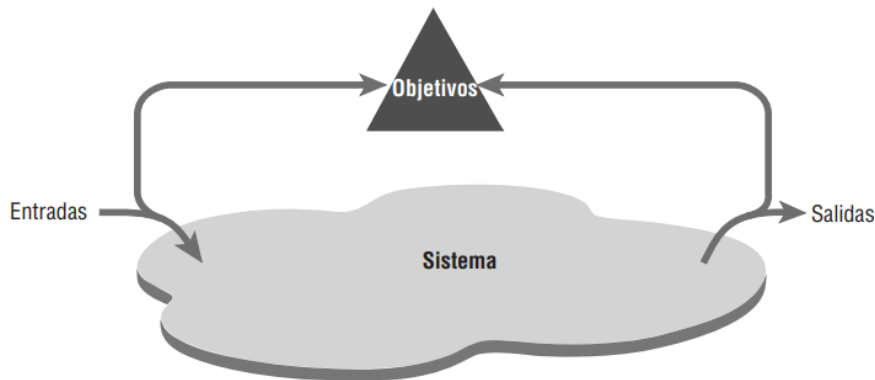


Figura 2.1. Representación de un sistema

De otra parte (Aracil & Gordillo, 1997) señala: "sistema es un objeto formado por un conjunto de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articula en la unidad que es precisamente el sistema" (p.11). Es algo que se percibe como una identidad, que lo distingue de lo que la rodea, y que es capaz de mantener esa identidad a lo largo del tiempo y bajo entornos complejos y cambiantes, pudiendo ser representado mediante un modelo matemático llamado modelo.

Todas estas concepciones sobre sistema dan cuenta de términos comunes que son necesarios definir con claridad:

- **Elemento:** parte integrante de una cosa o porción de un todo. Parte, órgano, dependiendo del tipo de sistema.
- **Relación:** situación que se da entre dos cosas, ideas o hechos cuando por alguna circunstancia están unidas de manera real o imaginaria.
- **Entrada:** todo aquello que el sistema recibe o importa del exterior.

- **Salida:** resultado final de la operación o procesamiento de un sistema.
- **Objetivo:** Fin o intento a que se dirige o encamina una acción u operación.

Atendiendo a la definición de sistema podemos decir que en todo lo que nos rodea existen sistemas, desde los microscópicos hasta los inconmensurables e intangibles, nosotros mismos somos sistemas y dentro de nosotros existen un sin número de sistemas, es por esta razón que los sistemas se clasifican atendiendo a diferentes criterios: su relación con el medio ambiente, su naturaleza, su origen, sus relaciones, su cambio en el tiempo etc. Dentro de lo que atañe a esta investigación interesa la clasificación según su cambio en el tiempo, en este grupo existen los denominados sistemas estáticos que no cambian en el tiempo como la piedra, vaso de plástico, y los dinámicos como el universo, el átomo (Chiavenato, 2006).

### **Sistema dinámico**

Para entender que es un sistema dinámico primero debemos tener clara la concepción de dinámico. Hablar de este término, como oposición a la palabra estático, es referirse a cambio, variación, dentro de un contexto de comportamiento del sistema en diferentes instantes en el tiempo, que depende de su estructura organizacional.

Dicho esto, Javier Aracil (1997) define un sistema dinámico como: “el objeto matemático formado por un espacio de estados  $X$  y una regla que prescribe como varían estos estados a lo largo del tiempo” (p. 17). Esta definición se formula matemáticamente como:

$$\frac{dx}{dt} = f(x)$$

Donde  $f$  expresa la regla o ecuación que rige el cambio  $dx/dt$  que se produce en el estado  $x$  que pertenece a  $X$ .

Otra definición un sistema dinámico indica que es un enfoque para el análisis y diseño de políticas asistido por computadora (software). Se aplica a problemas dinámicos que surgen en sistemas sociales, gerenciales, económicos o ecológicos complejos, literalmente, cualquier sistema dinámico caracterizado por interdependencia, interacción mutua, retroalimentación de información y causalidad circular (W. Winch, 2000).

Para Ortiz-Moctezuma (2015) un sistema dinámico comprende una terna  $(E, G, f)$  donde  $E$  es el espacio de estados,  $G$  es el grupo de tiempos, y donde  $f$  es el flujo del sistema, que es una aplicación de  $G \times E$  en  $E$ , con las siguientes propiedades:

- $f$  es una aplicación continua
- $f(0, y) = y$  para todo  $y \in E$



- $f(t, f(s, y)) = f(t + s, y)$  para todo  $t, s \in G$  y todo  $y \in E$

Si  $G$  es un subconjunto de los números enteros entonces el sistema se denomina dinámico discreto, y si  $G$  pertenece a los reales positivos o reales decimos que el sistema dinámico es continuo, en el cual el tiempo fluye continuamente desde  $-\infty$  a  $+\infty$ , pasando por todo el intervalo intermedio.

Cuando queremos referirnos a un proceso dinámico, tácitamente estamos diciendo que veremos un sistema dinámico, ya que lo que se analiza dentro de un sistema es o son sus procesos, en consecuencia, al mencionar o decir proceso dinámico refiere a ver un sistema dinámico.

### **2.2.2 Estructuras de realimentación**

Gran parte del modelado de sistemas dinámicos es descubrir y representar las estructuras de realimentación, hay una inmensa gama de estos, de hecho, los comportamientos más complejos generalmente surgen de las interacciones (realimentaciones) entre los componentes del sistema, no de la complejidad de los componentes mismos. (Sterman, 2000).

Según Chiavenato (2006):

La retroalimentación es un mecanismo según el cual una parte de la energía de salida de un sistema o de una máquina regresa a la entrada. La retroalimentación (del inglés feedback), también se

denomina servomecanismo o realimentación, es un subsistema de comunicación de retorno proporcionado por la salida del sistema a su entrada, para alterarla de alguna forma. (p.363)

La retroalimentación compara la forma como un sistema funciona en relación con el estándar establecido para que funcione. Cuando ocurre alguna diferencia, regula la entrada para que la nueva salida se aproxime al estándar. Obsérvese la figura (Chiavenato, 2006).

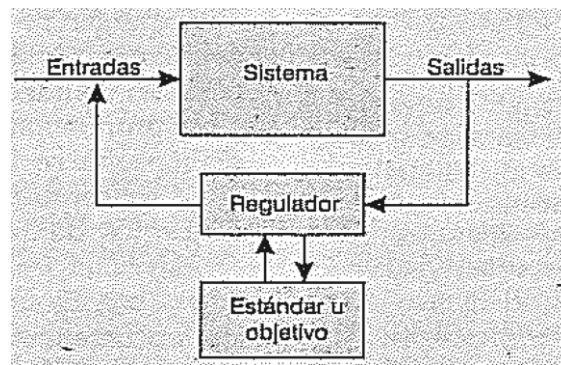


Figura 2.2 Sistemas y retroalimentación.

Una forma de esquematizar esto es mediante el ejemplo de llenar un vaso con agua, el observante medirá constantemente el nivel deseado de agua en el vaso para lo cual regulara el flujo de agua mediante la perilla del caño ( imagen de la izquierda), esto es llevado a un diagrama causal (imagen de la derecha), es aquí donde se observa la circularidad (realimentación o feedback) que se da del conjunto de acciones, por ejemplo (Figura 2.3), a mayor nivel del vaso con agua menor será la discrepancia (diferencia entre el nivel deseado y el actual); los signos que se encuentran en las flechas indican el tipo de relación entre los

elementos que están en los extremos, un signo “mas” indica una relación directa, un signo “menos” representa una relación inversa. (Javier Aracil, 1997)

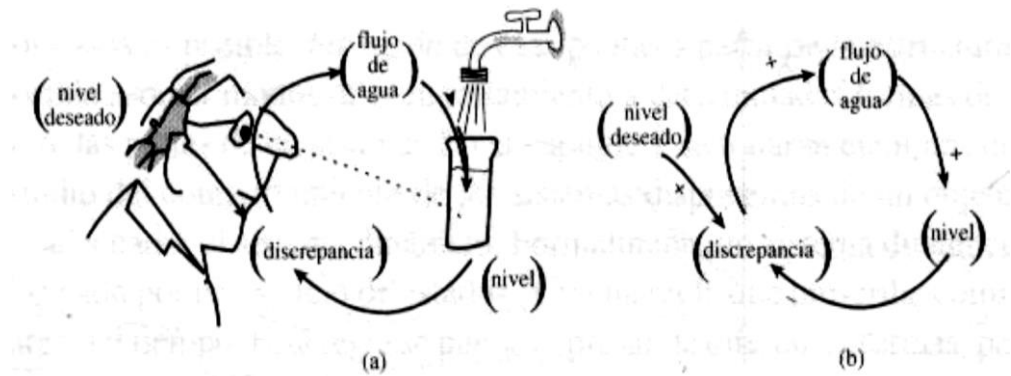


Figura 2.3 Sistema dinámico

Este tipo de fenómeno es común en los sistemas dinámicos y es origen de múltiples comportamientos complejos.

El concepto de realimentación ilumina las limitaciones de nuestro lenguaje. Cuando tratamos de describir con palabras aun un sistema tan simple como llenar el vaso de agua, se vuelve muy torpe: “Cuando lleno un vaso de agua, hay un proceso de realimentación que causa que yo ajuste la posición del grifo, que ajusta el flujo del agua y a la vez altera el nivel del agua. La meta del proceso consiste en lograr que el nivel del agua se eleve hasta el punto deseado”. Precisamente por esto se requiere un lenguaje nuevo para describir los sistemas. Si la descripción de un sistema tan sencillo como llenar un vaso de agua resulta tan engorrosa,

imaginemos nuestras dificultades para usar el idioma cotidiano en la descripción de los procesos de realimentación múltiple de una organización.

Es preciso habituarse a ello. Estamos atascados en un lenguaje lineal para describir nuestra experiencia. Los enunciados sobre causalidad y responsabilidad nos resultan familiares y cómodos. No es preciso abandonarlos, como no es preciso renunciar al español para aprender inglés. Hay muchas situaciones donde las descripciones lineales simples bastan y buscar procesos de realimentación es una pérdida de tiempo.

Pero no cuando afrontamos problemas de complejidad dinámica.

### **Procesos reforzadores y compensadores**

Hay dos tipos de procesos de realimentación: de refuerzo y de equilibrio. Los procesos de **realimentación reforzadora** (o amplificadora) son los motores del crecimiento, figura 2.4. Cuando estamos en una situación donde las cosas crecen, está operando la realimentación reforzadora. La realimentación reforzadora también puede generar la aceleración de la decadencia: un patrón de deterioro donde gotas pequeñas se amplifican formando gotas cada vez mayores, como el deterioro de los patrimonios bancarios cuando hay pánico financiero.



Figura 2.3 Sistema con realimentación reforzadora.

La **realimentación compensadora** (o estabilizadora) opera cuando hay una conducta orientada hacia las metas, figura 2.5. Si la meta consiste en no moverse, la realimentación compensadora actúa como los frenos de un coche. Si la meta es moverse a noventa kilómetros por hora, la realimentación compensadora nos acelera hasta noventa por hora, pero no más. La “meta” puede ser un objetivo explícito, como cuando una firma procura determinada participación en el mercado, o implícito, como un hábito perjudicial al cual nos apegamos contra nuestra voluntad.

Además, muchos procesos de realimentación pueden contener demoras, interrupciones en el flujo de influencia que hacen que las consecuencias de los actos emerjan gradualmente.

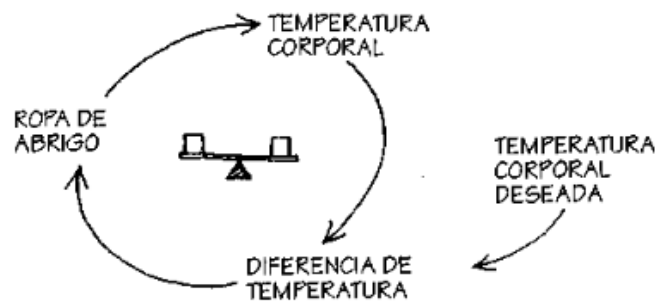


Figura 2.5 Sistema con realimentación compensadora.

### 2.2.3 Diagramas Forrester

Los diagramas de Forrester (DF) son herramientas específicas de modelado de la dinámica de sistemas (DS), que es una metodología para el estudio y análisis de sistemas continuos complejos, mediante la búsqueda de relaciones entre los subsistemas (especialmente lazos de realimentación).

Ésta mira al sistema como un "todo", empleando normalmente el computador para simulación. La génesis y el desarrollo de la DS constituyen una manifestación del paradigma de sistemas. La metodología para construir un modelo en DS puede resumirse en varios pasos, que se suceden de forma iterativa hasta que se consiga el ajuste deseado:

1. Conceptualización, que comprende: a) identificación del sistema y sus partes, b) búsqueda de las relaciones causales y lazos de realimentación, y c) construcción del diagrama causal.

2. Representación y formulación, que comprende: d) construcción del DF, y e) escritura de las ecuaciones del sistema.
3. Análisis y evaluación, que comprende: f) análisis del modelo (comparación con el modelo de referencia y análisis de sensibilidad), y g) evaluación e implementación del sistema.

En esta metodología se emplean dos modelos gráficos, los diagramas causales y los diagramas de Forrester, y el modelo de ecuaciones diferenciales deriva directamente del último. Los diagramas causales muestran cualitativamente las relaciones entre las partes (subsistemas) mediante flechas, con un signo que indica si la relación es positiva o negativa, lo que permite buscar los lazos de realimentación.

Los diagramas de Forrester proporcionan una representación gráfica de los sistemas dinámicos (ver figura 2.6), modelando cualitativamente las relaciones entre las partes mediante símbolos que corresponden a una interpretación hidrodinámica del sistema.

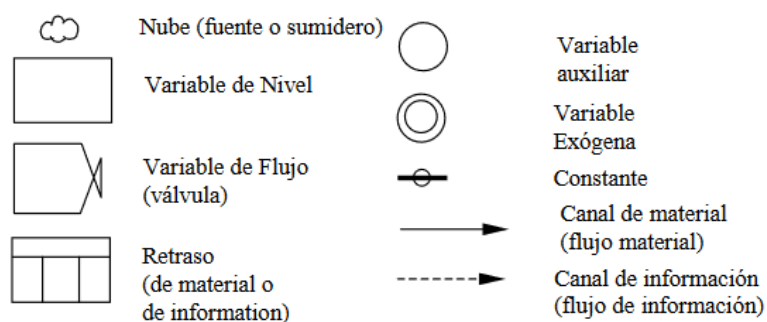


Figura 2.6 Elementos de diagrama Forrester.

Los niveles corresponden a las variables de estado de la teoría de sistemas, y representan las variables cuya evolución es significativa para el estudio del sistema.

Los niveles acumulan material a través de los canales de material, que son controlados por las válvulas. El flujo de material es estrictamente conservativo (conservación en torno a las válvulas). Las válvulas (variables de flujo) definen el comportamiento del sistema, ya que determinan la velocidad del flujo de material (a través de los canales de material) de acuerdo a un conjunto de ecuaciones asociadas. Las ecuaciones dependen de la información que las válvulas reciben del sistema (niveles, variables auxiliares y parámetros) y del entorno (variables exógenas). La información se transmite instantáneamente a través de los canales de información. Las variables auxiliares corresponden a pasos intermedios en el cálculo de las funciones asociadas a las válvulas; se utilizan para simplificar el proceso, bien porque ciertos cálculos matemáticos se emplean en varias ecuaciones o bien porque tienen cierto significado o interpretación física que puede ser interesante observar, pero en cualquier caso no aportan más potencia de modelado. Las fuentes representan fuentes y sumideros, es decir, una no determinada (infinita) cantidad de material, y las constantes (parámetros) representan simplemente valores fijos del sistema. La interacción del sistema con el exterior se representa con las variables exógenas, cuya evolución se supone independiente a la del sistema. Los



retrasos pueden afectar a la transmisión de material o de información, pero en ambos casos tampoco introducen mayor capacidad descriptiva, ya que simplemente representan en notación compacta los elementos que producen tal retraso (ver figura 2.7)

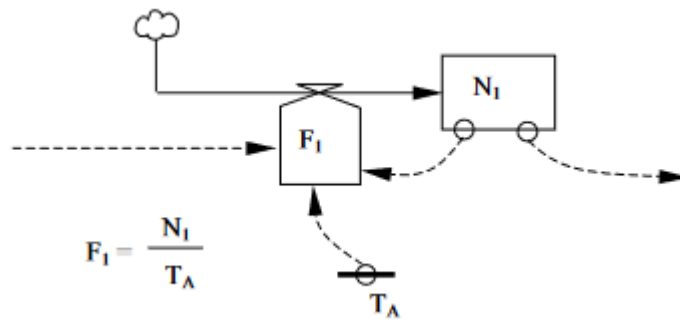


Figura 2.7. Retrasos en diagrama Forrester.

#### 2.2.4 Concepto de modelo

Cuando hablamos de modelo la mente se llena de muchas imágenes e ideas, personas esbeltas y estilizadas, maquetas, fórmulas matemáticas, entre muchas otras cosas, los conceptos serán muchos, pero asistiremos a la definición relacionada con los sistemas dinámicos, Javier Aracil (1997) indica “es un objeto que representa a otro (...) para un observador O un objeto M es un modelo de un objeto S (un sistema), si O se puede servir de M para responder cuestiones que le importan con relación a S” (p. 17).

Entonces representar un modelo involucra aspectos diversos de interés del observador que considera relevante o necesario para que el modelo funcione, teniendo en cuenta siempre que este modelo es una representación de una porción de la realidad. Así mismo, comparado con el sistema verdadero que representa, puede proporcionar información a costo más bajo y permitir el logro de un conocimiento más rápido de las condiciones que no se observan en la vida real. La figura siguiente muestra los tipos de modelos que se puede estudiar con la dinámica de sistemas.

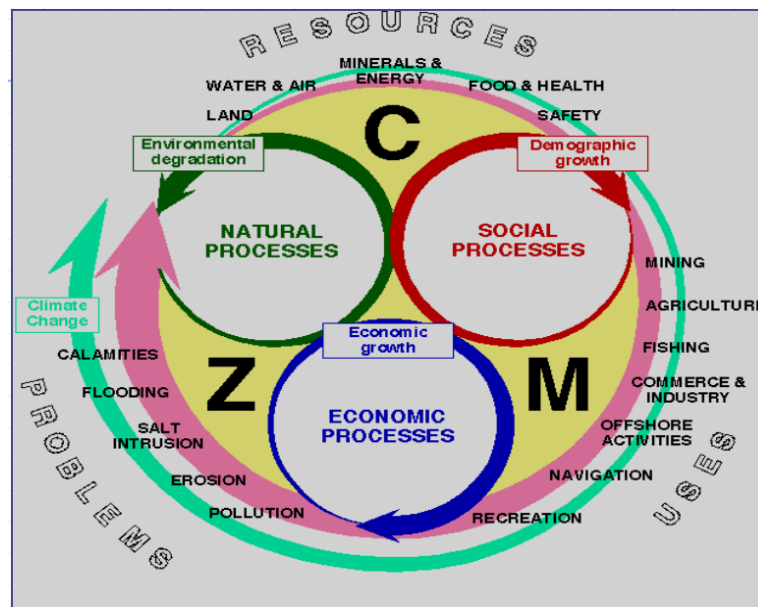


Figura 2.8. Modelos de estudio en dinámica de sistemas.

Fuente: Rozman. C

Un modelo se edifica o construye por el observante, que en este caso es el modelista y la acción que ejecuta es modelar o realizar el *modelamiento* de una realidad, para efectos del estudio de un sistema.

### **2.2.5 Herramientas de simulación para modelos de sistemas dinámicos.**

La asociación alemana de ingenieros, el VDI (Verein Deutscher Ingenieure) define el concepto de simulación en la norma VDI3633:

“Simulación es la copia de un sistema dinámico en un modelo, para obtener conocimientos, los cuales se pueden transferir a la realidad.”

Entonces cuando simulamos lo que hacemos es trabajar con un modelo de un sistema dinámico, conforme el tiempo ha ido pasando las herramientas de simulación se han mejorado gracias al avance tecnológico con equipos de cómputo mucho más veloces y de mayor procesamiento de información. Dentro de la amplia variedad podemos mencionar a las más usadas y difundidas en el mercado:

**Vensim:** diseñadas para modelos de simulación basados en los conceptos de la dinámica de sistemas, presenta 4 tipos de prestaciones según la licencia que se adquiera, actualmente se encuentra en la versión 7.

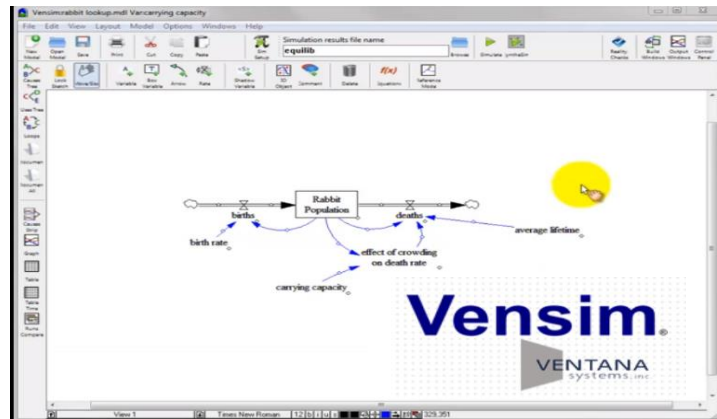


Figura 2.9 Interfaz del Software Vensim.

Fuente: Vensim Ltd.

**Stella Professional:** herramienta completa para el modelado dinámico, el análisis de políticas y el desarrollo de estrategias. Realiza rápidamente análisis de "qué pasa si" para respaldar y mejorar su toma de decisiones. Actualmente se encuentra en la versión 1.5.2.

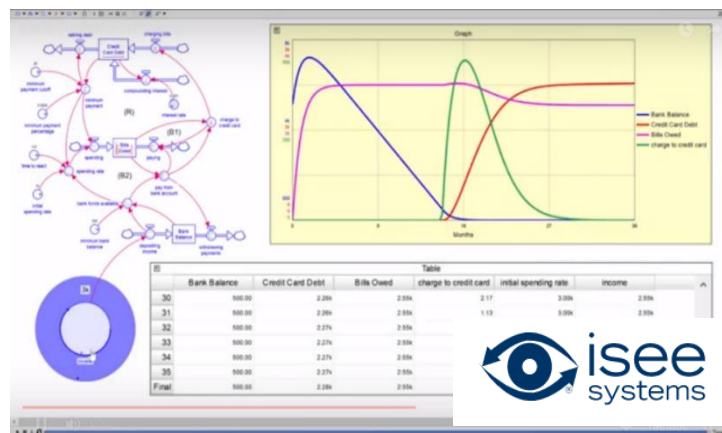


Figura 2.10 Interfaz del Software Stella. Fuente: Stella Ltd.

**Powersim:** otra herramienta de simulación, que también permite emplear los modelos dinámicos para simular, actualmente está disponible la versión 10.

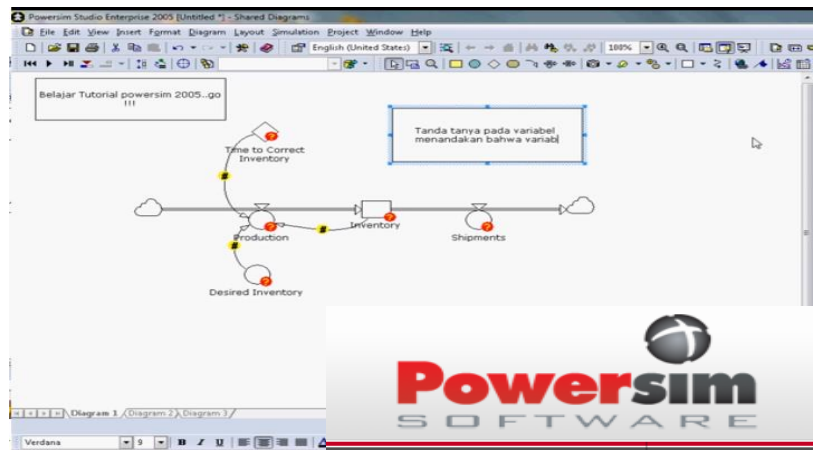


Figura 2.11 Interfaz del Software Powersim. Fuente PS Ltd.

**iModeler:** herramienta de simulación de procedencia alemana, perteneciente a la empresa Consideo, puede gestionar sistemas dinámicos, estrategias sistémicas, proyectos complejos (gestión de proyectos sistémicos) y similares.



Figura 2.12 Interfaz del Software iModeler. Fuente: Consideo Ltd.

### 2.2.6 Basura electrónica

El término “basura” según la Real Academia Española tiene como sinónimos “desecho, residuo” entre otros. En consecuencia, hablar de “basura electrónica” es referirnos a “*residuo electrónico*” o “*desecho electrónico*”, por lo que en esta investigación utilizaremos ambos términos como sinónimos.

Residuo electrónico o “e-wast” en inglés, es un término genérico que abarca varias formas de equipos eléctricos y electrónicos que han dejado de ser de algún valor para sus propietarios. Todavía no existe una definición estándar. A continuación, se enumera las definiciones seleccionadas:

La Directiva de la European Commission Waste Electrical and Electronic Equipment (EU WEEE, 2002) define:

“Equipo eléctrico o electrónico que es un residuo ...incluidos todos los componentes, subconjuntos y productos fungibles que forman parte del producto en el momento del descarte.’ La Directiva 75/442 / CEE, el artículo 1 (a) define 'residuos' como 'cualquier sustancia u objeto que el titular disponga o deba eliminar de conformidad con las disposiciones de la legislación nacional vigente”.

Puckett y Smith (2002) dice:

“Los desechos electrónicos abarcan una amplia y creciente gama de dispositivos electrónicos que van desde grandes dispositivos domésticos como refrigeradores, aires acondicionados, teléfonos celulares, equipos de música personales y productos electrónicos de consumo hasta computadoras que han sido descartadas por sus usuarios”.

Según StEP (2005) los residuos electrónicos se refieren a:

“... la cadena de suministro inversa que recoge productos que ya no desea un consumidor dado y restaura para otros consumidores, recicla o procesa desechos”.

Para esta investigación el concepto brindado por Puckett and Smith es el que mejor encaja.

Los residuos electrónicos, o e-waste, son un problema emergente, así como una oportunidad comercial de importancia creciente, dados los volúmenes de desechos electrónicos generados y el contenido de materiales tóxicos y valiosos en ellos. La fracción que incluye hierro, cobre, aluminio, oro y otros metales en los desechos electrónicos supera el 60%, mientras que los contaminantes representan el 2.70%. Dada la alta toxicidad de estos contaminantes, especialmente cuando se quema o se recicla en ambientes no controlados, el Convenio de Basilea ha

identificado los desechos electrónicos como peligrosos y ha desarrollado un marco para controles sobre el movimiento transfronterizo de dichos desechos.

El uso de dispositivos electrónicos ha proliferado en las últimas décadas, y proporcionalmente, la cantidad de dispositivos electrónicos, como PC, teléfonos móviles y dispositivos electrónicos de entretenimiento que se eliminan, está creciendo rápidamente en todo el mundo. En 1994, se estimó que aproximadamente 20 millones de computadoras (alrededor de 7 millones de toneladas) se volvieron obsoletas. En 2004, esta cifra aumento a más de 100 millones de computadoras.

En 2016<sup>1</sup>, el mundo generó 44,7 millones de toneladas métricas (Mt) de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE de ahora en adelante), lo cual representa un equivalente medio de 6,1kg por habitante, frente a los 5,8 kg/ habitante de 2014, lo cual ya nos indica la tendencia al alza que se mantendrá, según el estudio en las próximas décadas. De los 44,7 millones de toneladas métricas:

- Solo el 20% (8,9 TM) se recicló a través de los canales apropiados.
- El 4% (1.7 Mt) de desechos electrónicos en los países de mayores ingresos se recoge como residuos remanentes.

---

<sup>1</sup> <http://www.terraqui.com/blog/actualidad/publicado-un-informe-sobre-tendencias-de-los-raee-nivel-mundial/>



- Se desconoce el destino del 76% (34.1 Mt) de los desechos electrónicos; es probable que vayan a vertederos, o bien sean comercializados o reciclados en condiciones inferiores.

En el Perú también se ha estado tratando este tema de manera incremental a través del Ministerio del Ambiente, al amparo de la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314, que fue modificada por el Decreto Legislativo N° 1065 y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, mediante el cual se da a luz el Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos con Decreto Supremo N°001-2012-MINAM.

Este reglamento contempla los lineamientos a seguir para el tratamiento de este tipo de residuos de donde extraemos algunas, comenzando por las categorías de Aparatos Eléctricos y Electrónicos AEE de la forma siguiente (vea figura 2.13):



Figura 2.13 Categorías de AEE.

Fuente: Ministerio del ambiente.

### **Daños al ambiente de los residuos electrónicos**

Los compuestos tóxicos que liberan los residuos electrónicos van desde 1) daños a la salud humana por sobreexposición sostenida a la liberación de componentes peligrosos, debido a una manipulación inadecuada de este tipo de residuos y 2) Contaminación y daños al ambiente ya que estos residuos considerados peligrosos pueden afectar el suelo, agua y aire.

Además, la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales ha aprobado en mayo de 2013 una directiva nacional para la adecuada baja y tratamiento de los RAEE almacenados en las entidades públicas que

constituyen aproximadamente el 30 % del total de RAEE existentes en el país.

En las organizaciones que producen basura electrónica se deben elaborar planes, estos planes deben considerar los siguientes aspectos (ver figura 12.14):

- a. La cantidad de RAEE a ser acopiada.
- b. El sistema de acopio en puntos de fácil acceso al público.
- c. La EPS (Empresa prestadora de servicios) a contratar para el tratamiento y disposición adecuada.
- d. Estrategia de comunicación al usuario sobre disposiciones de los RAEE.
- e. Estadísticas sobre RAEE acopiado y tratado adecuadamente.



Figura 2.14 Contenido de un Plan para los RAEE.

Fuente: Ministerio del ambiente.

Dentro de este esquema de plan, esta tesis dará su aporte en la cantidad de RAEE a ser acopiada y el sistema de acopio en puntos de fácil acceso al público, ya que lo que busca esta investigación es gestionar la basura electrónica dentro de la organización.

## **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

**2.3.1 Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE):** Aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los dispositivos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos.

**2.3.2 Atributo.** - Características de una entidad.

**2.3.3 Basura electrónica.** Desecho electrónico, residuo electrónico, e-wast o RAEE.

**2.3.4 Eficacia.** Extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.

**2.3.5 Eficiencia.** Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

**2.3.6 Entidad.** - Representación de los flujos de entrada a un sistema.

**2.3.7 Estado.** - Determinado por el conjunto de variables o parámetros necesarios utilizados para describir el sistema en cualquier instante temporal, en relación con los objetivos del estudio.

**2.3.8 Generador de RAEE.** – Se considera generador de RAEE a toda persona natural o jurídica que en razón de sus actividades productivas, comerciales, domésticas o de servicios genera estos residuos.

**2.3.9 Modelo.** - Es una representación simplificada de un sistema, construido con el propósito de estudiarlo, donde son considerados los aspectos que afectan al problema de estudio y debe ser lo suficientemente detallado para obtener conclusiones que apliquen al sistema real.

**2.3.10 Operadores de RAEE.** - Empresas registradas y autorizadas por la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA como Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS) o Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS), que se encargan del manejo total o parcial de los RAEE en instalaciones adecuadas. Realizan actividades de recolección, transporte, almacenamiento, segregación y/o tratamiento para el reaprovechamiento o disposición final de los RAEE.

**2.3.11 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).** - Aparatos eléctricos o electrónicos que han alcanzado el fin de su vida útil por uso u obsolescencia y que se convierten en residuos. Comprende también los componentes, subconjuntos, periféricos y consumibles de algunas categorías de aparatos.

**2.3.12 Sistema.** - Colección de entes que actúan o interactúan para la consecución de un determinado fin. Dados los objetivos del estudio del sistema, generalmente se condiciona el conjunto total de entidades a ser evaluadas.

**2.3.13 Variables.** - Condiciones cuyos valores se crean modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas

## **2.4 SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Un modelo de dinámica de sistemas permite generar escenarios posibles apropiados para gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC a través de software de simulación.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

1. Un análisis del sistema de producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería permite definir los elementos que intervienen.
2. Un modelo de dinámica de Sistemas permite representar adecuadamente la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC.

## 2.5 VARIABLES

### Variable Independiente

MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS

### Variables Dependientes

PRODUCCIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA

### Variables Interviniente

SOFTWARE DE SIMULACIÓN

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Indicador
MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Numero de parámetros identificados</li><li>▪ Modelo del sistema de producción de basura electrónica</li></ul>
BASURA ELECTRÓNICA	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Nivel de producción de basura electrónica.</li><li>▪ Escenarios posibles de producción de basura electrónica.</li></ul>

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación es de tipo aplicada, descriptivo, causal toda vez que se establece un grado de asociación, es decir propone que el cambio de una variable influye en la otra.

#### **3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

Para fines del estudio se aplicó el diseño de investigación No experimental, en la categoría transeccional, ya que la información se toma en un solo momento, para su posterior análisis.



### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1 Población**

El universo poblacional está conformado por las cinco carreras de la Facultad de Ingeniería.

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra de estudio es intencionada y se centra en la Carrera de Ingeniería de Sistemas, ya que es donde en mayor proporción se utilizan dispositivos electrónicos (computadoras, dispositivos de redes, medios multimedia, etc.) por contar con varios laboratorios de computo.

### **3.4 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el presente trabajo de investigación se empleará el método de Análisis – Síntesis, ya que cuando se emplea el análisis sin llegar a la síntesis, los conocimientos no se comprenden verdaderamente y cuando ocurre lo contrario el análisis arroja resultados ajenos a la realidad.

### **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.5.1 Técnicas.**

Para la obtención de los datos e información en la presente investigación se utilizaron:

- La observación.

- El Análisis Bibliográfico.

### **3.5.2 Instrumentos.**

- En base a la lectura
- Textos
- Documentos bibliográficos
- Software de aplicación.

## **3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Después de hacer la evaluación y crítica de los datos a fin de garantizar la veracidad y confiabilidad se procedió a la depuración de datos innecesarios, apoyados en herramientas estadísticas.

## **3.7 PRESENTACIÓN DE DATOS**

Los medios a utilizarse para la presentación de los datos obtenidos en el transcurso de la investigación, serán los siguientes:

- Gráficos.
- Tablas
- Figuras ilustrativas.

## **CAPITULO IV**

### **MODELO PARA LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA**

#### **4.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA.**

La Facultad de Ingeniería como parte integrante de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión tiene una historia de prestigio y un rol reconocido en la región, en el país y en algunos países externos. Conscientes de la necesidad de tomar en cuenta el pasado y recoger de él lo bueno y aprender para no repetir los errores.

La Facultad de Ingeniería ha ido evolucionando en el tiempo. Cambios importantes en su liderazgo y en la dirección académica le han ido transformando en el tiempo, sus inicios lo da con la carrera de Ingeniería de Minas, al ser esta zona eminentemente minera, posteriormente nacen las

carreras de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica, años más tarde ante la poca población estudiantil y demanda de otras carreras en el mercado es que ve la luz las carreras de Ingeniería de Sistemas y Computación y la de Ingeniería Ambiental, finalmente en esta última década nace la carrera de Ingeniería Civil pero a la par la Carrera de Ingeniería de Minas se desliga de la Facultad de Ingeniería. En ese sentido la Facultad de Ingeniería actualmente se encuentra integrada por 5 programas de formación profesional como se indicó líneas arriba.

En adelante la Facultad de Ingeniería, pretenderá producir un profesional con amplio sentido de integración y de unidad de las cosas. Las consecuencias de esto son muy grandes. Por ejemplo, produciremos ingenieros que no carezcan de entendimiento de la metalurgia, geología, ecología, ambiente, seguridad en salud, sistemas y de la ingeniería civil. Nuestros ingenieros podrán involucrarse en la génesis y en el desarrollo social.

Por otro lado, crece el vasto campo de la formación integral, basada en valores. La formación para aprender, la educación para el éxito personal, la profesionalización para crear el empleo, entre otros.

Según el Reglamento de organización y funciones (ROF) de la UNDAC con Resolución de Consejo Universitaria N<sup>o</sup> 1337-2018-UNDAC-C.U. la Facultad de Ingeniería presenta la siguiente organización. (Vea figura 4.1)

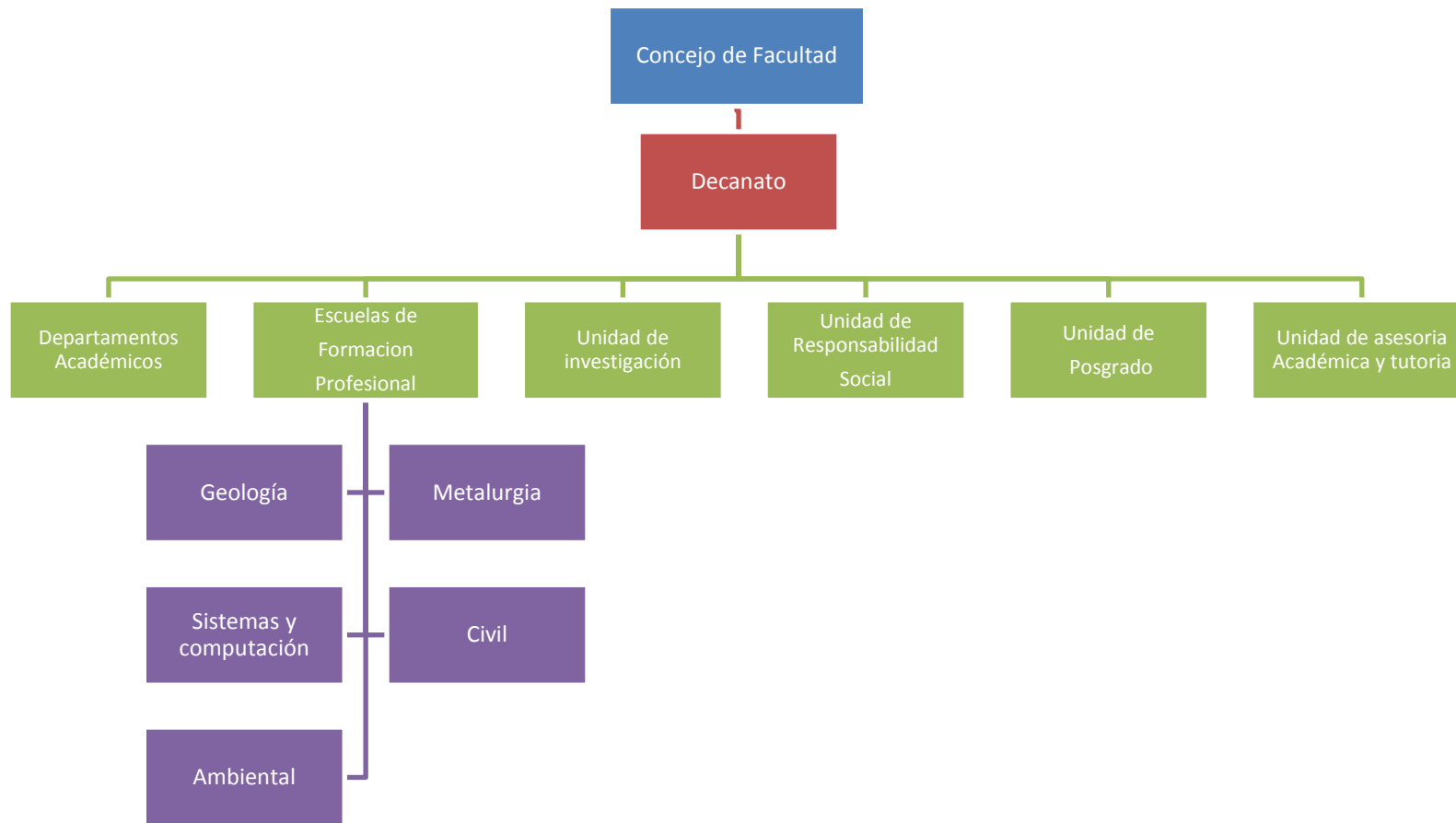


Figura 4.1. Organigrama de la Facultad de Ingeniería.  
Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.1 Visión<sup>2</sup>.**

Facultad líder con calidad académica y responsabilidad social generando ciencia y tecnología de alta calidad para el servicio a la industria peruana y la Región, con un estilo innovador de patentes.

#### **4.1.2 Misión**

Formar ingenieros competentes, investigadores, con tendencias globales en servicios especializados de consultoría e investigación y prospectivos con sensibilidad social; mediante programas de formación especializados, para liderar las empresas y organismos públicos.

#### **4.1.3 Valores de la facultad de ingeniería**

Son la base de la cultura organizacional y significan elementos esenciales que forjan la identidad institucional. Por ende, los valores que la Facultad de Ingeniería distingue, literalmente plasmado según el Plan Estratégico Institucional 2016-2021 son:

**La Excelencia**, por cuanto nuestra Facultad apunta a optimizar sus procesos para brindar un servicio adecuado a las exigencias del futuro profesional y del entorno cambiante y altamente competitivo.

**La Honestidad**, la Facultad de Ingeniería en amparo de las normas de Transparencia de la gestión pública y en concordancia con los

---

<sup>2</sup> Plan Estratégico Institucional 2016-2021, Facultad de Ingeniería, UNDAC.

lineamientos institucionales apunta a depurar toda acción que no se ajuste a las buenas prácticas establecidas; implementando mecanismos para su detección y corrección inmediata.

**La Integridad**, todo esfuerzo institucional debe apuntar a consolidar la articulación, unidad y eficiencia de las Escuelas Profesionales de nuestra Facultad.

#### **4.1.4 Organización de la escuela de sistemas y computación.**

En el año 1989 debido a la crisis minera que aquejaba en esa época a la ciudad de Cerro de Pasco afectando a las escuelas de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología, bajando la cantidad de postulantes, realiza un plan para la implementación de tres posibles escuelas a ser creadas: Ingeniería Mecánica Minera, Ingeniería Civil, Ingeniería de Sistemas y Computación.

Es así que en el año 1990 se conformaron comisiones para realizar los proyectos de creación, el de la escuela de Sistemas y Computación estaba a cargo del Ing. Raúl Cóndor Bedoya, Lic. Max Fernández Quispe, y el Ing. Eduardo Mayorca Baldoceca. El trabajo fue arduo, pero rindió frutos, en el año de 1992 la asamblea de la UNDAC mediante la resolución Rectoral Nro. 550 - A- 92 – R, resuelve aprobar la creación de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Sistemas y Computación, a quien por simplicidad se le denominará EFPSyC, siendo ratificado el 14 de agosto de 1993 en Asamblea

Universitaria Ordinaria Nro. 01, recibiendo a la primera promoción de Sistemas con 50 ingresantes.

A partir de 2010, la comisión curricular de la EFPSyC inició un proceso de revisión de la estructura y de la enseñanza de la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación que dio origen al nuevo plan de estudios (2013).

#### **A. Misión**

Formar profesionales con dominio de sus diversos conocimientos en Sistemas y Computación; aplicando normas de calidad de enseñanza nacional e internacional, basadas en investigación de calidad, con pensamiento crítico y sistémico, con valores éticos humanistas y con alta sensibilidad social e identidad nacional; para desenvolverse adecuadamente en una sociedad globalizada, competitiva y dinámica

#### **B. Visión**

Escuela Profesional líder en la formación de Ingenieros de Sistemas y Computación, capacitados bajo los estándares de calidad, con alto dominio de sus diversas inteligencias a nivel regional, nacional e internacional; para desempeñarse adecuadamente en entornos globales, competitivos y dinámicos



### C. Estructura organizativa de la EFPSyC

La estructura organizativa de la EFPSyC está conformada por: la secretaría, la Coordinación Académica, la Coordinación de CECIN, la Coordinación de Practicas Pre profesionales, Coordinación de Acreditación, Coordinación de Desarrollo curricular, Ver Figura 4.2.



Figura 4.2. Estructura organizacional de la EFPSyC.

Fuente: Elaboración propia.

Según lo observado hay siete capacidades que el egresado de la carrera profesional de Sistemas y Computación debe tener para enfrentar el mercado laboral que se relacionan directamente con el uso de laboratorios de computo (items b, c, d, g) esto obliga a que la carrera mantenga actualizada y con cantidades suficientes de computadoras cada uno de los laboratorios de computo.

#### 4.1.5 Infraestructura tecnológica de la carrera

El actual desarrollo de las actividades académicas dentro de la escuela de Sistemas y Computación implica el uso de tres laboratorios de computo, estas se encuentran en el cuarto piso del edificio de Sistemas y Computación.

Así mismo posee siete ambientes equipadas con cañones multimedia. Existe equipos de cómputo en los ambientes de coordinación académica y secretaria de la escuela.

Por otro lado, en el quinto piso del edificio existen 2 laboratorios que actualmente no se usan, pero que sin embargo uno de ellos almacena los equipos de cómputo obsoletos y dañados que están por darse de baja en la institución académica.

Para poder generar el modelo dinámico de este sistema se debe tener en cuenta que cuando se trabaja con RAEE, la unidad de medida es el peso (kilogramos), a continuación, se detalla en la tabla 4.2 la cantidad de existencia de **dispositivos electrónicos**, que denominaremos como **DE** para abreviar, por área de trabajo, expresada en unidad física (cantidad) y por su equivalente en peso.

Descripción	Cantidad	Ambiente	Peso Unitario*
PC Monitor pantalla plana	30	Laboratorio 1	10.5
PC Monitor pantalla plana	17	Laboratorio 2	10.5
PC Monitor pantalla plana	15	Laboratorio 3	10.5
PC Monitor pantalla plana	2	Coord. Academ.	10.5
PC Monitor pantalla plana	1	Cecin	10.5

PC Monitor pantalla plana	1	Secretaria	10.5
Cañón Multimedia	8	Ambientes varios	2.8
Equipo de sonido	1	Secretaria	8.7
Parlantes multimedia	2	Ambientes varios	2.8
Switchs	4	Ambientes varios	2.5

\* Es el peso promedio de cada dispositivo electrónico en Kg. Las PC comprende monitor, cpu, teclado, mouse y fuente de energía.

Tabla 4.2 Existencias en uso de dispositivos electrónicos en la Escuela de Sistemas y Computación y pesos unitarios. Fuente: elaboración propia.

Seguidamente se calcula el peso total de cada ítem y el peso total de DE en uso en la Escuela de Sistemas y Computación (vea tabla 4.3).

Descripción	Total ítem
PC Monitor pantalla plana	315.00
PC Monitor pantalla plana	178.50
PC Monitor pantalla plana	157.50
PC Monitor pantalla plana	21.00
PC Monitor pantalla plana	10.50
PC Monitor pantalla plana	10.50
Cañón Multimedia	22.40
Equipo de sonido	8.70
Parlantes multimedia	5.60
Switchs	10.00
<b>TOTAL (Kilogramos)</b>	<b>739.7</b>

Tabla 4.3 Peso total por ítem y peso total existente de DE en la Escuela de Sistemas y Computación. Fuente Elaboración propia.

Según lo calculado existe 739.7 kg de DE que se usan actualmente en la carrera de Sistemas y Computación.

Aplicando el mismo criterio se calcula el peso existente de DE que ya no son usados, es decir, que se encuentran obsoletos o dañados, todos estos DE se encuentran almacenados en el ambiente (laboratorio) del quinto piso, y que según la información proporcionada se detalla en la tabla 4.4.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Peso Unitario*</b>
PC Monitor rtc (no plano)	21	Laboratorio (5to p)	21.5
Monitor rtc (no plano)	4	Laboratorio (5to p)	11.5
Teclado	10	Laboratorio (5to p)	0.9
Mouse	11	Laboratorio (5to p)	0.3
Switch	2	Laboratorio (5to p)	2.1
Proyector multimedia	1	Laboratorio (5to p)	2.8
Estabilizador	3	Laboratorio (5to p)	2.9
Parlante	1	Laboratorio (5to p)	0.9

\* Los pesos unitarios están en Kg y corresponden al promedio, fuente elaboración propia

Tabla 4.4 Dispositivos electrónicos que se encuentran obsoletos o dañados en la Escuela de Sistemas y Computación y sus pesos unitarios. Fuente: Oficina de Control patrimonial UNDAC.

Seguidamente se calcula el peso total de cada ítem y el peso total de DE obsoletos o dañados de la Escuela de Sistemas y Computación (vea tabla 4.5).

<b>Descripción</b>	<b>Total item</b>
PC Monitor rtc (no plano)	451.50
Monitor rtc (no plano)	46.00
Teclado	9.00
Mouse	3.30
Switch	4.20
Proyector multimedia	2.80
Estabilizador	8.70
Parlante	0.90
<b>TOTAL (Kilogramos)</b>	<b>526.40</b>

Tabla 4.5 Peso total por ítem y peso total existente de DE obsoletos o dañados en la Escuela de Sistemas y Computación. Fuente Elaboración propia.

Según lo calculado existe 526.40 kg de DE que se encuentran en desuso por obsolescencia o estar dañado en la carrera de Sistemas y Computación.

## **4.2 MODELO DINÁMICO DE GESTIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA**

El modelo dinámico se genera partiendo del diagrama causal propuesto para esta investigación, este se muestra en la figura 4.3.

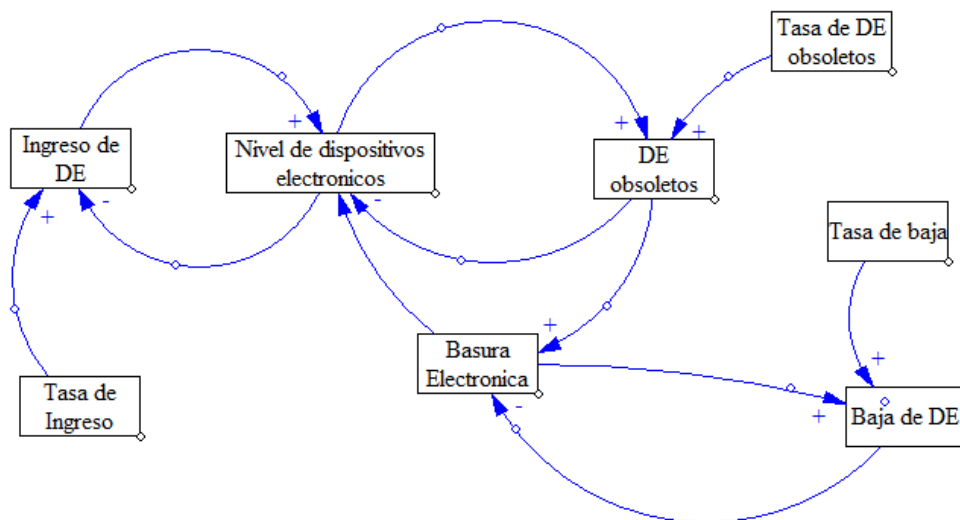


Figura 4.3. Diagrama causal de la gestión de basura electrónica

Fuente: Elaboración propia

Los valores “Total (Kilogramos)” de la tabla 4.3 y 4.5 sirven como información para inicializar las dos primeras variables identificadas del modelo del sistema dinámico, y son:

- Variable Nivel: **Dispositivos Electrónicos DE**, cuyo valor inicial es el que se encuentra en la tabla 4.3, es decir 739.7 kilogramos y corresponde a la cantidad total inicial de DE que se encuentra en uso.
- Variable Nivel: **Basura electrónica**, su valor inicial es el que se encuentra en la tabla 4.5, es decir 526.4 kilogramos y corresponde a la cantidad total inicial de DE que no se usan por estar obsoletos o dañados.

Así mismo en el modelo deben existir Convertidores que son los encargados de almacenar ecuaciones y/o valores de referencia para los cálculos como razones o tazas. En el modelo crearemos 3 convertidores y son:

- Convertidor: **Tasa de Ingreso DE**, que es la tasa a la cual ingresan los dispositivos electrónicos al nivel *Dispositivos Electrónicos DE*. Carece de unidades y su valor se obtiene de procesar la siguiente situación:

Se sabe según información de la oficina de Control patrimonial – UNDAC, que a la carrera de Sistemas y Computación llegan un promedio de 15 equipos de cómputo de escritorio (CPU, teclado, mouse, fuente de alimentación) cada 5 años, y el peso promedio de cada equipo es de 10.5 Kg. Esto representa más del 95% de dispositivos electrónicos que ingresan a la escuela, por lo que se toma como referencia para calcular la tasa de Ingreso DE.

Luego se quiere saber cuántos Kg de dispositivos electrónicos ingresan por año (DE ingresan x año) a la carrera, entonces realizamos la operación matemática:  $10.5 \times 15 / 5$  esto da 31.5 Kg.

Luego:

Tasa de Ingreso DE =  $DE \text{ ingresan } x \text{ año} / \text{Dispositivos Electrónicos DE}$

Tasa de Ingreso DE =  $31.5 / 739.7 = \mathbf{0.042}$

Este valor 0.042 es el que usa en el modelo del sistema dinámico

- Convertidor: **Tasa de DE obsoletos o dañados**, que es la tasa a la cual los dispositivos electrónicos se vuelven obsoletos o se dañan, incrementando el nivel *Basura Electrónica*.

Para su cálculo se tiene presente que el dispositivo electrónico de referencia son las computadoras de escritorio, porque representan más del 95% de dispositivos electrónicos existentes; tras ello por datos obtenidos en la Escuela de Sistemas y Computación se sabe que en promedio cada 7 años un lote de computadoras que ingresó (15 computadoras) se vuelven obsoletas o se dañan, ahora bien en este lote de equipos están computadoras con monitor plano y las que no son planas, por lo que el peso promedio es la media de ambas, es decir:  $(10.5 + 21.1)/2$  Kg esto da 15.8 Kg.

Luego se quiere saber cuántos Kg de dispositivos electrónicos pasan a ser obsoletos o se dañan por año (DE obsoletos dañados x año), entonces realizamos la operación matemática:  $15.8 \times 15 / 7$  esto da 33.85 Kg.

Luego:

Tasa de DE obsoletos o dañados =  $DE\ obsoletos\ dañados\ x\ año / Dispositivos\ Electrónicos\ DE$

Tasa de DE obsoletos o dañados =  $33.85 / 739.7 = 0.045$

Este valor 0.045 es el que usa en el modelo del sistema dinámico



- Convertidor: **Tasa baja DE**, que es la tasa a la cual los dispositivos electrónicos se dan de baja, disminuyendo el nivel *Basura Electrónica*.

En promedio cada 10 años se realiza un proceso de baja de dispositivos electrónicos, por lo general de un lote de 15 computadoras. El peso medio por PC como ya se vio anteriormente es el promedio equivalente a 15.8Kg.

Realizando cálculos se obtiene que por año se da de baja 23.7 Kg.

Luego:

$$\text{Tasa baja DE} = 23.7 / \text{Basura Electrónica}$$

$$\text{Tasa baja DE} = 23.7 / 526.4 = \mathbf{0.045}$$

Este valor 0.045 es el que usa en el modelo del sistema dinámico

El modelo también presentara variables de flujo, identificamos 3 variables y son:

- Variable de Flujo: **Ingreso de DE**, que representa el flujo de ingreso de dispositivos electrónicos a la variable de nivel o stock *Dispositivos Electrónicos DE*, la fórmula para calcular su valor es:

$$\text{Ingreso de DE} = \text{Dispositivos Electrónicos DE} * \text{Tasa de Ingreso DE}$$

- Variable de Flujo: **DE Obsoletos o dañados**, representa el flujo de salida de dispositivos electrónicos obsoletos o dañados desde la variable nivel

*Dispositivos Electrónicos DE* hacia la variable nivel *Basura Electrónica*.

La fórmula para calcular su valor es:

DE Obsoletos o dañados = *Dispositivos Electrónicos DE* \* *Tasa de DE obsoletos o dañados*

- Variable de Flujo: **Baja DE**, representa el flujo de salida de dispositivos electrónicos que serán dados de baja y que por consiguiente reducen el contenido de la variable nivel *Basura Electrónica*, La fórmula para calcular su valor es:

Baja DE = *Basura Electrónica* \* *Tasa baja DE*

Realizando un cuadro resumen encontramos los siguientes componentes para la construcción del modelo de dinámica de sistemas (vea tabla 4.6)

Tabla 4.6 Lista de variables del modelo de dinámica de sistemas

<b>Variable</b>	<b>Tipo</b>
Dispositivo Electrónico DE	Nivel
Basura Electrónica	Nivel
Ingreso DE	Flujo
DE Obsoletos o dañados	Flujo
Baja DE	Flujo
Tasa de Ingreso DE	Convertidor
Tasa DE obsoletos o dañados	Convertidor
Tasa baja DE	Convertidor

Teniendo las variables que compondrán el modelo que represente como se produce basura electrónica, se prepara un modelo grafico basado en el diagrama

Forrester, mediante el software Stella v 9.0, aplicación desarrollada especialmente para representar modelos de dinámica de sistemas. El manual de uso de este software lo encontraremos en el Anexo 2.

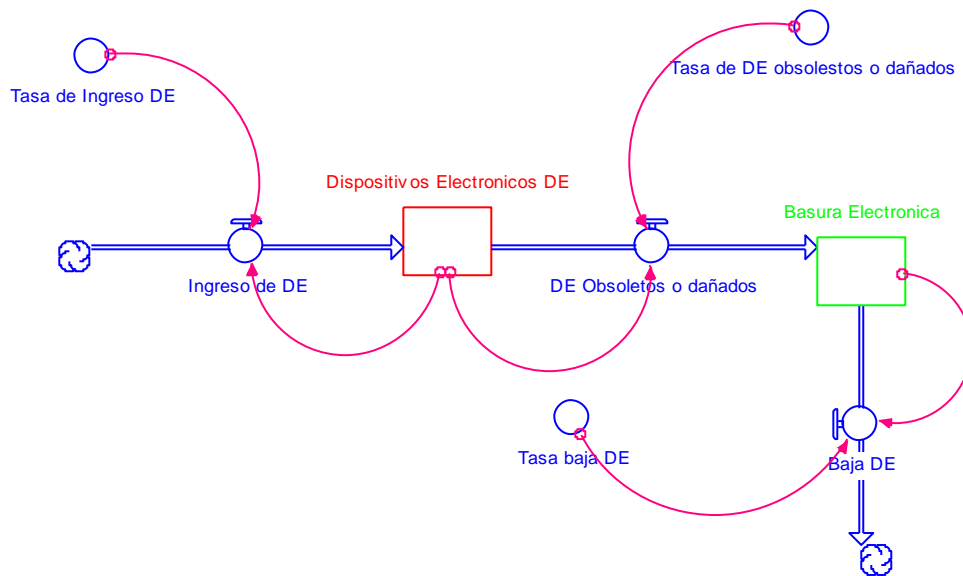


Figura 4.4 Modelo de producción de Basura Electrónica.

Fuente: Elaboración propia

El modelo contiene 2 niveles el primer nivel *Dispositivos Electrónicos DE* es alimentado por el flujo *Ingreso DE*, pero también se observa que de este nivel egresa flujo mediante *DE Obsoletos o dañado*, mismo que sirve como alimentación para el nivel *Basura Electrónica* que está conectado a un flujo de salida denominado *Baja DE*.

El modelo construido en el software Stella, adicionalmente presenta 2 cuadros gráficos que trazan la evolución de la variable bajo estudio Producción de Basura Electrónica y la variable adicional Cantidad de Dispositivos Electrónicos. (Vea Figura 4.5)

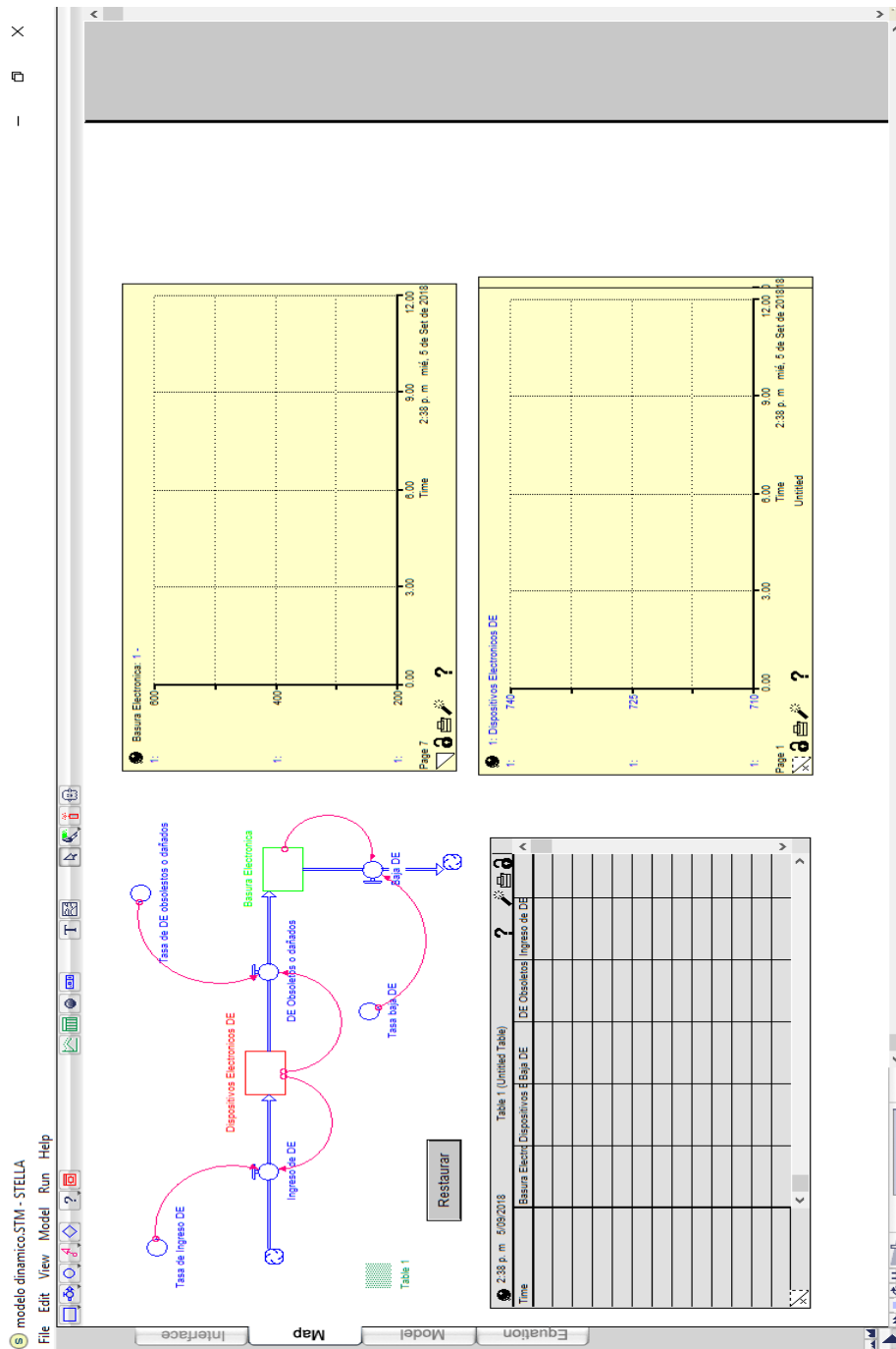


Figura 4.5 Interface del modelo de producción de basura electrónica.

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El modelo desarrollado es puesto a prueba y evaluado en este capítulo a fin de emitir juicio de valor sobre el mismo en cuanto su aproximación a la situación real y la proyección de resultados futuros mediante escenarios posibles.

#### **5.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO**

Se ha realizado previamente la recolección de datos de diferentes fuentes de información, como son Oficina de Control Patrimonial de la universidad, Escuela de sistemas y Computación y la Facultad de Ingeniería, toda esta información se enfoca entorno a la muestra “dispositivos electrónicos en la Escuela de Sistemas y Computación” propuesta para la investigación.

En el trabajo de campo, se han realizado con toda normalidad el recojo de la información en función de lo planificado para cumplir con los objetivos de la investigación, permitiendo realizar la aplicación del modelo dinámico.

## **5.2 PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS.**

El propósito es presentar el proceso que conduce a la demostración de la hipótesis en la investigación “Modelo de dinámica de sistemas para gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería, Undac – Pasco 2018”.

Como resultado de la aplicación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos después de realizado el trabajo de campo, presento enseguida los resultados del modelo de dinámica de sistemas aplicado a la gestión de la producción de basura electrónica, cada una de las variables de estudio y sus respectivos datos estadísticos, así como las interpretaciones correspondientes,

## **5.3 PRUEBA DEL MODELO**

Una vez acopiada y validada la data, se determina las salidas del modelo en condiciones iniciales y proyectando los resultados a 12 años, apoyados con el software Stella 9.0.

Primeramente, el modelo dinámico fue puesto a prueba con los datos originales de la situación actual, arrojando los valores que se muestran en la tabla 5.1, y que guardan relación con la forma como se gestiona actualmente

la basura electrónica y la proyección para 12 años. La primera columna Time indica el tiempo en años, la columna 2 Indica el nivel de basura electrónica (Kg), la columna 3 es el nivel de dispositivos electrónicos (Kg), la columna 4 expresa la cantidad de DE (Kg) que se dan de baja por año, la columna 5 indica la cantidad de DE (Kg) que se declaran obsoletos y finalmente la última columna (columna 6) refiere a la cantidad de DE que ingresa en el sistema.

Time	Basura Electro	Dispositivos El	Baja DE	DE Obsoletos	Ingreso de DE
0	526.40	739.70	46.32	33.29	31.07
1	513.36	737.48	45.18	33.19	30.97
2	501.37	735.27	44.12	33.09	30.88
3	490.34	733.06	43.15	32.99	30.79
4	480.18	730.86	42.26	32.89	30.70
5	470.81	728.67	41.43	32.79	30.60
6	462.17	726.48	40.67	32.69	30.51
7	454.19	724.31	39.97	32.59	30.42
8	446.82	722.13	39.32	32.50	30.33
9	439.99	719.97	38.72	32.40	30.24
10	433.67	717.81	38.16	32.30	30.15
11	427.81	715.65	37.65	32.20	30.06
Final	422.37	713.51			

Tabla 5.1. Resultados modelo con datos iniciales y proyección a 12 años.

En las condiciones actuales se observa que la basura electrónica se reducirá de 526.4 Kg a 422.37 Kg, esto significa una reducción 19.77% en su generación. Esto es teniendo presente que cada 10 años se da de baja a los equipos de cómputo que conforman el grueso de DE que generan la basura electrónica.

Sin embargo, se propone 3 escenarios alternos, centrado en una política de recolección de los DE, en función de las siguientes condiciones:

Debe existir una normativa que regule dentro de la Facultad el recojo de la basura electrónica generada. En ella se debe incluir:

- Periodos de baja de dispositivos electrónicos
- Periodos de tiempo en los que se recoge la basura electrónica.
- Lugares de almacenamiento de los desechos electrónicos.

Si se considera recoger los DE que son dados de baja cada 9 años, cada 8 años, o cada 7 años, entonces los resultados que se obtiene se muestran la Figura 5.1, en esta se observa como la cantidad de basura electrónica disminuye considerablemente a lo largo de los 12 años de simulación, siendo la línea verde, etiquetada con el número 4, la que corresponde a recojo de DE cada 7 años.

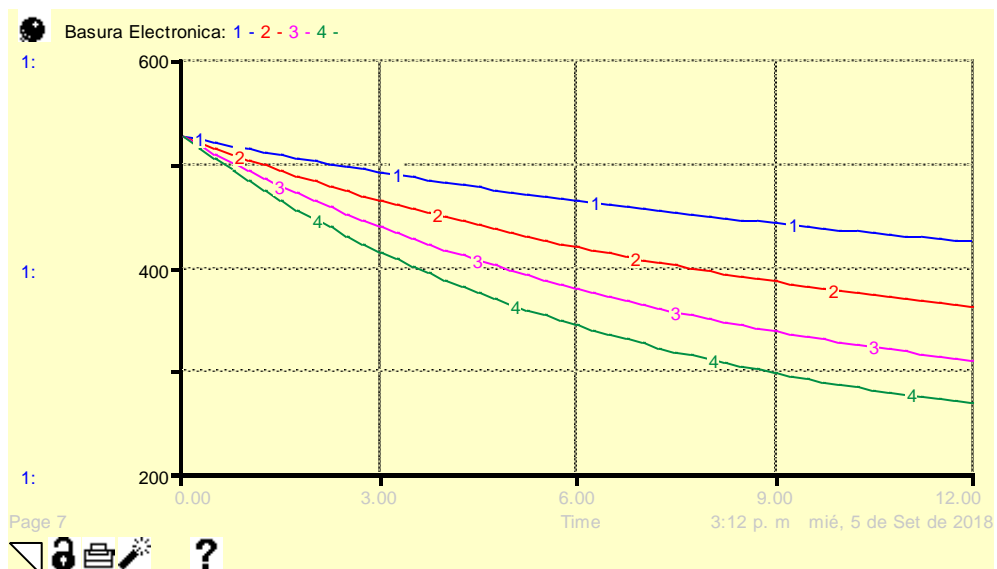


Figura 5.1 Evolución de la producción de basura electrónica (Kg).



Aplicar esta reducción de tiempo en el recojo de DE dados de baja trae consigo que la cantidad de DE en uso disminuye, obsérvese la Figura 5.2, si lo evaluamos en función de computadoras, se tendría una computadora menos en promedio a lo largo de los 12 años.

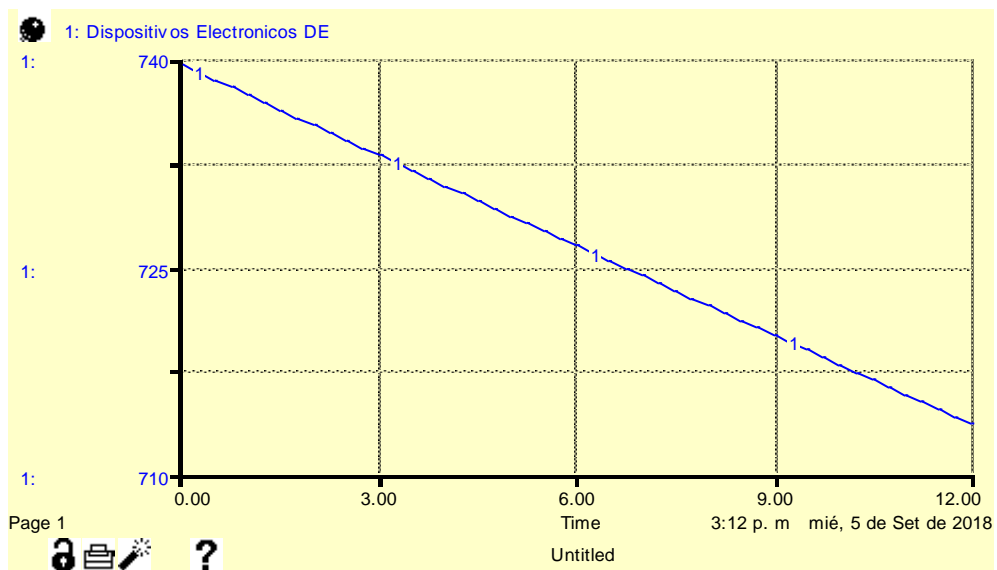


Figura 5.2 Evolución de la cantidad de dispositivos electrónicos (Kg)

Finalmente, la tabla 5.2 muestra como los resultados obtenidos para el escenario futuro en base a los 7 años propuestos. La cantidad de basura electrónica pasa de 526.4 Kg a 261.09 Kg, lo que indica una reducción de la basura electrónica en 50.4%, un valor muy superior a lo que sucedería si continuásemos con la gestión actual para el tratamiento de basura electrónica.

Time	Basura Electro	Dispositivos El	Baja DE	DE Obsoletos	Ingreso de DE
0	526.40	739.70	78.96	33.29	31.07
1	480.73	737.48	72.11	33.19	30.97
2	441.80	735.27	66.27	33.09	30.88
3	408.62	733.06	61.29	32.99	30.79
4	380.32	730.86	57.05	32.89	30.70
5	356.16	728.67	53.42	32.79	30.60
6	335.52	726.48	50.33	32.69	30.51
7	317.89	724.31	47.68	32.59	30.42
8	302.80	722.13	45.42	32.50	30.33
9	289.87	719.97	43.48	32.40	30.24
10	278.79	717.81	41.82	32.30	30.15
11	269.27	715.65	40.39	32.20	30.06
Final	261.09	713.51			

Tabla 5.2. Resultados modelo con datos finales y proyección a 12 años, considerando periodos de recojo cada 7 años.

#### 5.4 CONTRASTACIÓN Y VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

A continuación, se contrasta las hipótesis de la investigación, para ello pasaremos a mencionar una a una y demostrar su validez.

##### **Hipótesis específica 1:**

*Un análisis del sistema de producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería permite definir los elementos que intervienen.*

Realizado el análisis del sistema bajo estudio se identificó los siguientes elementos que intervienen, Tabla 5.4:

Variable	Tipo	Valor (inicial/o constante)
Dispositivo Electrónico DE	Nivel	739.7 Kg
Basura Electrónica	Nivel	526.4 Kg

Ingreso DE	Flujo	-
DE Obsoletos o dañados	Flujo	-
Baja DE	Flujo	-
Tasa de Ingreso DE	Convertidor	0.042
Tasa DE obsoletos o dañados	Convertidor	0.045
Tasa baja DE	Convertidor	0.045

Tabla 5.3. Elementos que intervienen en la gestión de basura electrónica.

Por lo que se considera validada la hipótesis específica 1.

**Hipótesis específica 2:**

*Un modelo de dinámica de Sistemas permite representar adecuadamente la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC.*

Para validar esta hipótesis nos valemos de la tabla 5.1 (Ver Figura 5.4), cuyos valores obtenidos reflejan las condiciones iniciales para el periodo de tiempo CERO, en consecuencia, el modelo dinámico Forrester representa adecuadamente la producción de basura electrónica, vea en la figura 5.3.

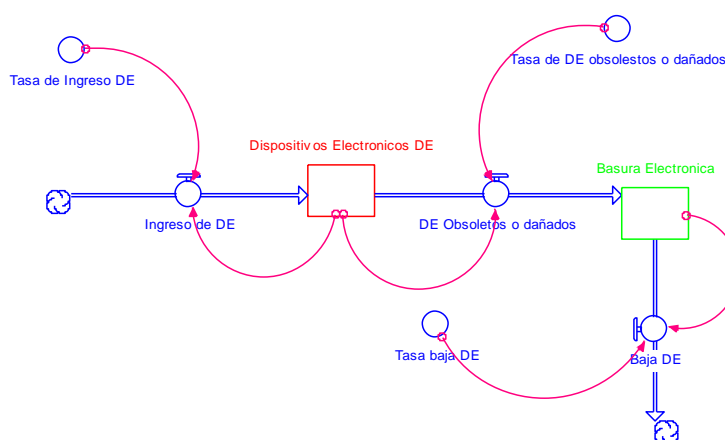


Figura 5.3 Modelo dinámico de la producción de basura electrónica.

Time	Basura Electro	Dispositivos El	Baja DE	DE Obsoletos	Ingreso de DE
0	526.40	739.70	46.32	33.29	31.07
1	513.36	737.48	45.18	33.19	30.97

Figura 5.4. Fragmento de la tabla 5.1, muestra de valores iniciales.

Finalmente, *la hipótesis general* de la investigación “*Un modelo de dinámica de sistemas permite generar escenarios posibles apropiados para gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC a través de software de simulación*”, queda demostrada, ya que el modelo dinámico creado y puesto a prueba mediante el software de simulación Stella v. 9.02, simula escenarios futuros diversos, encontrándose que se puede mejorar la gestión de la basura electrónica si se implementan políticas, enfocadas principalmente en la reducción de tiempo de recojo de basura electrónica a 7 años. Conforme se demostró en el ítem 5.3.

## CONCLUSIONES

De lo estudiado en esta tesis se establece las siguientes conclusiones:

1. El uso de la Dinámica de sistemas es una herramienta útil para evaluar el funcionamiento de un sistema. El tratamiento de los datos y el análisis de los resultados permite concluir sobre el comportamiento de la producción de basura electrónica y visualizar la mejor manera de gestionarla.
2. Se construyó un modelo apoyado en el software Stella V9.0, para el cual se identificó primeramente 8 variables, distribuidos en: 2 variables tipo nivel, 2 variables tipo flujo y 3 variables tipo convertidores, conforme se indica:
  - Dispositivo Electrónico DE
  - Basura Electrónica
  - Ingreso DE
  - DE Obsoletos o dañados
  - Baja DE
  - Tasa de Ingreso DE
  - Tasa DE obsoletos o dañados
  - Tasa baja DE
3. Dentro de las variables de nivel esta la que es menester de este estudio Producción de basura electrónica.
4. Se obtuvo un modelo dinámico que representa de manera apropiada la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – Undac.
5. En las condiciones actuales se observa que la basura electrónica se reducirá de 526.4 Kg a 422.37 Kg, esto significa una reducción 19.77% en su generación. Esto es teniendo presente que cada 10 años se da de baja a los

equipos de cómputo que conforman el grueso de DE que generan la basura electrónica.

6. La simulación muestra que si se recoge la basura electrónica cada 7 años la cantidad de basura electrónica pasa de 526.4 Kg a 261.09 Kg, en 12 años, lo que indica una reducción de la basura electrónica en 50.4%, un valor muy superior a lo que sucedería si continuásemos con la gestión en la situación actual.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se debería de aplicar como escenarios factibles el modelo propuesto con las adecuaciones dadas.
2. Se recomienda implementar políticas que apoyen a una mejor gestión en el tratamiento de los RAEE.
3. Fomentar una cultura de gestión de dispositivos electrónicos en la Facultad de Ingeniería y protocolos que contribuyan a no generar basura electrónica o en todo caso a darle un tratamiento pertinente.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Hernández S. Roberto, Fernández C. Carlos y Baptista L. María del Pilar. (2010). Metodología de la Investigación. 5ª. Edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. México.
- 2 Balestrini, Miriam. (2006). Cómo se elabora el Proyecto de investigación. 5ª Edición. Editorial Consultores Asociados. Caracas.
- 3 Harrington, H. James. (1998). Mejoramiento de procesos de la empresa. Editorial Mc Graw Hill. Santa Fe de Bogotá.
- 4 Peeranart kiddee, Ravi naidu y ming h. Wong. (2013). “Electronic waste management aproches: An overview”. Elsevier.
- 5 Chiavenato, I. (2006). Introducción a la teoría general de la administración (7.a ed.). McGraw-Hill.
- 6 Puckett J, & T. Smith (2002): Exporting harm: the high-tech trashing of Asia. The Basel Action Network. Seattle7 Silicon Valley Toxics Coalition.
- 7 Daniela Berkowitz, & Emy Rivero. (2017). Mapa Sistémico: mirando la complejidad del territorio, más allá de los resultados académicos. Nota Técnica N°9-2017.
- 8 ISO 9000. (2015). Norma internacional ISO 9000:2015. ISO 2015.
- 9 Javier Aracil, G. (1997). Dinámica de Sistemas (3.a ed.). Madrid: Alianza Editorial.
- 10 Kenneth E. Kendall. (2005). Análisis y diseño de sistemas (6.a ed.). México: Pearson Educación.



- 11 Luz Arabany Ramírez C. (2002). Teoría de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- 12 Ortiz-Moctezuma, M. B. (2015). Sistemas dinámicos en tiempo continuo: Modelado y simulación. <https://doi.org/10.3926/oss.25>
- 13 Rozman, Č., Škraba, A., & Kljajić, M. (2012). Methodology of system dynamics for decision support in agriculture. *Agricultura*.
- 14 Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos aprobado por N°001-2012-MINAM.

INTERNET, Varias páginas de investigación:

1. StEP. Solving the e-waste problem: a synthetic approach (StEP), Draft Project Document; 2005. <http://step.ewaste.ch>. visitada 12 de julio de 2018.
2. Directive 2002/96/EC EU of the European parliament and of the council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) — joint declaration of the European parliament, the council and the commission relating to article 9. Official Journal L037:0024-3. <http://europa.eu.int/eur-lex/en/>; visitada el 15 de Julio de 2018.
3. Programación dinámica. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Programaci%C3%B3n\\_din%C3%A1mica&oldid=103760901](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Programaci%C3%B3n_din%C3%A1mica&oldid=103760901). visitada el 15 de Julio de 2018.
4. Programación dinámica. (2017). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=>

[Programaci3%B3n din3%A1mica&oldid=103760901](#). visitada el 15 de

Julio de 2018.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### TEMA: “MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA GESTIONAR LA PRODUCCIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNDAC – PASCO 2018”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿De qué manera un modelo de dinámica de sistemas permitirá gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería -UNDAC?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b></p> <p>1 ¿Cómo identificar los parámetros que intervienen en la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC?</p> <p>2 ¿Cómo obtener una representación adecuada del sistema de producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería - UNDAC</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería de la UNDAC mediante un modelo de dinámica de sistemas.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <p>1 Identificar los parámetros que intervienen en la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC.</p> <p>2 Proponer un modelo de dinámica de Sistemas que represente la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b> Un modelo de dinámica de sistemas permite generar escenarios posibles apropiados para gestionar la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC a través de software de simulación.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b></p> <p>1. Un análisis del sistema de producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería permite definir los elementos que intervienen.</p> <p>2. Un modelo de dinámica de Sistemas permite representar adecuadamente la producción de basura electrónica en la Facultad de Ingeniería – UNDAC.</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b> Modelo de dinámica de sistemas</p> <p><b>INDICADORES</b> - Numero de parámetros identificados  - Modelo del sistema de producción de basura electrónica</p> <p><b>DEPENDIENTES</b> Producción de basura electrónica</p> <p><b>INDICADORES</b> - Nivel de producción de basura electrónica.  - Escenarios posibles de producción de basura electrónica.</p>	<p><b>TIPO:</b> Descriptivo</p> <p><b>DISEÑO:</b> No experimental</p> <p><b>MUESTRA:</b> Equipos de la escuela de Sistemas y Computación</p>

# MANUAL STELLA 9.0

## Aspectos generales

Stella es un programa de simulación por computadora, que proporciona un marco de referencia y una interfase gráfica de usuario para la observación e interacción cuantitativa de las variables de un sistema.

La interfase se puede utilizar para describir y analizar sistemas biológicos, físicos, químicos o sociales muy complejos. Complejidad que se puede representar muy bien, con sólo 4 elementos o bloques de construcción: *stock*, *flujo*, *conector* y *convertidor*.

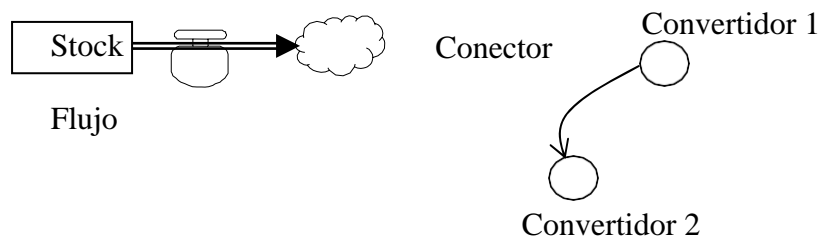


Figura 1.1. Elementos básicos en Stella.

**Stock:** Es un símbolo genérico para cualquier cosa que acumula o consume recursos. Por ejemplo. Agua acumulada en una tina de baño. En cualquier tiempo, la cantidad de agua en la tina refleja la acumulación del agua que fluye desde la llave, menos lo que fluye hacia el drenaje. La cantidad de agua es una medida del stock de agua.

**Flujo:** Un flujo es la tasa de cambio de un stock. En el ejemplo de la tina de baño, los flujos son el agua que entra y el agua que sale.

**Convertidor:** Un convertidor se utiliza para tomar datos de entrada y manipularlos para convertir esa entrada en alguna señal de salida. En el ejemplo de la tina de baño, si se toma el control de la llave que vierte el agua al interior, el convertidor toma como entrada esta acción en la llave y convierte la señal en una salida que se refleja en la salida de agua.

**Conector:** Un conector es una flecha que le permite a la información pasar entre: convertidores; stocks y convertidores; stocks, flujos y convertidores. Un conector cuya dirección va de un convertidor 1 a un convertidor 2 significa que el convertidor 2 es función del convertidor 1. En otras palabras, el convertidor 1 afecta al convertidor 2.

El cuadro 1 proporciona ejemplos de variables que se pueden clasificar como stock's y flujos (entre muchas otras).

Flujos de entrada	Stocks	Flujos de salida
Nacimientos	Población	Muertes
Plantación	Abetos	Tala
Alimentación	Alimento en el estomago	Digestión
Incremento	Autoestima	Decremento
Contratación	Empleados	Despidos
Aprendizaje	Conocimiento	Olvido
Producción	Inventario	Envíos

Prestamos	Deuda	Pagos
Recobrar	Salud	Declinar
Acumular	Presión	Disipar
Construir	Construcciones	Demolición
Flujo de entrada	Agua en la tina de baño	Flujo de salida

Cuadro 1.1. Ejemplos de stock's, con sus flujos de entrada y salida.

## 1.1 STELLA. El entorno de trabajo

Esta herramienta de modelación presenta tres grandes capas:

1. La de “mapeo”, que permite definir valores iniciales de stock's, flujos o conectores, donde también se muestra una elegante presentación del modelo ya terminado. Se podría considerar la fase de “dibujo” del sistema, donde se definen la estructura y el aspecto que presenta cada componente.
2. La capa de construcción del modelo, que en conjunto con la capa anterior constituyen **la verdadera área de trabajo**, ya que aquí se definen los valores iniciales de las variables y de las tasas de cambio.
3. La capa de ecuaciones matemáticas utilizadas en el modelo, que el usuario puede evitar si no le interesa mucho la parte matemática del modelo.

Los **bloques de construcción** son los 4 íconos con los que se construye los diagramas de un sistema.

Las **herramientas y objetos** permiten posicionar, definir, duplicar y eliminar bloques de construcción en el diagrama.

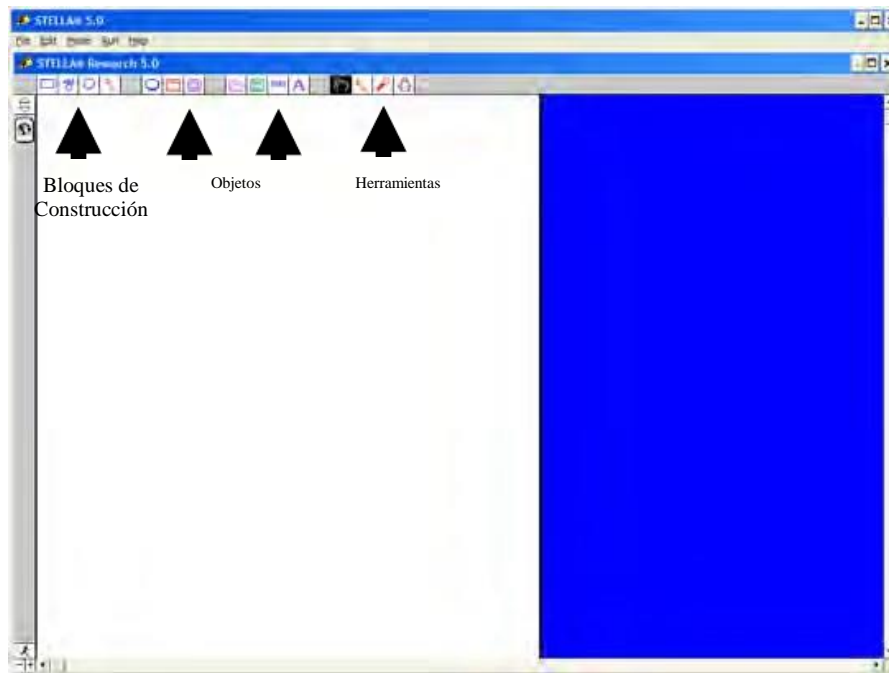


Figura 1.2. Capa de construcción de modelos, ventana que se presenta al entrar a STELLA.

Para mostrar cómo se trabaja en el entorno Stella: “navegar” entre las diferentes capas y el uso de cada una de ellas, se desarrolla un ejemplo de ecología.

**E.1.1.** Representar la variable población, mediante un bloque de construcción “stock”. Este tipo de variables representa cualquier cosa que se acumula o declina y que puede ser física o conceptual (cuadro 1).



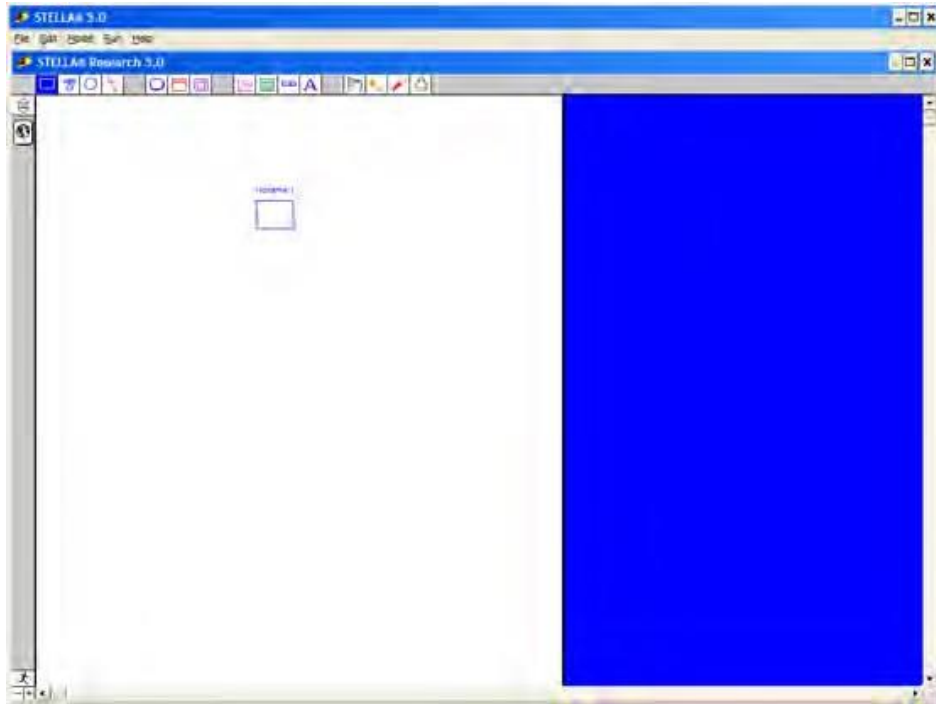


Figura 1.3. Modelo con un “stock”.

Para esto, seleccionar el icono de stock (□) y hacer un arrastre hacía el centro de la pantalla

El bloque stock tiene el nombre **Noname 1**, el cual se puede cambiar al dar un clic sobre el nombre y como en cualquier procesador de palabras dar el nombre población. En este momento la población no cambia, ya que no presenta flujos de entrada o salida.

Agregar un flujo, en este caso de entrada. Seleccionar el icono de flujo dando un clic sobre él. Posicionar el “mouse” a la izquierda del bloque que ya se tiene y hacer un arrastre hasta hacer contacto con dicho bloque (asegurarse que el stock se coloree al contacto).

Si no se hace contacto los dos bloques quedan desconectados, en cuyo caso se recomienda eliminar el flujo con la herramienta “cartucho de dinamita”. Para esto dar un clic sobre esta herramienta (la tercera), después ir al centro del bloque a eliminar y dar un clic, presionado el Mouse hasta que desaparezca.

**Ponerle el nombre de nacimientos a este flujo.**

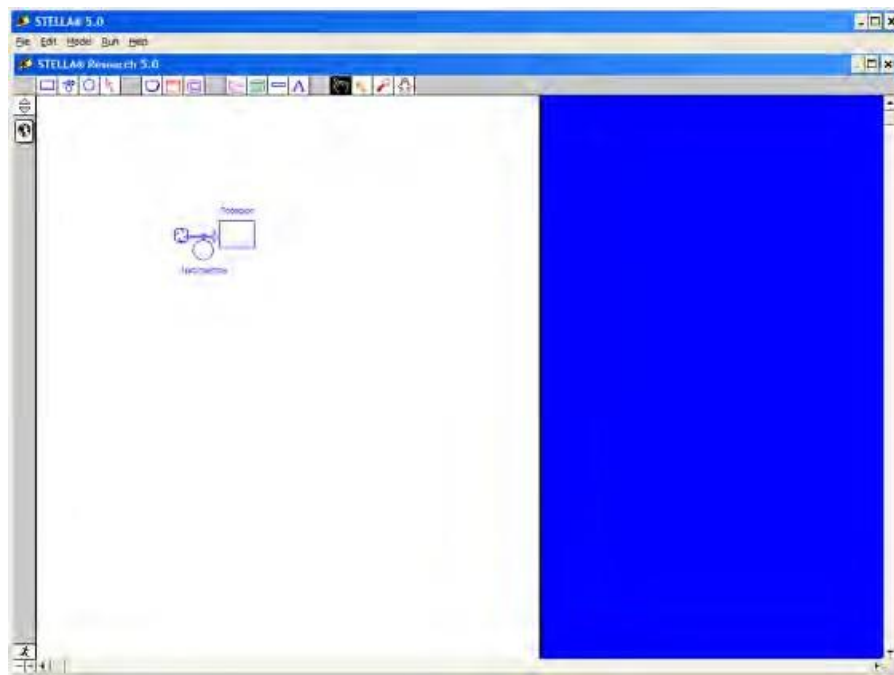


Figura 1.4. Modelos con un “stock” y flujo.

El flujo consiste de un tubo hueco con una flecha en un extremo y una nube en el otro. El tubo es para representar el acarreo del flujo de materia o de información, estos son regulados por las pequeñas espitas en la parte superior de cada tubo (simbolizado por una estructura en forma de “T”). El círculo colgado al fondo de la espita es el receptáculo para especificar la lógica que deberá regular la posición de la espita y de ahí el volumen del flujo. De manera conjunta, el círculo y la espita controlan la tasa de flujo.

Con respecto a las nubes que se presentan, estas se utilizan para indicar que nada viene o va a parar a las nubes, es una forma de indicarle al modelador que debe **cuidar los orígenes o destinos del flujo**. También sirven para delimitar las fronteras del sistema. Faltan dos bloques de construcción, el círculo al que se le llama **convertidor** ya que comúnmente se utiliza para “convertir” cosas que van a entrar de alguna forma. Dependiendo de la señal generada por el convertidor, una espita se puede abrir o cerrar. Y la otra es el conector, que se platicaran conforme aparezcan en la modelación.

3. Definir las relaciones algebraicas del modelo. Como ya se dijo, en STELLA hay dos formas de visualizar un modelo: en el modo de mapeo (dibujo) y en el de datos. Para cambiar de modo basta con dar un clic sobre el “globo” o sobre la  $\square$  como un “switch”. Arriba de estos símbolos se encuentran unas flechas (hacia arriba y hacia abajo), que permiten “navegar” entre las diferentes capas o niveles de Stella. Al dar clic sobre el globo aparece la siguiente pantalla

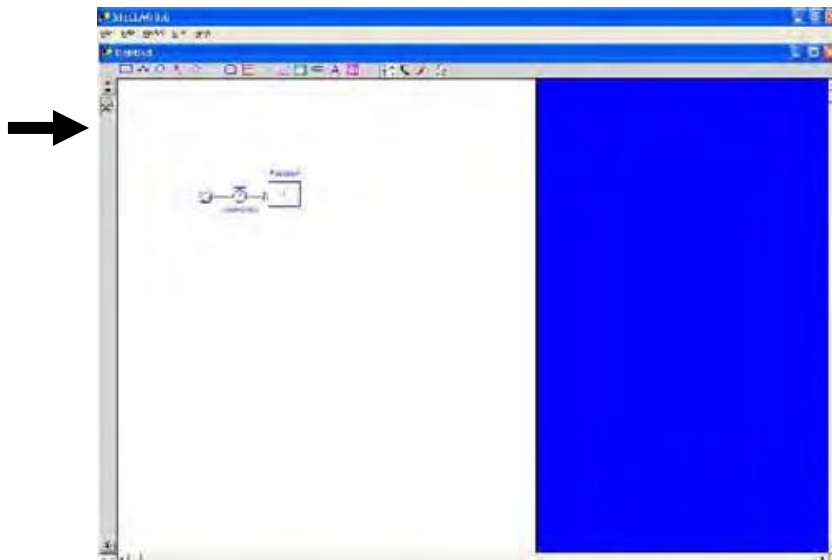


Figura 1.5. Interfaz de datos.

Se debe notar el signo ? en el stock y en el flujo. Esto indica que no se han dado valores iniciales o que no se han definido las correspondientes relaciones

matemáticas. Para esto se debe establecer el escenario a modelar. Para este ejemplo se propone una pequeña ciudad con 5000 habitantes, donde cada año, por lo menos en los últimos años, nacen unos 150 niños al año. La tarea es estimar que le sucede a esta población en los siguientes años.

Dar un **doble-clic** sobre el **flujo nacimientos**, con lo que aparece la siguiente caja de diálogo



Figura 1.6. Valores iniciales o ecuaciones de un flujo.

En la esquina superior izquierda se tiene el **nombre del flujo**, después aparece la opción para hacer el **flujo bi-direccional** (por default, estos son unidireccionales). Algunos autores consideran buena práctica manejar todos los flujos como bidireccionales, lo que garantiza que no se tomen valores negativos en el flujo (en este ejemplo, es absurdo pensar en nacimientos negativos).

En el lado izquierdo al centro se tiene una lista titulada **Required Inputs**. Que contiene una lista de los elementos que se pueden utilizar en la ecuación (en esta caso todavía esta vacía). Al centro se tiene una calculadora que permite ingresar números u operadores aritméticos para generar ecuaciones, aunque también se puede hacer con el teclado. A la derecha de la calculadora se tiene

una lista de funciones (simples o complejas), **Builtins**, que se pueden utilizar en la definición de ecuaciones.

Al fondo se tiene una caja de diálogo para definir la ecuación de este flujo. En este ejemplo se “teclea” el valor de 150.

Dar un clic sobre el botón **Document**, para que aparezca un campo texto donde se puede documentar el flujo, de manera que otros puedan seguir la lógica de modelación.

Después de hacer esto desaparece el signo de interrogación, lo que indica que la variable o flujo están definidos. Considerar, ahora, la **variable población**, para esto dar un doble clic sobre ella, para que aparezca la siguiente pantalla.

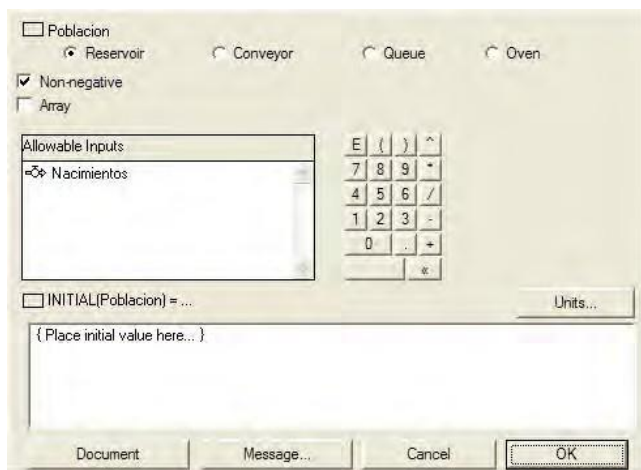


Figura 1.7. Valores iniciales de un stock.

Es importante notar la diferencia con relación al diálogo del flujo. En la parte superior hay una lista de los posibles **tipos de stock**, los tres últimos son variaciones del primer tipo. La opción **Non-negative** obliga a que la variable tome valores positivos o cero. Luego se tiene la lista **Allowable Inputs** que lista las variables que se pueden o no utilizar en la definición de los valores iniciales del stock.

Al fondo de la pantalla se tiene una caja de diálogo que solicita el valor inicial del stock (no se pide una ecuación como en el flujo). Los stocks solo pueden cambiar por flujos de entrada o salida. En este caso se tiene un valor inicial de 5000. Entonces hay que dar el valor de 5000, también se puede (o se debe) documentar la definición dando un clic sobre el *Document*.

Cuando ya no se tienen signos ? el modelo está listo para “correr”. Sin olvidarse de generar un bloque donde se “vean” los resultados, en este caso seleccionar el icono de gráficos y “ponerlo” en el área de trabajo. Una vez que se tiene el gráfico dar un doble clic sobre él para editar sus opciones, apareciendo la siguiente pantalla.

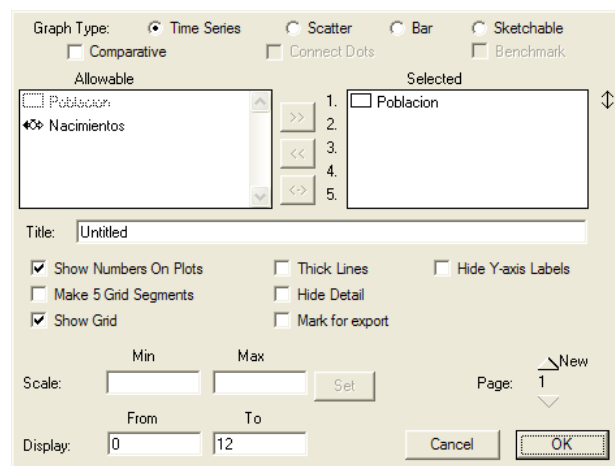


Figura 1.8. Características de un gráfico.

En la caja de la izquierda aparece una lista de todas las variables en el modelo. La caja de la derecha contiene todas las variables que se hayan seleccionado para incluir en el gráfico. Las variables se pueden mover fácilmente de *Allowable* a *Selected*, ya sea con un doble clic o seleccionando la variable y dando un clic sobre el botón de las flechas de dirección. También se le puede dar un título al gráfico, en la caja *Title*.

El modelo ahora está listo para “correr”. Para esto, dar un clic sobre el “corredor” de la esquina inferior izquierda de la ventana de trabajo y luego seleccionar el botón “play”.

Como resultado aparece la siguiente gráfica

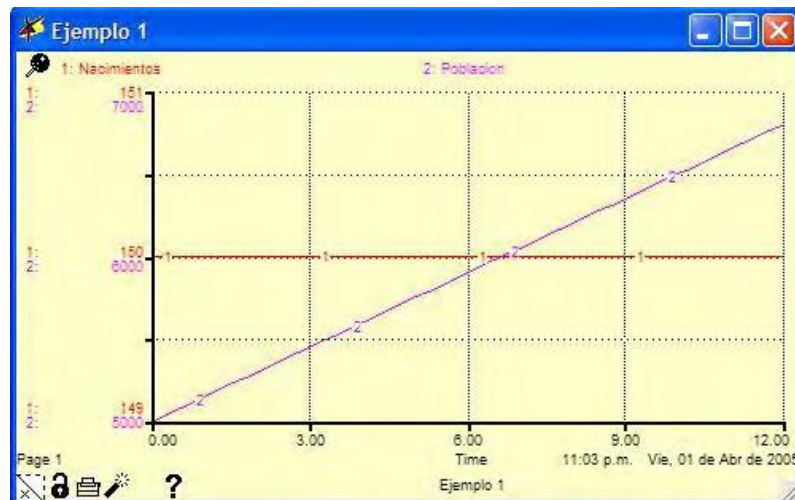


Figura 1.9. Resultados, modelo con un flujo de entrada.

Se observa que nacimientos, identificado por el número 1 es constante, en un valor de 150, mientras que la población crece de manera constante, aparentemente sin límite. Entonces, hace falta una variable de salida, para lo cual se le agrega al modelo un flujo que salga del stock población.

El modelo queda como se muestra en la figura 1.10.

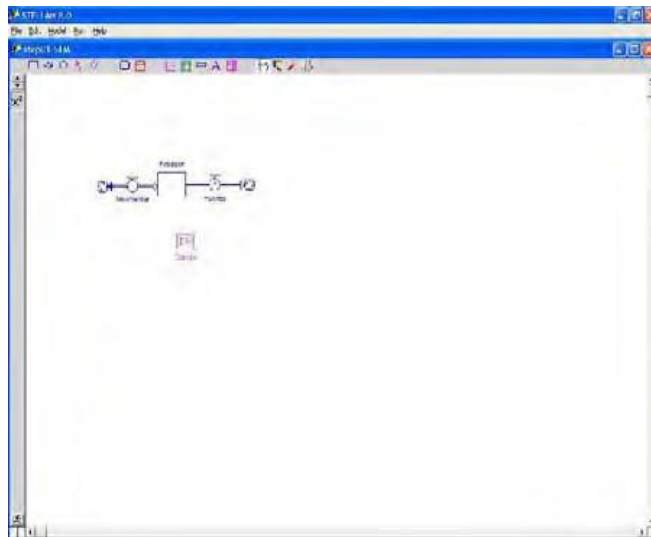


Figura 1.10. Modelo con flujo de entrada y salida.

Se debe notar el signo ? en el flujo muertes. Pero se tiene el dato de que 75 personas (principalmente ancianos) mueren cada año.

En las propiedades del flujo definirlo como **biflow** y en la caja de ecuación teclear el valor 75, además de documentar la variable con la opción **Document**.

El siguiente paso es dar un doble clic sobre el gráfico para agregarle la variable muertes (como se mostró en la figura 8). Entonces se tiene un gráfico con 3 variables, cada una identificada por un color diferente y con su propia escala, figura 1.11.

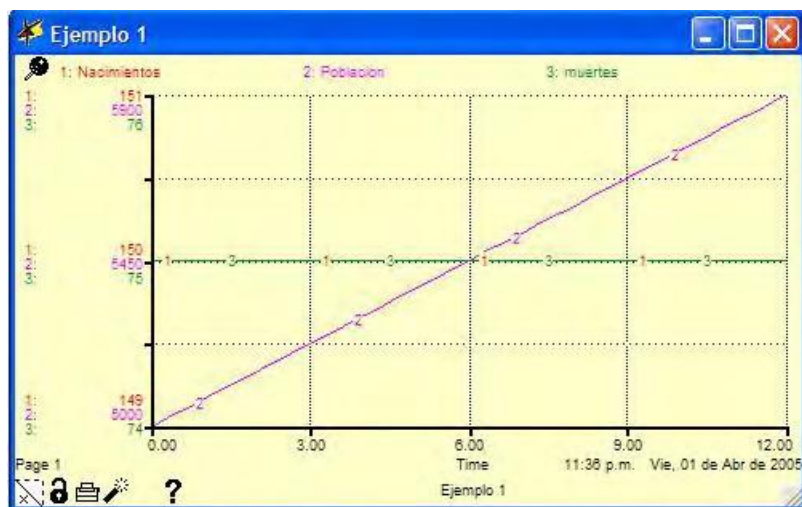


Figura 1.11. Resultados, modelo con un flujo de entrada y uno de salida.



Es importante notar que por cuestiones de escala no se diferencian los nacimientos de las muertes, por lo que se recomienda cambiar la escala.

Para esto, dar un doble clic sobre la gráfica y después seleccionar las dos variables a escalar (con clic y con Ctrl o Shift clic). Después dar un clic sobre la doble flecha vertical que se presenta a la derecha de alguna de las variables seleccionadas, con lo que se permite definir la escala de las variables, en este caso Min = 0 y Max = 200.

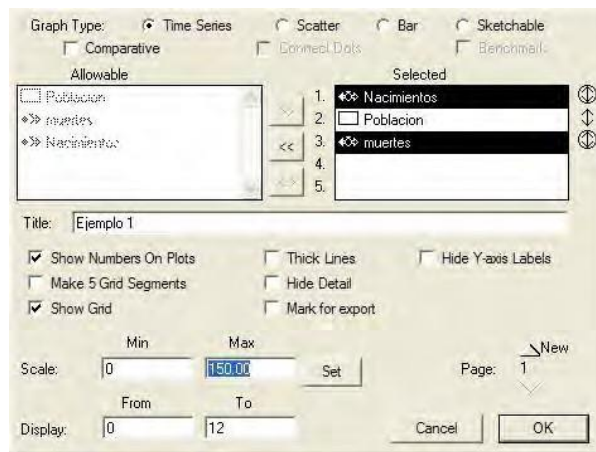


Figura 1.12. Diálogo para modificar la escala de las variables en un gráfico.

Al correr el modelo nuevamente se aprecia el cambio de escala, figura 1.13.

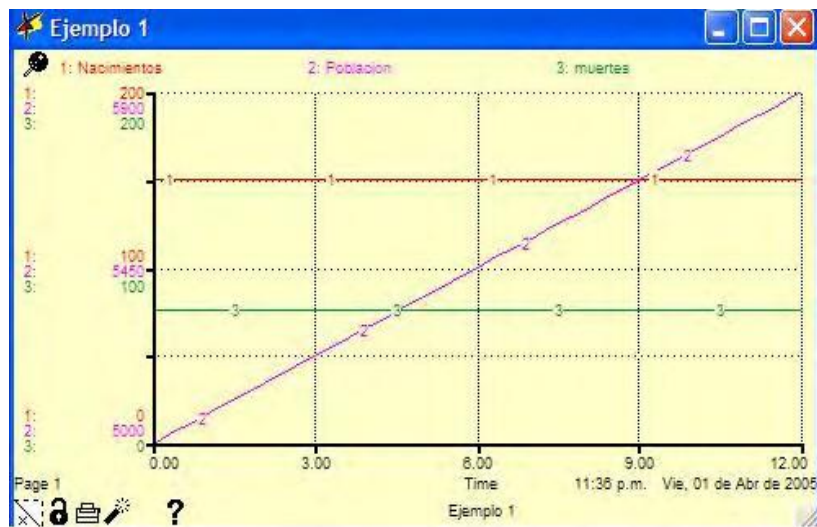


Figura 1.13. Resultados, con cambio de escala.

En esta última gráfica se puede apreciar que el valor de nacimientos es mayor que el de muertes, de ahí la tendencia de la población a crecer.