

**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN MODELO DE PLANIFICACION Y CONTROL
DE LA PRODUCCION BASADO EN DINAMICA DE SISTEMAS**

**ALEJANDRO OCHOA LOPEZ
WILDER MANUEL TOVIO ALMANZA**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2007

**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN MODELO DE PLANIFICACION Y CONTROL
DE LA PRODUCCION BASADO EN DINAMICA DE SISTEMAS**

**ALEJANDRO OCHOA LOPEZ
WILDER MANUEL TOVIO ALMANZA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al titulo de
“Administrador Industrial”**

**ASESORES
DR. VICTOR MANUEL QUESADA IBARGUEN
ING. JUAN CARLOS VERGARA SMALLBACH**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2007

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	13
0 ANTEPROYECTO.....	15
0.1 ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA	15
0.1.1 PLANTEAMIENTO	15
0.1.2 FORMULACIÓN	15
0.1.3 JUSTIFICACIÓN	16
0.2 OBJETIVOS	18
0.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
0.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
0.3 MARCO CONCEPTUAL	19
0.3.1 SISTEMA.....	19
0.3.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	19
0.3.3 DINÁMICA DE SISTEMAS.....	20
0.4 METODOLOGÍA	21
0.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	21
0.5 DELIMITACION.....	23
0.5.1 DELIMITACION TEMPORAL	23
0.5.2 TIPO DE INVESTIGACION	23
0.6 FUENTES.....	24
0.6.1 PRIMARIAS.....	24
0.6.2 SECUNDARIAS.....	24
0.7 RECURSOS NECESARIOS Y PRESUPUESTO	25
0.7.1 RECURSOS HUMANOS	25
0.7.2 RECURSOS INSTITUCIONALES	25
0.7.3 RECURSOS FINANCIEROS.....	26

1	GENERALIDADES Y FUNDAMENTOS DEL PROYECTO	27
1.1	MARCO TEORICO	27
1.1.1	SISTEMAS DE PRODUCCION	27
1.1.1.1	Sistemas de Gestión de la Producción	28
1.1.1.2	Planificación y Control de la Producción.....	31
1.1.1.3	Sistemas de producción por pedidos.....	32
1.1.2	SISTEMAS	34
1.1.3	DIRECCION DE OPERACIONES Y PENSAMIENTO DE SISTEMAS	35
1.1.4	DINAMICA DE SISTEMAS	38
1.1.4.1	Diagrama De Influencias	41
1.1.4.2	Bucles o Lazos de Realimentación.....	42
1.1.4.3	Variables.....	51
1.1.4.4	Diagrama de Forrester.....	52
1.1.4.5	Modelo Matemático	55
1.2	ANTECEDENTES	57
1.3	ORGANIZACIONES DE ESTUDIO DE DINAMICA DE SISTEMAS	60
1.3.1	SOCIEDAD DE DINAMICA DE SISTEMAS (SYSTEM DYNAMICS SOCIETY).....	60
1.3.2	CAPITULO LATINOAMERICANO DE LA SOCIEDAD DE DINAMICA DE SISTEMAS	60
1.3.3	COMUNIDAD COLOMBIANA DE DINAMICA DE SISTEMAS	61
2	CONCEPTUALIZACIÓN E IDENTIFICACION DE VARIABLES DEL MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCION	62
2.1	CONCEPTUALIZACION DEL MODELO.....	62
2.1.1	PEDIDOS	65

2.1.2	PRODUCCION	66
2.1.3	COMPRAS	69
2.2	IDENTIFICACION DE VARIABLES Y PARAMETROS	71
2.2.1	VARIABLES DE NIVEL	71
2.2.2	VARIABLES DE FLUJO	71
2.2.3	VARIABLES AUXILIARES.....	71
2.2.4	CONSTANTES O PARAMETROS	72
2.3	DIAGRAMA DE INFLUENCIAS DEL MODELO	73
3	FORMULACIÓN DEL MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	74
3.1	ECUACIONES DEL MODELO	74
3.1.1	VARIABLES DE NIVEL	74
3.1.2	VARIABLES DE FLUJO	74
3.1.3	VARIABLES AUXILIARES.....	75
3.2	DIAGRAMA DE FORRESTER DEL MODELO	77
3.3	HORIZONTE DE TIEMPO DEL MODELO	78
3.4	INGRESO DE VARIABLES AL MODELO	80
3.5	VERIFICACIÓN DE ECUACIONES Y ESTRUCTURA DEL MODELO	83
3.6	RESULTADOS DEL MODELO	84
4	ANÁLISIS Y EVALUACION DEL MODELO	85
4.1	CASO DE ESTUDIO EMPRESA PRODUCTOS PERLA	85
4.2	RESULTADOS CASO DE ESTUDIO PRODUCTOS PERLA	88
4.2.1	RESULTADOS VARIABLES DE NIVEL	88
4.2.1.1	Inventario Inicial de Productos Terminados.....	88
4.2.1.2	Inventario Inicial de Materia Prima	89
4.2.2	RESULTADOS VARIABLES DE FLUJO	91

4.2.2.1	Producción Requerida	91
4.2.2.2	Cantidad Económica del Pedido.....	92
4.2.3	RESULTADOS VARIABLES AUXILIARES	93
4.2.3.1	Demanda Esperada.....	93
4.2.3.2	Tiempo Laboral.....	94
4.2.3.3	Horas Extras.....	95
4.2.3.4	Materia Prima a Utilizar	96
4.2.3.5	Capacidad Real de Producción	97
4.2.3.6	Discrepancia.....	98
4.2.3.7	Tiempo Producción Unidad	99
4.2.3.8	Tiempo Operación (Aleatorio).....	100
4.2.3.9	Devoluciones en Ventas (Aleatorio)	101
4.2.3.10	Desperdicios Materia Prima (Aleatorio)	102
4.2.4	COMENTARIOS RESULTADOS CASO DE ESTUDIO.....	103
5	SENSIBILIZACION DEL MODELO DE PLANIFICACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION.....	104
5.1	RESULTADOS SENSIBILIZACIÓN	105
5.1.1	VARIABLES DE NIVEL	105
5.1.1.1	Inventario Inicial de Productos Terminados.....	105
5.1.1.2	Inventario Inicial de Materia Prima	106
5.1.2	VARIABLES DE FLUJO	107
5.1.2.1	Producción Requerida	107
5.1.2.2	Cantidad Económica del Pedido.....	108
5.1.3	VARIABLES AUXILIARES.....	109
5.1.3.1	Tiempo Laboral.....	109
5.1.3.2	Materia Prima a Utilizar	110
5.1.4	COMENTARIOS RESULTADOS SENSIBILIZACION	111

6	CONCLUSIONES.....	112
7	RECOMENDACIONES	114
	BIBLIOGRAFIA	115
	ANEXOS.....	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estructura de realimentación negativa en (a) y comportamiento correspondiente en (b)	44
Figura 2 – Estructura de realimentación positiva en (a) y comportamiento correspondiente en (b)	45
Figura 3 – Estructura formada por dos bucles de realimentación; uno positivo y uno negativo.....	46
Figura 4 – Bucle de realimentación negativa con un retraso	48
Figura 5 – Retraso de Material de primer orden	49
Figura 6 – Retraso en la transmisión de información.....	50
Figura 5 – Representación grafica de las variables de nivel y de flujo en el Diagrama de Forrester	54
Figura 6 – Ciclo Genérico de la Cadena Producción – Inventario (adaptado de Sipper y Bulfin, 1998.).....	63
Figura 7 – Horizonte de Tiempo.....	78
Figura 8 – Configuración Horizonte de Tiempo	79
Figura 9 – Ingreso de Variables	80
Figura 10 – Edición de Ecuaciones.....	81
Figura 11 – Variables Aleatorias Enteras.....	82
Figura 12 – Variable Condicional	82
Figura 13 – Verificación de Datos	83
Figura 14 – Resultados del Modelo	84
Figura 15 – Tabla Inventario Inicial de Productos Terminados	88
Figura 16 – Gráfica Inventario Inicial de Productos Terminados.....	89
Figura 17 – Tabla Inventario Inicial de Materia Prima.....	89
Figura 18 – Gráfica Inventario Inicial de Materia Prima	90
Figura 19 – Tabla Producción Requerida	91
Figura 20 – Gráfica Producción Requerida.....	91

Figura 21 – Tabla Cantidad Económica del Pedido	92
Figura 22 – Gráfica Cantidad Económica del Pedido	92
Figura 21 – Tabla Demanda Esperada	93
Figura 22 – Gráfica Demanda Esperada	93
Figura 23 – Tabla Tiempo Laboral	94
Figura 24 – Gráfica Tiempo Laboral	94
Figura 25 – Tabla Horas Extras	95
Figura 26 – Gráfica Horas Extras.....	95
Figura 27 – Tabla Materia Prima a Utilizar.....	96
Figura 28 – Gráfica Materia Prima a Utilizar	96
Figura 29 – Tabla Capacidad Real de Producción.....	97
Figura 30 – Gráfica Capacidad Real de Producción	97
Figura 31 – Tabla Discrepancia	98
Figura 32 – Gráfica Discrepancia.....	98
Figura 31 – Tabla Tiempo Producción por Unidad.....	99
Figura 32 – Gráfica Tiempo Producción por Unidad	99
Figura 33 – Tabla Tiempo Operación	100
Figura 34 – Gráfica Tiempo Operación.....	100
Figura 35 – Tabla Devoluciones en Venta	101
Figura 36 – Gráfica Devoluciones en Venta	101
Figura 37 – Tabla Desperdicios de Materia Prima	102
Figura 38 – Gráfica Desperdicios de Materia Prima	102
Figura 39 – Tabla Inventario Inicial de Productos Terminados	105
Figura 40 – Gráfica Inventario Inicial de Productos Terminados.....	105
Figura 41 – Tabla Inventario Inicial de Materia Prima.....	106
Figura 42 – Gráfica Inventario Inicial de Materia Prima	106
Figura 43 – Tabla Producción Requerida	107
Figura 44 – Gráfica Producción Requerida.....	107
Figura 45 – Tabla Cantidad Económica del Pedido	108
Figura 46 – Gráfica Cantidad Económica del Pedido	108

Figura 47 – Tabla Tiempo Laboral	109
Figura 48 – Gráfica Tiempo Laboral	109
Figura 49 – Tabla Materia Prima a Utilizar.....	110
Figura 50 – Gráfica Materia Prima a Utilizar	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Simbología para construcción de Diagramas de Forrester	53
Tabla 2 – Otra simbología usada para construcción de Diagramas de Forrester	53
Tabla 3 – Histórico ventas productos perla (vinagre).....	87

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - ECUACIONES DEL MODELO GENERADAS POR VENSIM ..	118
ANEXO 2 - BOLETIN 1 CAP. LATINOAMERICANO DE DINAMICA DE SISTEMAS	125
ANEXO 3 - BOLETIN 2 CAP. LATINOAMERICANO DE DINAMICA DE SISTEMAS	128
ANEXO 4 - BOLETIN 4 CAP. LATINOAMERICANO DE DINAMICA DE SISTEMAS	130

INTRODUCCION

Desde el *boom* de la revolución Industrial a nivel mundial entre los siglos XVIII y XIX, ha sido afán del hombre por determinar métodos, técnicas y procedimientos para conocer y predecir la fabricación o producción de un producto o bien para un periodo de tiempo futuro específico. Esto con el fin de realizar una organización de sus *factorías* o plantas de fabricación con respecto a unos recursos de materias primas, materiales, recurso humano, etc., y asignar un porcentaje de estos recursos a cada producto o familia de productos a fabricar.

En este camino de investigaciones por técnicas de estudio de comportamiento y predecimiento, surgió a mediados del siglo XX, a la cabeza del estadounidense Jay Forrester, la Dinámica de Sistemas, una técnica o herramienta que estudia y analiza el comportamiento de cualquier tipo de sistema o modelo ya sea simple o complejo, además, de simular y predecir variaciones y oscilaciones en dichos modelos.

A partir de los estudios de Forrester han sido muchos los autores e investigadores de modelos con la técnica de Dinámica de Sistemas, incluso en Latinoamérica y especialmente Colombia, desde hace unos quince años aproximadamente se ha venido gestando la aplicación del modelamiento sistémico en diferentes áreas del conocimiento.

Este trabajo de grado es una muestra de esas investigaciones basadas en Dinámica de Sistemas que día a día son mayores, y que pretenden o buscan como objetivo principal el análisis del comportamiento de un modelo o situación a lo largo del tiempo.

En el capítulo cero (0) de este proyecto se mostrarán las bases y razones principales del proyecto, entre las que se encuentran los objetivos, la justificación, la metodología, etc.

Las generalidades y fundamentos del modelo de planificación y control de la producción son reflejados en el primer (1) capítulo, en donde se destacan los pilares teóricos de los sistemas, los sistemas de producción y su interrelación con la Dinámica de Sistemas, así como la teoría general de la Dinámica de Sistemas.

El segundo (2) capítulo del proyecto se plasma la conceptualización del modelo de planificación y control de la producción. De igual forma se identifican y clasifican las variables que intervienen en el modelo.

El capítulo tercero (3) trata de la formulación del modelo en cuestión y de igual forma explica de una manera clara, precisa, concisa y amigable los pasos para la construcción del modelo en el computador, por intermedio de un software de simulación.

El capítulo cuarto (4) y quinto (5) del proyecto se refieren a la evaluación y sensibilización del modelo, respectivamente. Esto se realiza a través de un caso de estudio en donde se analiza el comportamiento de las diferentes variables del modelo y su interrelación unas con otras en un periodo de tiempo determinado.

Las conclusiones y recomendaciones son mostradas en los capítulos sexto (6) y séptimo (7), respectivamente. Posterior a estos se detalla la bibliografía del proyecto y los anexos correspondientes.

0 ANTEPROYECTO

0.1 ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA

0.1.1 PLANTEAMIENTO

En un mundo globalizado y en donde las competencias entre organizaciones se hacen más exigentes en pro de la búsqueda de la maximización de los ingresos y reducción de los costos, es necesaria la innovación en todos los sistemas y procesos realizados por las empresas. La planificación de la producción toma una gran importancia en tales procesos ya que juega un papel fundamental en la gestión de una organización.

De igual forma existen en la actualidad varias técnicas de planificación de la producción y el control de inventarios que en muchos casos no presentan innovación, otros presentan una complejidad que dificulta la aplicación del mismo y en otros casos no se muestra un orden de acciones específicas generando incongruencias entre lo planeado y lo ejecutado, por mencionar algunos el diagrama de Gantt, PERT-CPM y la técnica Kaizen, entre otros.

0.1.2 FORMULACIÓN

De lo expuesto anteriormente surge el siguiente interrogante:

¿De que forma la Dinámica de Sistemas puede convertirse en una herramienta clave para la planeación y control de producción, sirviendo a los

analistas, gerentes y directivos en la interpretación, análisis y evaluación de datos para la toma de decisiones?

0.1.3 JUSTIFICACIÓN

En toda organización industrial la planificación y control de la producción son pilares fundamentales para la gestión administrativa, debido a que se convierten en puntos de partida del proceso productivo y consecución de los objetivos de las organizaciones. En un mundo globalizado las organizaciones tienen más en cuenta la Planificación y Control de la Producción, puesto que con las mejores prácticas de estas actividades se conlleva a generar ventajas competitivas y así permanecer en un mercado específico.

Son muchos los modelos y teorías que se utilizan en la actualidad para la Planificación y Control de la producción, resaltando aquellas que utilizan técnicas de simulación, pero la mayoría no generan innovación en las organizaciones, debido a las limitaciones en las modelaciones y simulaciones.

La Dinámica de Sistemas es una herramienta muy útil en la creación de modelos de gestión, pero pese a su importancia no es muy utilizado en nuestra cultura empresarial, debido a que es una técnica innovadora, lo que reviste aun más de importancia nuestro estudio.

Un sistema lo entendemos como una unidad cuyos elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común. 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 cambiantes.

Asimismo la dinámica de sistemas, permite en estos días ir más allá de los estudios de casos y las teorías descriptivas. La dinámica de sistemas no está restringida a sistemas lineales, pudiendo hacer pleno uso de las características no-lineales de los sistemas. Combinados con los computadores, los modelos de dinámica de sistemas permiten una simulación eficaz de sistemas complejos. Dicha simulación representa la única forma de determinar el comportamiento en los sistemas no-lineales complejos.

La dinámica de sistemas usa conceptos del campo del control realimentado para organizar información en un modelo de simulación por ordenador. Un ordenador ejecuta los papeles de los individuos en el mundo real. La simulación resultante revela implicaciones del comportamiento del sistema representado por el modelo¹. Cabe resaltar que de la manera como se inserten las variables al modelo teniendo en cuenta lo sensible que son los procesos a trabajar como son los de planificación de la producción y el control de inventarios, así serán los resultados obtenidos en busca del éxito de las aplicaciones.

Un modelo es una representación de algún sistema real. El valor de un modelo surge cuando éste mejora nuestra comprensión de las características del comportamiento en forma más efectiva que si se observara el sistema real. Un modelo, 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 real².

1 FORRESTER, Jay (Universidad de Sevilla, Sevilla, España), diciembre de 1998.

2 Ibid.

0.2 OBJETIVOS

0.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de planificación y control de la producción mediante la Dinámica de Sistemas, que pueda ser aplicable a las empresas que trabajan con un sistema MTO o producción por órdenes de pedidos.

0.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Desarrollar la conceptualización del modelo teniendo en cuenta los lineamientos que se establezcan en el estudio de las variables.
- ❖ Formular el modelo de planificación y control de la producción desarrollando diagramas de bloques y las ecuaciones matemáticas, teniendo en cuenta los parámetros del mismo.
- ❖ Analizar la sensibilidad del modelo bajo diferentes supuestos.
- ❖ Evaluar el modelo teniendo en cuenta los resultados arrojados en el análisis para su posterior corrección si así lo ameritase.

0.3 MARCO CONCEPTUAL

0.3.1 SISTEMA

Un sistema lo entendemos como una unidad cuyos elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común. 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 cambiantes³.

0.3.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Los sistemas de producción están estructurados a través de un conjunto de actividades y procesos relacionados, necesarios para obtener bienes y servicios de alto valor añadido para el cliente, con el empleo de los medios adecuados y la utilización de los métodos más eficientes.

En las empresas, ya sean de servicio o de manufactura, estos sistemas representan las configuraciones productivas adoptadas en torno al proceso de conversión y/o transformación de unos inputs (materiales, humanos, financieros, informativos, energéticos, etc.) en outputs (bienes y servicios) para satisfacer unas necesidades, requerimientos y expectativas de los clientes, de la forma más racional y a la vez, más competitiva posible⁴.

3 ARACIL, Javier y GORDILLO, Francisco. Dinámica de Sistemas. 1997.

4 SARACHE CASTRO, William Ariel. El proceso de planificación, programación y control de la producción. una aproximación teórica y conceptual. Universidad Nacional de Colombia. En www.gestiopolis.com

0.3.3 DINÁMICA DE SISTEMAS

La Dinámica de Sistemas es una técnica de simulación con la cual se pueden ver y entender las relaciones entre los factores que intervienen en un sistema y su influencia en el comportamiento dinámico del mismo. Esta cualidad de la dinámica de sistemas, hace que el analista, el gerente, o el directivo que la utiliza, tenga una visión sistémica y por lo tanto una mayor comprensión del proceso de producción.

La dinámica de sistemas sirve para estudiar y analizar los posibles comportamientos a largo plazo de un subsistema de gestión de procesos de producción; específicamente, por ordenes de pedidos o MTO, modelando un sistema sencillo compuesto por diferentes inventarios e incluyendo variables tales como tiempo de ajuste del inventario, demanda, orden de producción, y flujos de producto terminado⁵.

⁵ LAGARDA LEIVA., Ernesto A. Introducción a la Dinámica de Sistemas. Documento de Internet.

0.4 METODOLOGÍA

0.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto de investigación consiste en el Diseño y Análisis de un Modelo de Planificación de la Producción y Control de Inventarios mediante la técnica de la dinámica de sistemas. Para tal fin es necesario realizar:

A. CONCEPTUALIZACIÓN

- Seleccionar el escenario
- Definir el propósito del modelo
- Identificar las variables críticas y los límites del modelo
- Establecer el horizonte de tiempo
- Establecer las relaciones entre las variables
- Desarrollar el diagrama causal (modelo conceptual)

B. FORMULACIÓN

- Desarrollar el diagrama de bloques (diagrama de Forrester)
- Determinar las ecuaciones matemáticas del modelo (modelo formal)
- Estimar y seleccionar los parámetros del modelo.

C. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

- Análisis del modelo (comparación, análisis de sensibilidad)
- Simulación de los modelos y prueba de hipótesis dinámicas
- Prueba del modelo bajo supuestos
- Evaluación y comunicación

D. IMPLEMENTACIÓN

Respuesta del modelo a diferentes políticas (análisis de políticas)
presentar el modelo en una forma accesible.

0.5 DELIMITACION

0.5.1 DELIMITACION TEMPORAL

Según el cronograma de actividades hemos trazado un límite de tiempo máximo de 6 meses en el periodo comprendido entre el mes de octubre de 2006 y el mes de abril de 2007.

Para la documentación se tendrán en cuenta registros históricos de publicaciones e investigaciones a partir de los años 1961 hasta la fecha.

0.5.2 TIPO DE INVESTIGACION

Este proyecto esta basado en una investigación de tipo **descriptivo**, puesto que se presenta una descripción detallada de las etapas para la creación y modo de operación de un modelo de producción por pedidos basado en la dinámica de sistemas.

0.6 FUENTES

0.6.1 PRIMARIAS

Se tendrán en cuenta como fuentes primarias de información las consultas que se harán a libros, páginas de Internet, otros trabajos de investigación, monografías, y cualquier otra literatura que sea pertinente al tema desarrollado en el presente proyecto.

0.6.2 SECUNDARIAS

Método de la entrevista.

Consiste en recoger comentarios y diversas opiniones de personas involucradas en el ámbito empresarial y académico, relacionados con actividades de gestión de producción en diferentes campos industriales.

El analista visita personalmente al sujeto que puede proporcionarle información relevante sobre enfoques de gestiones administrativas y de producción.

Características:

- a. La recolección de datos se lleva a cabo mediante una entrevista del analista con personal que tenga relación con el objetivo de la investigación, tales como docentes, gerentes de producción y afines e ingenieros de sistemas e industriales, en la que se hacen preguntas y se dan respuestas verbales.
- b. La participación del analista y del entrevistado es activa.

0.7 RECURSOS NECESARIOS Y PRESUPUESTO

0.7.1 RECURSOS HUMANOS

- ❖ **Investigadores:** - Alejandro Ochoa López.
- Wilder Manuel Tovío Almanza.
- ❖ **Asesores:** - Dr. Víctor Manuel Quesada Ibarguen.
- Ing. Juan Carlos Vergara Schmallbach.
- ❖ Profesores y compañeros de la Universidad de Cartagena.

0.7.2 RECURSOS INSTITUCIONALES

- ❖ Universidad de Cartagena
- ❖ Programa de Administración Industrial
- ❖ Biblioteca sede Piedra de Bolívar.

0.7.3 RECURSOS FINANCIEROS

Nº	RUBROS	CANT.	COSTO UNIT.	SUBTOTAL
1	Papelería			
	Resma de Papel	3	9.000	27.000
	Útiles de Oficina			20.000
	Fotocopias	100	100	10.000
	Tinta Impresora Negra	1	60.000	60.000
	Disquete	10	700	7.000
	Anillado	3	2.000	6.000
	CD's	10	1.000	10.000
	Empastado	2	30.000	60.000
2	Transporte			350.000
3	Alimentación			150.000
4	Gastos Varios (Internet, otros)			100.000
6	Libros y/o revistas			150.000
5	Imprevistos (10%)			95.000
	TOTAL			1.045.000

1 GENERALIDADES Y FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

1.1 MARCO TEORICO

Cuando se realizan representaciones matemáticas de los sistemas industriales o de manufactura, se presentan muchos inconvenientes puesto que su comportamiento no es exacto, por lo que conlleva a la sujeción por parte del analista o gerente a sus habilidades, destrezas, conocimiento, experiencia y criterio, para tomar decisiones en la empresa. La unión de los factores de producción y de las técnicas de gestión de los procesos productivos, genera sistemas de producción muy complejos que muchas veces no son entendidos fácilmente, por lo cual hay que recurrir a diversas técnicas que permitan analizar el sistema, entre estas la dinámica de sistemas.

1.1.1 SISTEMAS DE PRODUCCION

Dentro de los sistemas de manufactura, un ámbito muy importante es el correspondiente al proceso de producción, el cual exige de la empresa un gran esfuerzo por conocer en forma detallada, algunos hechos como la disponibilidad de activos de producción, personal, material a transformar, demanda de productos, costos de producción, tiempo de producción y de transporte, inventarios de productos terminados, y muchos otros factores que intervienen en el proceso de producción, involucrando la necesidad de entender y dirigir el comportamiento dinámico asociado con él. Sin un entendimiento del comportamiento dinámico es muy difícil diseñar sistemas de control apropiados para decidir cuándo es necesario intervenir y qué

políticas se deben adoptar. La dinámica natural de un sistema es crucial en el momento de decidir cómo debe ser escogido el sistema de control de dirección (BICKLE y McGARVEY, 1996). El comportamiento de los sistemas complejos depende de su estructura, entendiéndose por estructura, el conjunto de variables del sistema y sus interrelaciones. Algunos de los factores y relaciones entre los efectos y los factores que caracterizan a los sistemas complejos que aumentan la dificultad en la dirección de los negocios y los efectos indeseables fueron expresados por FORRESTER, (1961); FORRESTER, (1987); STERMAN, (1994); MACHUCA, (1998); SENGE, (1995) y PRIGOGINE, (1987)⁶.

1.1.1.1 Sistemas de Gestión de la Producción⁷

Una de las funciones de una empresa de manufactura consiste en satisfacer la demanda de bienes y productos; la respuesta a la demanda se realiza con criterios de eficiencia (rentabilidad) la cual incluye: Mínimos Costos de Producción, máxima satisfacción de los clientes, reducción al mínimo de los inventarios, producción de una gran variedad de productos finales, aseguramiento de la calidad de los productos y servicios, respuesta a las aspiraciones del talento humano, entre otros. Para lograr lo anterior se debe encontrar un equilibrio satisfactorio entre los objetivos que le sean opuestos.

Un equilibrio puede considerarse satisfactorio cuando sea mejor que el que logra la competencia, que la empresa se encuentre en mejor situación, sobre todo a largo plazo.

6 GUERRA, Néstor. Planificación de la producción. Cátedras de Administración I, Administración de la Producción. En www.gestiopolis.com

7 PEÑA ZAPATA, Gloria Elena. Dinámica de Sistemas y Análisis Cualitativo Matemático, en Modelos de Gestión de la Producción. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Noviembre de 2003.

El proceso de gestionar la producción consiste en sincronizar los esfuerzos de los distintos subsistemas de manufactura: planificación, programación, control y seguimiento, y costos, sin olvidar que estos subsistemas deben conocer los objetivos y estrategias de la empresa en sentido global. El proceso de gestión de la producción comienza con la previsión de la demanda, y continúa con la planificación, la gestión de los materiales que constituyen el flujo de producción, la programación de tareas, y el seguimiento y control de las operaciones. Las técnicas que se utilizan para gestionar el flujo de materiales se suelen agrupar de acuerdo con el efecto que producen sobre las líneas de fabricación y montaje. Este efecto es consecuencia de la forma en que estas técnicas manejan y utilizan la información. Existen técnicas de gestión que provocan un efecto de arrastre, o de tirar de la producción en línea, que son conocidas con el nombre de técnicas “*pull*” (en español: tirar), y otras que ejercen un efecto de empuje sobre la producción, que se conocen como técnicas “*push*” (en español: empujar).

❖ **Técnicas PULL**

Se conocen como técnicas de gestión PULL, las que provocan un efecto de arrastre en la línea de producción. Este efecto tirón, supone que el flujo de producción de una etapa (i) se calcule de acuerdo al efecto que sobre los inventarios de esa etapa (i) produce la demanda de la etapa siguiente (i+1).

Los sistemas de producción “pull” se pueden dividir, según su evolución, en dos fases: una primera en la que se encuentran los sistemas basados en el enfoque del *punto de pedido*, que dependerá de: el tiempo de fabricación o aprovisionamiento; el inventario de seguridad a considerar; la tendencia de la demanda; y los costos de lanzamiento o “set-up”, en caso de que estos existan. En la segunda fase se encuentran aquellos sistemas cuyo

reabastecimiento de materiales se realiza de una manera automática conforme se produce la demanda de los mismos hasta un determinado nivel de inventario, o *inventario base*, por tanto, el cálculo de las cantidades a fabricar o pedir a los proveedores tiene en cuenta además de los inventarios finales de cada etapa, los trabajos que están en proceso de fabricación. Existen además otras técnicas de producción pull más novedosas, tales como la filosofía *Justo a Tiempo* (en inglés: Just In Time – JIT) y la Técnica *Kanban*, las cuales poseen un sistema de información descentralizado y permiten una fabricación sincronizada, equilibrada y ágil, permitiendo además tomar las decisiones inmediatas sobre la ejecución de las ordenes sin retraso y al nivel de responsabilidad en que debiera hacerse.

❖ **Técnica PUSH**

Se conocen como técnicas de gestión PUSH, las que provocan un efecto de empuje en la línea de producción. La técnica más empleada es la de Planeamiento de Requerimiento de Materiales (**MRP**). Este sistema utiliza como “entrada” fundamental, el plan maestro de producción y mediante un proceso denominado “explosión de la lista de materiales”, realizan una planificación de las necesidades de los distintos componentes de la fabricación.

En la práctica, el sistema MRP presenta una metodología de control de la producción muy utilizada en plantas de fabricación debido a su simplicidad. Sin embargo, es conveniente especificar una serie de requisitos que se deben tener en cuenta a la hora de implementar esta metodología, como las suposiciones que recoge. Si los requisitos y suposiciones no son satisfechos, con un grado razonable de aproximación, las consecuencias de su aplicación pueden ser desastrosas (incremento de los tiempos de fabricación, aumento del nivel de inventario de fabricación, etc.)

1.1.1.2 Planificación y Control de la Producción

El proceso de planificación y control de la producción debe seguir un enfoque jerárquico, en el que se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos y además se establezca su relación horizontal con las otras áreas funcionales de la compañía. Básicamente las seis fases que componen el proceso de planificación y control de la producción son:

- **La Planificación Estratégica:** Es elaborada por los niveles ejecutivos más altos de la empresa sobre la base de los pronósticos del entorno, expresándose en forma global y con un horizonte de 6 a 18 meses.
- **La Planificación Agregada:** Se expresa para líneas o familias de productos, abarca de 6 a 18 meses y se expresa en intervalos de semanas o meses, requiriéndose de la determinación de capacidad agregada, la cual fija la porción de la producción que será consumida, traduce los planes de producción en términos de insumos.
- **Planificación Desagregada o Sistema Maestro de Producción (MSP):** Posee como propósito satisfacer las demandas de cada uno de los productos dentro de sus líneas. Este nivel de planeación mas detallado desagrega las líneas de productos en cada uno de los productos e indica cuando deben ser producidos y vendidos. Requiere de la planeación aproximada de la capacidad. Con vista a determinar su factibilidad, realizándose con mas detalle en los cuellos de botella.
- **Planeación de los Requerimientos de Materiales (MRP):** Es el plan que mueve al sistema de planeación de materiales e inventarios, mientras que la planificación detallada de la capacidad, es un proceso paralelo que se

realiza para determinar la capacidad requerida. Establece la carga o cantidad de insumos requeridos por cada operación, la secuenciación o forma de entrada de los materiales al proceso y la temporización o cuando deben estar los materiales en cada fase u operación del proceso.

- ***Programación de la Producción:*** Establece, siguiendo los lineamientos anteriores, la coordinación, seguimiento y control de las actividades semanales o diarias utilizando los procedimientos de asignación, secuenciación y temporización de la producción adecuados al tipo de proceso productivo que se desarrolle en cada empresa.
- ***Ejecución y control:*** consiste en implementar y realizar las actividades de producción ya programadas y realizar un seguimiento en periodos determinados de tiempo para determinar cumplimiento de objetivos establecidos.

Es importante anotar, que estas fases se deberán llevar a cabo en cualquier empresa manufacturera, independientemente de su tamaño y actividad, aunque la forma como éstas se desarrollen dependerá de las características propias de cada sistema productivo⁸.

1.1.1.3 Sistemas de producción por pedidos

Trata de atender y poner en fabricación pedidos concretos de clientes. Se caracteriza fundamentalmente por la gran dificultad para la realización de previsiones sobre la demanda; la enorme diversidad de productos a fabricar; cada pedido puede ser considerado como un producto distinto; la producción

⁸ PEÑA ZAPATA, Gloria Elena. Dinámica de Sistemas y Análisis Cualitativo Matemático, en Modelos de Gestión de la Producción. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Noviembre de 2003.

unitaria o en pequeños lotes, y el almacenamiento de la identidad del pedido a lo largo de toda su fabricación⁹.

❖ **Carga de Trabajo.**

Se utiliza con respecto a un puesto de trabajo o una máquina. Es la cantidad de trabajo, expresada en unidades de tiempo (horas, jornadas de trabajo), o en unidades físicas (peso, longitud, volumen de producción elaborado), que ha de ejecutar para cumplimentar los pedidos en cartera. Estos pedidos dan lugar a una diversidad de trabajos que pueden descomponerse en otras categorías de forma que generen diferentes conceptos de carga. Así, de los trabajos en vía de ejecución, hablaríamos de la carga en ejecución si el trabajo ya ha comenzado, o de la carga en retraso en el caso de trabajo no realizado en el tiempo asignado. De la misma forma, para trabajos no comenzados podríamos tener cargas preparadas, disponibles o programadas según la situación pertinente¹⁰.

❖ **Capacidad de Producción.**

Como concepto operativo de un puesto de trabajo o de una máquina se define como la cantidad de trabajo (expresada en las mismas unidades que la carga de trabajo) que puede realizar en un período de tiempo determinado. Es posible hablar de una capacidad teórica de producción que, si se expresa en horas de trabajo, se define como el número de horas de trabajo que pueden realizarse en el puesto o máquina considerada cuando su funcionamiento es ininterrumpido. Y de una capacidad real de producción, de difícil determinación ya que se obtiene deduciendo de la capacidad teórica

9 UNIVERSIDAD CATOLICA DE ORIENTE. Publicación Nº 42. Texto 5. En <http://www.uco.es/~p42abluj/web/3texto5.htm>.

10 Ibíd.

los tiempos de inactividad. Interesa conocer ambas para poder determinar el valor de las cargas de un puesto de trabajo¹¹.

❖ **Plazo.**

Es la fecha de terminación prevista de una operación o conjunto de operaciones. Se calcula dividiendo la carga de trabajo de la operación o conjunto de ellas por la capacidad del puesto de trabajo. El plazo suele expresarse en días, por lo que es aconsejable que la carga y la capacidad de producción se facilite en número de unidades por día¹².

1.1.2 SISTEMAS

En términos generales, un sistema está definido por tres características fundamentales: (1) El conjunto de componentes, cada uno con propiedades específicas y analizables; (2) El conjunto de relaciones que especifican la estructura de conexiones y (3) Los modos de interacción entre los componentes; el ambiente, conformado por otros elementos y sistemas que se relacionan con el sistema en cuestión, mediante interacciones con sus componentes. Las dos primeras características definen los límites del sistema y la tercera las condiciones (recursos e información) que inciden en su estructura y en sus funciones (componentes tecnológicos, tipo de productos, eficiencia biológica y económica). Como ejemplos de sistemas podemos citar 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.¹³

¹¹ Ibid.

¹² Ibid.

¹³ SENGE, Peter. La quinta disciplina en la práctica. Págs. 93, 95. 1998.

1.1.3 DIRECCION DE OPERACIONES Y PENSAMIENTO DE SISTEMAS¹⁴

El modelo de distribución – Producción de Forrester, presentado en su libro *Dinámica Industrial* (1961), ha sido la base de gran parte de los estudios sobre modelado de sistemas, entre ellos los económicos y los industriales. Los sistemas industriales, y concretamente los subsistemas de manufactura, se caracterizan por ser sistemas complejos en donde las decisiones requeridas día a día para evaluar un sistema de operaciones de manufactura, involucra la necesidad de entender y dirigir el comportamiento dinámico asociado con él. Sin un entendimiento del comportamiento dinámico, es difícil diseñar sistemas de planificación y control apropiados para decidir cuando es necesario intervenir y qué políticas se deben dar. La dinámica natural de un sistema juega una parte importante en decidir cómo debe ser escogido el sistema de control de dirección (Bickle y McGarvey, 1996).

En una descripción sobre la dirección de producción y de operaciones (en ingles POM: Production and Operations Management), Machuca (1998) se apoya en autores como Forrester y Sterman, para exponer las características de los sistemas complejos abiertos, como los son las organizaciones y para exponer las razones por las cuales debería utilizarse el pensamiento de sistemas en la dirección de producción y de operaciones. Un sistema complejo puede ser, tanto la compañía considerada como un todo, como las operaciones de un subsistema de dicha compañía. Para una correcta administración de cada subsistema, deben involucrarse siempre las interacciones continuas con el resto de los subsistemas de las organizaciones.

14 PEÑA ZAPATA, Gloria Elena. *Dinámica de Sistemas y Análisis Cualitativo Matemático*, en *Modelos de Gestión de la Producción*. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Noviembre de 2003.

❖ **Características de la complejidad de las operaciones de un subsistema**

Los sistemas complejos se caracterizan por el siguiente conjunto de factores (Forrester, 1961; Forrester, 1987; Sterman, 1994; Machuca, 1998):

- Los elementos de la organización están interconectados por medio de relaciones causales o de influencia, con frecuencias fuertes y no lineales, muchas de ellas cerrando y formando bucles de realimentación, en otras palabras, cadenas cerradas de interacciones entre variables.
- Hay retrasos e inercia en los flujos de materiales e información.
- Los objetivos organizacionales o funcionales son múltiples y frecuentemente en conflicto.
- El comportamiento de la empresa es consecuencia de la estructura interna y de la interacción con el ambiente.
- Hay interacción constante con un ambiente cambiante, el cual tiende por una adaptación constante.

Estas características aumentan la dificultad en la dirección de las organizaciones y aumentan los efectos indeseables. Algunas de las relaciones entre los efectos y los factores que caracterizan los sistemas complejos son (Machuca, 1998; Senge, 1995):

- Las acciones tomadas para resolver un problema en un sector aumentan los problemas en otro.
- Las acciones encaminadas (no siempre exitosas) a resolver un problema a corto plazo, puede llevar a problemas en el mediano y largo plazo.
- Las acciones encaminadas a alcanzar ciertos resultados llevan a diferentes efectos de los esperados; es lo que Forrester (1971) llama “comportamiento contraintuitivo de los sistemas sociales”.

- Cuando se hace frente a un problema específico, puede no ser claro qué áreas deberían ser tratadas, así, con frecuencia los síntomas son enfrentados, mientras las causas son esquivadas y entonces permanecen inalteradas.
- Se pueden presentar diferentes opiniones relacionadas con los posibles efectos de una decisión, con frecuencia, entre individuos con la misma visión de un problema.
- Continuos desacuerdos entre los departamentos de una organización, en los cuales cada uno defiende con verdadera ceguera sus propios objetivos particulares, sin llegar a apreciar los daños que se pueden producir a todos los objetivos de la empresa.
- Dificultad de adaptarse a un ambiente el cual tiene una influencia crítica y está cambiando rápidamente en una gran variedad de áreas (desarrollo tecnológico, avances en técnicas y dirección, globalización de la economía, etc.)
- Uso insuficiente de pensamiento de sistemas. El pensamiento de sistemas hace referencia a la habilidad para ver el mundo como un sistema complejo.
- La dificultad en conseguir un entendimiento sistémico de las operaciones del subsistema, por medio de las herramientas de enseñanza comúnmente usadas, como por ejemplo, la dinámica de sistemas.

El pensamiento de sistemas es utilizado en muchas disciplinas, con el propósito de actuar en concordancia con los mejores intereses, a largo plazo, de los sistemas como un todo. Es por esto que el pensamiento sistémico, y la dinámica de sistemas, hacen énfasis en la interacción entre las partes (Machuca, 1998), y adoptan tanto una posición analítica (concentración sobre las partes) como una posición holística (enfocado fundamentalmente sobre el todo)

1.1.4 DINAMICA DE SISTEMAS

A lo largo de los años cincuenta comenzó a fraguarse en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) una destacada metodología de sistemas, la Dinámica de Sistemas. Jay W. Forrester, ingeniero electrónico, había pasado del Laboratorio de Servomecanismos, donde inventó las memorias magnéticas de núcleos de ferrita, a coordinar un gran proyecto de defensa, el sistema SAGE (Semi-Automatic Ground Equipment). En la realización de este sistema de alerta en tiempo real se percató de la importancia del enfoque sistémico para concebir y controlar entidades complejas como las que surgen de la interacción de hombres y máquinas.

Tras esta experiencia, Forrester pasaría como profesor a la Sloan School of Management del MIT, donde observó que en las empresas se producían fenómenos de realimentación que podían ser causa de oscilaciones, igual que sucede en los servomecanismos. De esta forma ideó la Dinámica Industrial [Industrial Dynamics, 1961], una metodología que permitía construir modelos cibernéticos de los procesos industriales. La peculiaridad de estos modelos residía en la posibilidad de simular su evolución temporal con la ayuda del ordenador. Posteriormente aplicaría su metodología a problemas de planificación urbana [Urban Dynamics, 1969] y la generalizaría para cualquier tipo de sistema continuo, cambiando su denominación por la de Dinámica de Sistemas [System Dynamics, 1968].

La Dinámica de Sistemas alcanzó gran difusión durante los años setenta, al servir de base para los estudios encargados por el Club de Roma a Forrester y su equipo para valorar el efecto del crecimiento de la población y de la actividad humana en un mundo de recursos limitados. El propio Forrester dirigió la confección de un modelo inicial del mundo [World Dynamics, 1971] a partir del cual se realizaría más tarde el informe definitivo [The Limits to

Growth, 1973], dirigido por D.L. Meadows y financiado por la Fundación Volkswagen. Un segundo informe, también utilizando Dinámica de Sistemas, sería encargado posteriormente a Mesarovic y Pestel [Mankind at the Turning Point, 1974].

La Dinámica de Sistemas (D.S.), como una de las disciplinas cobijadas por el marco general del Pensamiento Sistémico, permite asumir el estudio y la comprensión de un fenómeno de interés como un sistema, por complejo que este sea, para lograr su explicación y representación a través de modelos de simulación.

El comportamiento de un sistema es observable a través de los patrones de sus componentes, tales como niveles, tasas, u otras variables. Con diferentes variables, el comportamiento del sistema debe ser diferente y el bucle dominante de cada patrón en cada período de tiempo no debe ser el mismo en cada instante (TU, CHEN, y TSENG, 1997). Los éxitos de la investigación en dinámica de sistemas dependen de una clara identificación inicial, de un propósito y un objetivo importante; un modelo de dinámica de sistemas debe organizar, clarificar y unificar el conocimiento. La simulación del modelo debe llevar a un proceso de validación mediante el cual se juzgue la estabilidad del modelo, los períodos de fluctuación, las relaciones de tiempo entre las variables, y otros factores. El concepto final de los modelos dinámicos industriales dependerá de la utilidad que tienen para el gerente en el diseño de mejores sistemas industriales. La simulación, validación, y análisis de sensibilidad de los parámetros y de las estructuras, permiten el planteamiento de escenarios, entendidos éstos como una situación hipotética a través de la cual se da “un brinco imaginativo hacia el futuro”. Su objetivo no es predecir lo que sucederá, sino que se plantean varios futuros potenciales. Es probable que ninguno de ellos se concrete, pero en todos sí

se debe tener conciencia de las fuerzas que actúan sobre el presente, y de las que podrían actuar sobre el futuro¹⁵.

Lagarda Leiva en su libro Introducción a la dinámica de sistemas define a la Dinámica de Sistemas como una técnica de simulación con la cual se pueden ver y entender las relaciones entre los factores que intervienen en un sistema y su influencia en el comportamiento dinámico del mismo. Esta cualidad de la dinámica de sistemas, hace que el analista, el gerente, o el directivo que la utiliza, tenga una visión sistémica y por lo tanto una mayor comprensión del proceso de producción.

La dinámica de sistemas sirve para estudiar y analizar los posibles comportamientos a largo plazo de un subsistema de gestión de procesos de producción; específicamente, por ordenes de pedidos o MTO, modelando un sistema sencillo compuesto por diferentes inventarios e incluyendo variables tales como tiempo de ajuste del inventario, demanda, orden de producción, y flujos de producto terminado.

Para comenzar se debe tener muy en claro que el análisis de un sistema consiste en su disección, al menos conceptual, para establecer las partes que lo forman. Sin embargo, el mero análisis de un sistema no es suficiente; no basta con saber cuáles son sus partes. Para comprender su comportamiento necesitamos saber cómo se integran; cuáles son los mecanismos mediante los que se produce su coordinación. Necesitamos saber cómo se produce la síntesis de las partes en el sistema.

Por ello, en el estudio de un sistema, tan importante es el análisis como la síntesis. El énfasis en la síntesis distingue la metodología sistémica de las

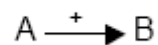
15 ARACIL, Javier y GORDILLO, Francisco. "Dinámica de sistemas", Alianza Editorial, Madrid, 1997.

metodologías científicas más clásicas de análisis de la realidad, en las que se tiende a sobrevalorar los aspectos analíticos por oposición a los sintéticos, mientras que en la metodología sistémica se adopta una posición más equilibrada. Tan importante es el análisis, que nos permite conocer las partes de un sistema, como la síntesis, mediante la cual estudiamos cómo se produce la integración de esas partes en el sistema.

A continuación enumeramos y presentamos cómo es la estructura de un modelo de Dinámica de Sistemas.

1.1.4.1 Diagrama De Influencias¹⁶

El conjunto de las relaciones entre los elementos de un sistema recibe la denominación de estructura del sistema y se representa mediante el *diagrama de influencias o causal*. En su forma más simple el diagrama de influencias está formado por lo que se conoce como un gráfico orientado. A las flechas que representan las aristas se puede asociar un signo. Este signo indica si las variaciones del antecedente y del consecuente son, o no, del mismo signo. Supongamos que entre A y B existe una relación de influencia positiva.



En general, si **A** y **B** son dos partes de un sistema, el hecho de que A influya sobre B se representa mediante un flecha de la forma A B e indica que B es una función de A, es decir $B = f(A)$, aunque no se conozca la forma matemática exacta de la función.

¹⁶ ARACIL, Javier. DINAMICA DE SISTEMAS. Publicaciones de Ingeniería de Sistemas. Cuarta Edición. Graficas Marbe. Madrid, España. 2006.

Establecer un gráfico en el que aparezcan representados todos los elementos que componen el modelo junto con sus relaciones supone un paso importante en la definición de la estructura del mismo. De cara a facilitar la comprensión de las hipótesis introducidas en el modelo, es de gran ayuda disponer de un diagrama causal exhaustivo para la presentación del mismo a un público interesado. Dicho diagrama causal siempre puede deducirse sin dificultad una vez finalizada la construcción del modelo.

1.1.4.2 Bucles o Lazos de Realimentación¹⁷

El tipo de problemas en los que habitualmente trabaja la Dinámica de Sistemas se caracteriza porque en éstos siempre aparecen relaciones causales estructuradas en bucles cerrados. Ello no es sorprendente por cuanto detrás de un bucle cerrado de relaciones causales subyace el principio filosófico de que nada se hace impunemente. Una acción ejecutada por o sobre un elemento del bucle se propaga por el mismo de manera que tarde o temprano esa acción repercute sobre sus propios valores futuros. Esto es habitual en las organizaciones en las que el hombre es una parte más de las mismas, las cuales constituyen en buena medida nuestro principal objeto de estudio. Conviene distinguir dos tipos de lazos o bucles realimentados, lazos positivos y negativos.

¹⁷ Ibid.

❖ Bucle de Realimentación Negativa

Un bucle de realimentación negativa tiene la notable propiedad de que si, por una acción exterior, se perturba alguno de sus elementos, el sistema, en virtud de su estructura, reacciona tendiendo a anular esa perturbación. En efecto, consideremos el bucle de la Figura 1a, en el que los elementos se han representado, de forma general, mediante las letras A, B y C. Supongamos que uno cualquiera de ellos, por ejemplo el B, se incrementa. En virtud de las relaciones de influencia, el incremento de B determinará el de C, ya que la relación de influencia correspondiente es positiva. A su vez, el incremento de C determinará el decrecimiento de A, ya que así lo determina el carácter negativo de la influencia. El decrecimiento de A dará lugar al de B, pues la relación es positiva. Por tanto, el incremento inicial de B le «vuelve», a lo largo de la cadena de realimentación, como un decremento; es decir, la propia estructura de realimentación tiende a anular la perturbación inicial, que era un incremento, generando un decremento. De este modo se comprende que los bucles de realimentación negativa son bucles estabilizadores, que tienden a anular las perturbaciones exteriores. Por ello, los ingenieros que diseñan sistemas de regulación automática los incorporan en sus proyectos como elementos básicos para conseguir la acción reguladora. El efecto de un bucle de realimentación negativa es, por tanto, el tratar de conseguir que las cosas continúen como están, que no varíen. Son bucles que estabilizan los sistemas.

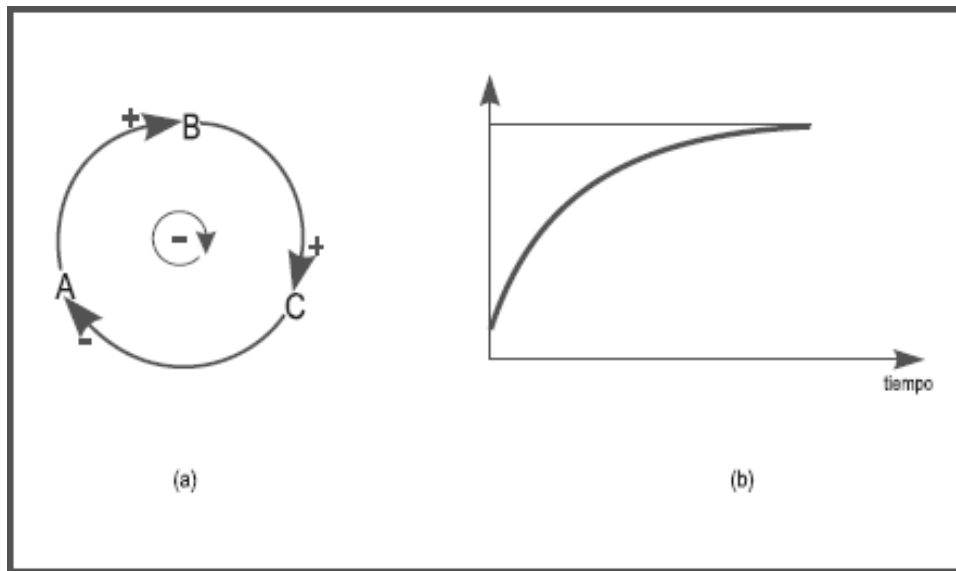


Figura 1 - Estructura de realimentación negativa en (a) y comportamiento correspondiente en (b)

Es conveniente observar que en un bucle de realimentación negativa lo que se realimenta es información. El agente necesita información sobre los resultados de sus decisiones para adaptarlas a los resultados que esas acciones van produciendo.

❖ Bucle de Realimentación Positiva

En la Figura 2 se representa de forma esquemática, mediante las letras **A**, **B** y **C**, un bucle de esta naturaleza. Con ayuda de este diagrama se puede analizar, de forma general, el comportamiento que genera este bucle. Si cualquiera de sus elementos sufre una perturbación, ésta se propaga, reforzándose, a lo largo del bucle. En efecto, si A crece, entonces, en virtud del signo de la influencia, lo hará B, lo que a su vez determinará el crecimiento de C y, de nuevo, el de A. Por lo tanto, la propia estructura del sistema determina que el crecimiento inicial de A «vuelva» reforzado a A, iniciándose de este modo un proceso sin fin que determinará el crecimiento

de A. Este efecto se conoce vulgarmente como «círculo vicioso» o «bola de nieve». El cambio se amplifica produciendo más cambio.

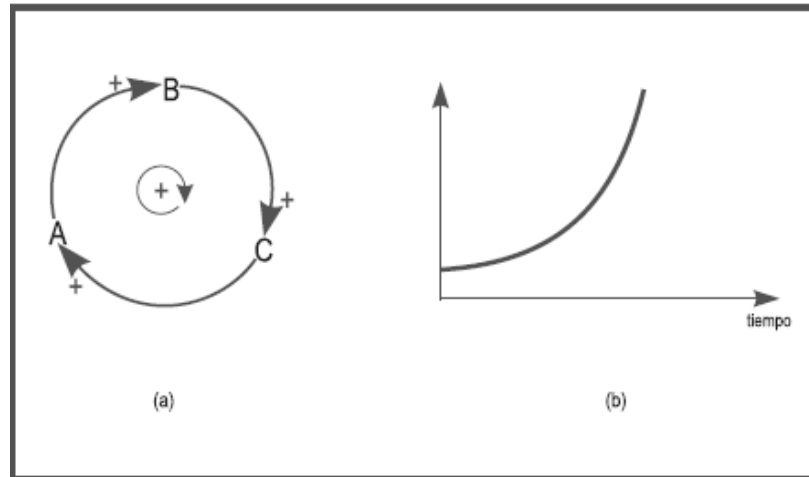


Figura 2 - Estructura de realimentación positiva en (a) y comportamiento correspondiente en (b)

Se trata, por tanto, de una realimentación que amplifica las perturbaciones y que, por tanto, inestabiliza al sistema. En este sentido se puede decir que su efecto es contrario al de la realimentación negativa. Si aquella estabilizaba, esta desestabiliza.

❖ Sistemas Complejos y Estructuras Genéricas

Los bucles de realimentación positiva y negativa constituyen los ejemplos más simples de estructura de un sistema capaces de generar comportamiento de forma autónoma. Sin embargo, los sistemas con los que habitualmente nos encontramos no son frecuentes que admitan una descripción en la que aparezca exclusivamente una de esas estructuras. Por el contrario, lo habitual es que nos encontremos con sistemas complejos en los que coexistan múltiples bucles de realimentación, tanto positivos como

negativos. En tal caso el comportamiento resultante dependerá de cuáles de los bucles sean dominantes en cada momento.

El ejemplo más simple de un sistema con varios bucles de realimentación es el que se muestra en la Figura 3, en el que se tiene una estructura en la que coexisten un bucle de realimentación positiva con uno negativo.

Existen muchos procesos en la realidad a los que es aplicable este diagrama. Se trata de procesos en los que inicialmente se produce un crecimiento; es decir, al principio el bucle de realimentación positiva es el dominante. Sin embargo, sabemos que todo proceso de crecimiento tarde o temprano debe cesar. No hay un crecimiento indefinido. Este efecto limitador del crecimiento se incorpora mediante un bucle de realimentación negativa, como el que se muestra a la derecha de la Figura 3. Cuando el estado ha alcanzado un considerable nivel de crecimiento, como consecuencia de que el bucle de realimentación positiva es dominante, se invierte la dominancia de los bucles, de modo que el nuevo bucle dominante es el negativo y se produce la limitación del crecimiento.

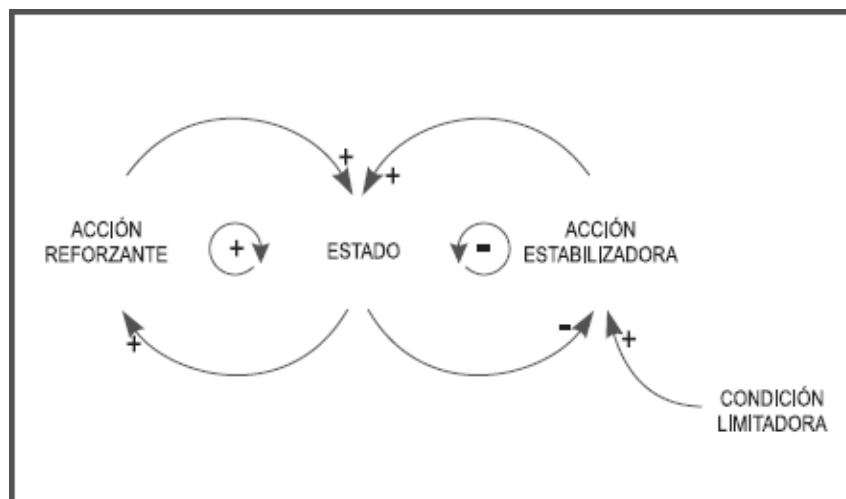


Figura 3 – Estructura formada por dos bucles de realimentación; uno positivo y uno negativo

Coyle (1974, 1977) clasifica seis modos de comportamiento de bucles de realimentación. Tres de ellos son principalmente resultado de la acción de bucles de realimentación positiva, y los otros tres debido a la realimentación negativa; estos modos de comportamientos son:

- *Crecimiento en S*: gracias a la interacción de un bucle de realimentación positivo y otro negativo. La primera fase es de crecimiento y el conjunto se comporta como un modelo de primer orden con realimentación positiva. En un instante determinado, el bucle de realimentación negativa comienza a actuar y el crecimiento disminuye hasta llegar a la estabilización.
- *Oscilación*: La variable oscila en entorno a un nivel medio permanente. Normalmente el comportamiento es muy irregular. Las oscilaciones pueden ser de distinta naturaleza: estables, explosivas o amortiguadas.
- *Oscilación con Picos*: este comportamiento en el sistema que intenta adaptarse a los movimientos de la demanda externa a través de efectos adicionales. También puede ser debido a inestabilidades externas del sistema.
- *Crecimiento Exponencial*: responde al modo de comportamiento de un bucle de primer orden con realimentación positiva.
- *Crecimiento Escalonado*: es consecuencia de la actividad conjunta de bucles de realimentación positiva y negativa acoplados. Durante de las fases de crecimiento los bucles positivos son dominantes, mientras que los negativos determinan el comportamiento de las fases de estabilización. Este tipo de crecimiento es muy frecuente en situaciones industriales.
- *Crecimiento y Colapso*: el sistema evoluciona hacia un nivel límite, los sobrepasa y los efectos negativos causados por este exceso provocan el colapso. Por ejemplo cuando en la empresa el ritmo de crecimiento continuado es superior a su capacidad financiera, entonces va a la

quiebra, o su nivel de actividad cae por debajo del que podría haber tenido si el proceso de crecimiento fuera el adecuado.

❖ Retrasos

Un aspecto importante que se debe considerar en el estudio de sistemas dinámicos es el retraso que se produce en la transmisión de información o de materiales a lo largo de estos. Al construir el diagrama causal de un sistema se debe considerar que la relación causal que liga a dos variables puede implicar la transmisión de información o material para la cual se requiere el transcurso de cierto tiempo; es entonces cuando se está en presencia de un retraso. Un retraso es conocido también por retardo o demora. Para formarse una idea sobre la situación de cierto problema es necesario que trascorra cierto tiempo antes de tomar una decisión, y una vez tomada está, debe transcurrir algún tiempo hasta que se observen los efectos en la misma. En la Figura 4 se muestra un bucle de realimentación negativa en el que la influencia entre C y A se produce con un retraso, por lo que la flecha correspondiente presenta dos trazos.

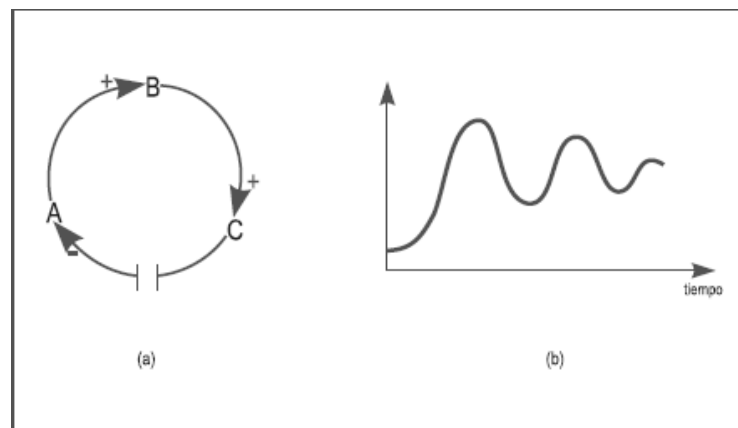


Figura 4- Bucle de realimentación negativa con un retraso

Retrasos en la transmisión de material.

Los retrasos de materiales se producen cuando existen elementos en el sistema que almacenan el material que fluye por el mismo. En la figura 5, se muestra un retraso de material de primer orden. El orden viene dado por el número de niveles necesarios para la simulación del mismo. El retraso¹⁸ es producido a través de la acción combinada del nivel y el flujo como se observa en el recuadro de la figura 5.

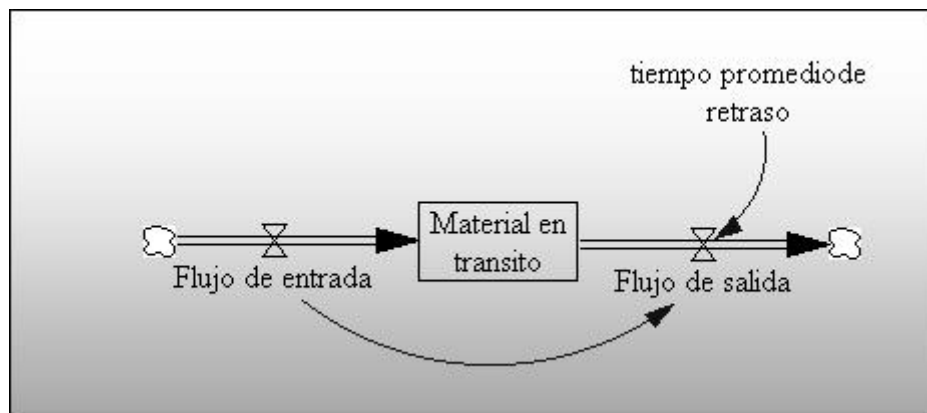


Figura 5 - Retraso de Material de primer orden

Retrasos en la transmisión de información

Este tipo de retrasos resulta de la necesidad de conservar y almacenar información del sistema antes de tomar una decisión.

Los retrasos en la transmisión de información actúan como filtros que son capaces de aislar los picos que presenta la evolución de una variable, tomando un valor promedio de la misma. Al promediarse ponderarán los

18 John D. Sterman: Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. pág. 416. 2000.

datos disponibles de manera que los más recientes influyan significativamente en los más antiguos.

Normalmente la información empleada para tomar decisiones con lleva a irregularidades debido a errores, comportamientos individuales o de grupo, periodos no uniformes, intermitencias, etc. Estas irregularidades se deben filtrar para determinar las variaciones significativas subyacentes. El proceso para lograr esto es llamado proceso de promedio o aislado. Este proceso elimina el ruido de alta frecuencia e introduce retrasos en la transmisión de la información. En cualquier proceso aislado se debe establecer un compromiso entre realizar un aislado intenso para reducir el ruido significativo, a costa de un retraso importante o de un aislado menor que arrastrara a un cierto ruido, pero con un tiempo de retraso mucho menor.

La figura 6 muestra el diagrama de Forrester en donde se consideran dos niveles y tres flujos.

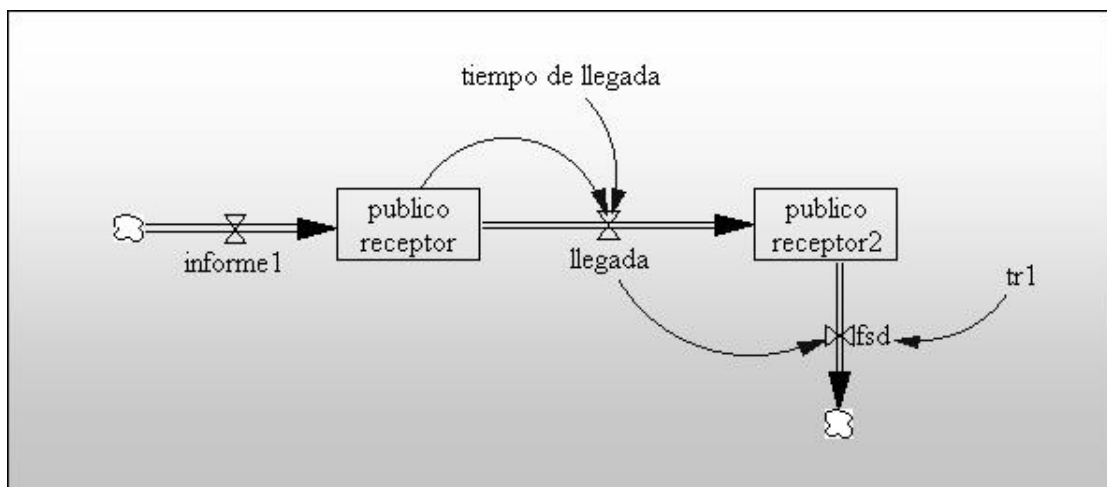


Figura 6 - Retraso en la transmisión de información

1.1.4.3 Variables¹⁹

Se distinguen tres tipos de variables en función de su propio cometido en el modelo. Variables de *nivel*, variables de *flujo* y variables *auxiliares*.

Los **niveles** suponen la acumulación en el tiempo de una cierta magnitud. Son las variables de estado del sistema, en cuanto que los valores que toman determinan la situación en la que se encuentra el mismo.

Los **flujos** expresan de manera explícita la variación por unidad de tiempo de los niveles. No es siempre inmediato decidir cuál de los tres tipos será el apropiado para representar a un elemento determinado del sistema real en estudio. Pensar en un cierto nivel de agua y en un grifo que lo abastece es una buena metáfora para mejor comprender los significados respectivos de estos dos tipos de variable.

Las variables **auxiliares** son, como su nombre indica, variables de ayuda en el modelo. Su papel auxiliar consiste en colaborar en la definición de las variables de flujo y en documentar el modelo haciéndolo más comprensible.

Además de las variables reseñadas, en todo modelo habrá también **parámetros**, o sea, variables que se mantienen constantes durante todo el horizonte temporal de ejecución del modelo.

Toda variable de nivel está unida a una o más variables de flujo las cuales son responsables de la variación de la primera. De hecho, un nivel sólo cambia en cuanto se llena o vacía por los flujos que le afectan.

¹⁹ John D. Sterman: Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. pág. 416. 2000.

Conviene también observar que siempre que tengamos una variable del tipo dX/dt , que representa la variación de una magnitud X con respecto al tiempo, se tendrá una relación de influencia. La variable X resulta de la acumulación del cambio implícito en la variable dX/dt . Por tanto, siempre que aparezca una variable como la dX/dt aparecerá una X , y entre ambas se establecerá una relación. La variable X se denomina variable de nivel y la variable dX/dt variable de flujo. En la literatura matemática a la variable de nivel se la conoce también como variable de estado.

1.1.4.4 Diagrama de Forrester²⁰

Realizar la clasificación de las variables es paso significativo para llegar a una descripción del sistema más formalizada. Por tanto, una vez clasificados los elementos que aparecen en el diagrama de influencias en variables de estado, flujo y auxiliares estamos en disposición de obtener, a partir del diagrama de influencias, lo que se conoce como el *diagrama de Forrester*, que es uno de los elementos básicos de la dinámica de sistemas.

A las variables de estado, flujo y auxiliares se asocian unos *iconos* o *gráficos* (Tabla 1) en la que a una variable de estado se asocia un rectángulo, a una de flujo un icono que recuerda una válvula y a una variable auxiliar mediante un círculo. En este punto conviene indicar que los símbolos (iconos gráficos) que se han utilizado son los que inicialmente propuso Forrester, pero que, en la actualidad, no son empleados de forma universal, y se dibujan estos diagramas con cierta libertad a la hora de escoger símbolos, como se puede apreciar en la tabla 2. De todas formas independientemente del conjunto de símbolos que se escojan para representar estos diagramas la similitud entre ellos hace que no exista ningún problema en la comprensión de los mismos.

²⁰ DONADO, Juan; DORMIDO, Sebastián y MORILLA, Fernando. Fundamentos de la dinámica de sistemas y modelos de dinámica de sistemas en epidemiología. Madrid, España. 2005.




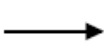





	Nube: representa una fuente o un pozo; puede interpretarse como un estado que no tiene interés y es prácticamente inagotable.
	Estado: representa una acumulación de un flujo.
	Flujo: Variación de un estado; representa un cambio en el estado del sistema.
	Canal de material: canal de transmisión de una magnitud física que se conserva.
	Canal de información: Canal de transmisión de una cierta información, que no es necesario que se conserve.
	Variable auxiliar: una cantidad con un cierto significado físico en el mundo real y con un tiempo de respuesta instantáneo.
	Constante: un elemento del modelo que no cambia de valor.
	Retraso: un elemento que simula retrasos en la transmisión de información o de material.
	Variable exógena: variable cuya evolución es independiente de las del resto del sistema. Representa una acción del medio sobre el sistema.

Tabla 1 - Simbología para construcción de Diagramas de Forrester

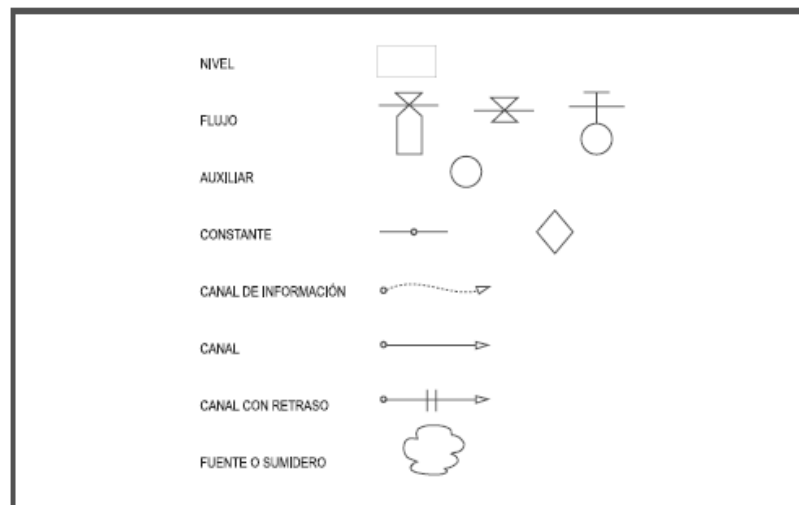


Tabla 2 - Otra simbología usada para construcción de Diagramas de Forrester

En la Figura 5 se ilustra a una variable de nivel asociada a un rectángulo y a una variable de flujo un icono que recuerda una válvula, cuya apertura se

regula precisamente mediante el flujo que representa esta variable. En la literatura se encuentran las dos formas de representar las variables de flujo.

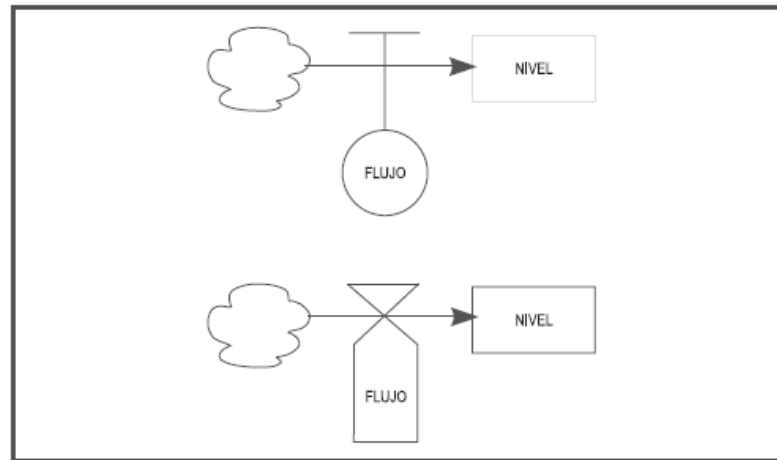


Figura 5 - Representación grafica de las variables de nivel y de flujo en el Diagrama de Forrester

❖ Algunos aspectos de importancia en la organización de las variables y los parámetros

En todo sistema dinámico autónomo, la variación de sus estados depende de los valores en que se encuentran dichos estados. Resulta pues natural que un modelo mantenga la siguiente organización:

- Las líneas de información tienen siempre como punto de partida inicial los niveles o los parámetros (al fin y al cabo un parámetro no tiene otra misión que la de informar de su valor) y como punto de destino final los flujos. Dicho de otra manera, las variables de flujo son función de los niveles y de los parámetros.
- Las variables auxiliares forman parte de los caminos de información. De hecho, usualmente aparecerán variables auxiliares entre la información

que arranca en los niveles y su destino final en los flujos. Estas variables van configurando la función que finalmente definirá a un flujo, de manera que documentan en forma comprensible cada paso en el tratamiento de la información que determina la definición de la variable de flujo.

- Por lo dicho, no tiene sentido un bucle cerrado construido únicamente con variables auxiliares. En todo lazo cerrado debe de aparecer un nivel y, en consecuencia, al menos un flujo.
- Cuando un sistema no sea autónomo, es decir, cuando existan variables exógenas influyendo en el comportamiento del mismo, una o más líneas de información podrán evidentemente, y excepcionalmente, tener su origen en una variable auxiliar. Si así no fuera, la variable exógena no podría influir de ninguna manera en el modelo.

1.1.4.5 Modelo Matemático²¹

Todas las relaciones entre las variables deben ser explícitamente cuantificadas. La forma más frecuente de establecer la relación entre dos variables es mediante una expresión analítica que proporciona la función que relaciona ambas variables. Poco más puede decirse en abstracto a cerca de las ecuaciones por cuanto dependerán muy específicamente de cada situación particular. Conviene, no obstante, hacer un mínimo comentario referente a cada tipo de variable.

Las ecuaciones de variables auxiliares pueden adoptar cualquier forma analítica si bien, por su propia naturaleza de variables añadidas para simplificar la descripción, no tienen porque ser expresiones complicadas.

21 TORREALDEA, Javier. Ciencias de la Computación e Inteligencia artificial; Cap. Dinámica de Sistemas. Madrid, España. 2004.

Muchas veces no conoceremos la relación algebraica precisa pero podremos tener un conocimiento expresable mediante una gráfica. Esta gráfica se traducirá en una tabla en el momento de su implementación. Esta forma de establecer dependencias es muy útil cuando nuestro conocimiento de la relación entre dos variables auxiliares tiene un carácter experimental y, también, cuando desconociendo la naturaleza exacta de la relación deseamos introducir hipótesis estimables para la misma.

Las ecuaciones más problemáticas de decidir siempre son las correspondientes a algunos ***flujos***. En particular a aquellos que definen las políticas del sistema. Téngase en cuenta que los cambios en el estado del sistema corresponden a los flujos. Por ello, los flujos son los puntos del modelo donde se plasman las decisiones importantes.Cuál va a ser la política de contratación, cuál la de incremento de la inversión, de que dependen los contagios, son ejemplos de flujos típicos. Una buena parte del esfuerzo de construcción del modelo deberá dedicarse a la determinación de estos flujos.

Las ecuaciones correspondientes a los niveles son siempre iguales. Un nivel es siempre y por definición la integración de todos los flujos que le afectan. Tal es así, que estas ecuaciones pueden ser escritas automáticamente por la máquina si se dispone del compilador adecuado.

De esta manera, una vez establecidas todas las relaciones, si especificamos los valores que inicialmente tienen los niveles y atribuimos valores a los parámetros dispondremos de un conjunto de ecuaciones que el ordenador integrará numéricamente para proporcionarnos la evolución temporal de las variables. Dicho “*conjunto de ecuaciones*” es el modelo matemático propiamente dicho. Existen compiladores de simulación específicos de Dinámica de Sistemas.

1.2 ANTECEDENTES

En el campo de los sistemas de manufactura, se han estudiado a nivel mundial algunos modelos con dinámica de sistemas, los cuales, han permitido analizar con cierta profundidad el comportamiento de dichos sistemas. Mosekilde (1986), Zhao y Xu (1986), Mosekilde y Larsen (1988), Sterman (1988), Andersen y Sturis (1988), Stoyanov (1995), Haslett (1996), Thiel (1996), Crespo (1997) y Crespo (1998), han desarrollado modelos generales con los cuales se estudia el sistema de asignación de recursos en una planta de manufactura, de acuerdo con los niveles de inventario y pedidos pendientes. El objetivo que buscan los investigadores anteriormente citados, es el de mostrar cómo pueden desarrollarse comportamientos extraños en un sistema genérico de asignación de recursos, y a la vez, aplicar algunas de las herramientas matemáticas para describir el fenómeno extraño y así entender mejor la dinámica del sistema de gerencia que se este teniendo en cuenta.

Mosekilde y Larsen (1988), Sterman (1988), y Haslet (1996), han estudiado el problema concreto de producción y distribución, a través del juego académico conocido como el *Juego de la Cerveza*; Andersen y Sturis (1988) analizaron un modelo desarrollado específicamente para una fabrica ensambladora de cajas registradoras; Stoyanov (1995) desarrolló un modelo relacionado con la supervivencia de una organización en un ambiente competitivo; Haslett (1996) y Thiel (1996) hacen énfasis en los comportamientos complejos obtenidos como resultado de las decisiones locales, o reglas locales, tomadas en puntos específicos de los procesos productivos que utilizan sistemas de manejo con tarjetas, o sistemas Kankan.

De igual forma se presentan a continuación algunos aspectos de estudios y modelaciones por medio de dinámica de sistemas sobre subsistemas de

producción y de operaciones realizados por varios investigadores. Algunos de los aspectos son:

- Esquemas de manejo de la producción: MRP, Punto de Pedido, Stock Base, Justo a Tiempo, Kankan, Conwip, Long Production, entre otros.
- Procesos de toma de decisiones.
- Influencia de los inventarios en las fluctuaciones de los sistemas de producción.
- Subsistema Distribución – Producción.
- Reingeniería de procesos.
- Subsistema de beneficio – costo.

Otros aspectos analizados que complementan el primer ítem antes mencionado, son los de la Planeación Agregada de la Producción, el control y administración de la mano de obra, proveedores, ventas, demandas, control de inventarios, paradas de maquinas, cuellos de botellas, y capacidad de producción, entre otras variables. Los resultados de las simulaciones permiten observar los comportamientos de los sistemas de manufactura, de acuerdo con el esquema de producción utilizado. Algunos de los estudios han modelado solo un esquema de producción, y otros han modelado varios esquemas de producción, con el propósito de comparar los resultados y determinar cual esquema o cual combinación de esquemas produce mejores resultados para el sistema de producción.

La mayoría de los investigadores que estudian sistemas de producción por medio de la dinámica de sistemas, están de acuerdo en que un buen proceso de toma de decisiones, es el que permite obtener comportamientos lo mas estables posible.

También se registran trabajos de grados sobre simulación y planeación de modelos de producción como lo son:

- ❖ ANAYA BOHORQUEZ, Manuel y CUETER HERRERA, María Angélica. Propuesta para el diseño de un modelo de cualificación y sensibilización basado en la filosofía Kaizen para la empresa Liberty Seguros S.A Cartagena. Cartagena, 2004. Universidad de Cartagena. Programa de Administración Industrial.
- ❖ CERVANTES CASTRO, Antonio y DUQUE PEÑA, Jaime. Diseño de un programa de planeación, organización y control del proceso productivo de la empresa Productos Perla. Cartagena, 2005. Universidad de Cartagena. Programa de Administración Industrial.
- ❖ ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, GARCIA CASTAÑO, Carlos Humberto, BARRAGAN TARAZONA, Omar Augusto y GOMEZ PRADA, Urbano Eliécer. Modelo de simulación para la investigación integral de sistemas de producción de ganadería bovina. un enfoque sistémico: *siprob 1.0*. Bucaramanga, Colombia. Grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación, adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistema e Informática. Universidad Industrial de Santander y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.
- ❖ PEÑA ZAPATA, Gloria, CRESPO MARQUEZ, Adolfo, DYNER R., Isaac, MORENO VELASQUEZ, Luís Fernando y DIAZ SERNA, F. Javier. Análisis cualitativo de un modelo de producción-inventario. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y Escuela Superior de Ingenieros Departamento Organización Industrial y Gestión de Empresas Camino de los Descubrimientos, Universidad de Sevilla, España.

1.3 ORGANIZACIONES DE ESTUDIO DE DINAMICA DE SISTEMAS

1.3.1 SOCIEDAD DE DINAMICA DE SISTEMAS (SYSTEM DYNAMICS SOCIETY)

La organización sin fines de lucro “System Dynamics Society” (www.systemdynamics.org) establece anualmente un congreso internacional de practicantes académicos y profesionales practicantes de la Dinamica de Sistemas. Aproximadamente 400 personas se juntan en diversos lugares – una vez en Estados Unidos, una vez en otro lugar del planeta. Es la oportunidad de compartir con los maestros, probar productos nuevos y formar grupos de discusión y trabajo. Ser miembro significa ser suscrito a la revista (impreso y en línea), aparecer en el registro de miembros en línea, participar de la lista de correo electrónico y una tarifa reducida para el congreso internacional. También significa ser uno de los aproximadamente mil que ayuden a financiar la “society” con su cuota anual de unos US\$90. Adentro de la “society” existen varios grupos de interés como economía, educación, salud y medio ambiente. En 2005, el lugar de encuentro de SDS fue en Boston. *“Hope to see you there”...*

1.3.2 CAPITULO LATINOAMERICANO DE LA SOCIEDAD DE DINAMICA DE SISTEMAS

El Capítulo Latinoamericano se creó en 2002 con el propósito de ayudar a la dinámica de sistemas a propagarse en América Latina. Buena parte de la dificultad se atribuye a la barrera del idioma. La primera actividad formal fue lanzar el ***Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas***.

El Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas es la oportunidad para los practicantes de reunirse e intercambiar experiencias; también es la ocasión de mostrarse como comunidad y disciplina, de invitar a otros y acercarse y conocer lo que hacen. En Abril de 2003 se celebró el Primer

Congreso en el Instituto Tecnológico de Monterrey (México). El Segundo Congreso tuvo lugar del 18 al 20 de noviembre 2004 en la Universidad de Talca (Chile).

El Tercer Congreso se celebró en Cartagena (Colombia) en los días 29 y 30 de noviembre y 1 y 2 de diciembre de 2005, en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Los organizadores del encuentro estuvieron a la cabeza de estudiantes y docentes de entes de educación superior en Colombia como la Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Industrial de Santander, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Pontificia Universidad Javeriana de Cali y EAFIT de Medellín. Durante tres días se presentaron trabajos de diversos ámbitos: Crimen: 4; Economía: 6; Educación: 7; Energía: 3; Recursos: 7; Sociales: 4; Software: 4; Metodología: 2; Negocios/Administración: 4.

1.3.3 COMUNIDAD COLOMBIANA DE DINAMICA DE SISTEMAS

Los primeros esfuerzos inician en la Universidad Nacional de Colombia seguidos por la Universidad industrial de Santander con la labor precursora de los profesores Isaac Dyner y Hugo H. Andrade en sus respectivas Universidades. En 1994 los profesores Dyner y Andrade proponen la Primera Conferencia Colombiana sobre Modelamiento Sistémico en la Universidad Industrial de Santander. El Segundo Encuentro contó con la participación de más de 120 asistentes en su mayoría estudiantes de pregrado en Ingenierías y Administración de Empresas y de postgrado en Ingeniería Ambiental y Dinámica de Sistemas entre otros. El evento convocó a profesores e investigadores en Dinámica de Sistemas de las más representativas universidades del país. El Tercer encuentro tuvo lugar en la Ciudad de Cartagena en concordancia con el Tercer Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas celebrado en el año 2005.

2 CONCEPTUALIZACIÓN E IDENTIFICACION DE VARIABLES DEL MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCION

2.1 CONCEPTUALIZACION DEL MODELO

El proceso de planificación y control de la producción en una organización, se puede dividir o segmentar en varias fases o etapas, las cuales dependen de ciertas variables ya sean de carácter cambiante o constante, y que al interrelacionarse crean causalidades de incremento o disminución

En el modelo de planificación y control de la producción se busca establecer en un orden lógico las fases que intervienen en éste, y cómo cada variable interactúa con otra.

La primera fase del modelo es la de pedidos, en donde se reciben los pedidos de producto con respecto a una demanda y una capacidad de producción.

A partir de esto se establece la planificación de la producción del bien solicitado, teniendo en cuenta los factores que se requieren en el proceso, tales como los recursos humanos, materias primas, tiempo de producción, maquinaria, etc.

Posterior a esto, continua la fase de compra de materia prima, en donde se establece el volumen de compra con sus respectivas variables influyentes. Así mismo se fijan las políticas de inventario de materia prima y de productos terminados.

El modelo de planificación y control de la producción e inventarios se resume en la figura 6, la cual muestra de manera genérica el ciclo de producción – inventario, empezando por la demanda del producto hasta su entrega al cliente final.

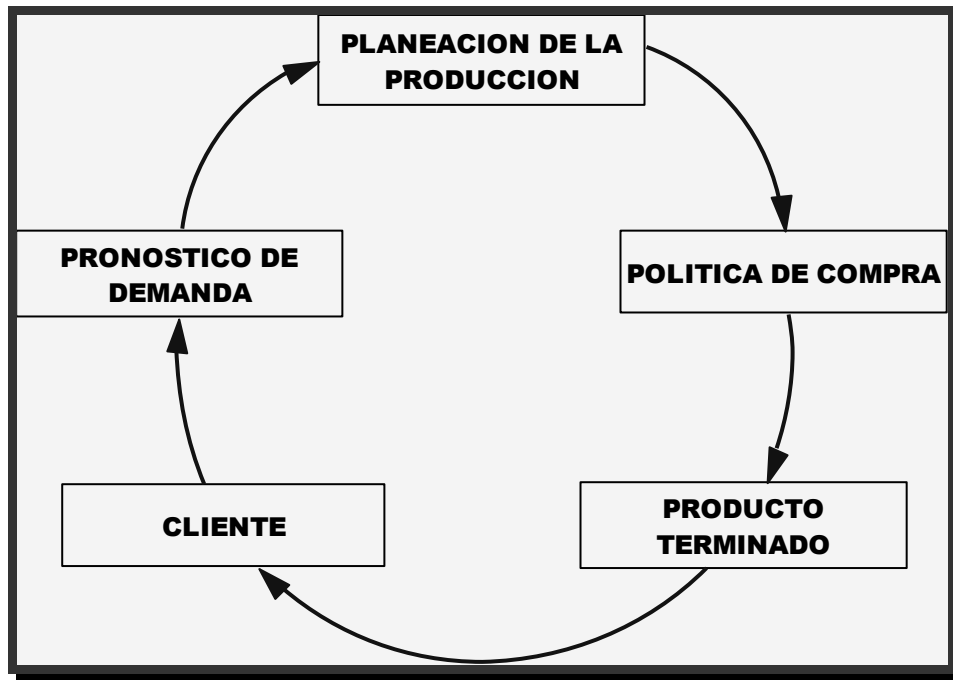


Figura 6 - Ciclo Genérico de la Cadena Producción – Inventario (adaptado de Sipper y Bulfin, 1998.)

La estrategia de Planificación de Producción que utilizará el modelo es la correspondiente a **DEMANDA VARIABLE, FUERZA LABORAL CONSTANTE**, es decir, se alimentará de una demanda que cambia con el tiempo, y una fuerza laboral o número de trabajadores igual para todos los periodos de tiempo. Esto último con el fin de determinar el uso de **horas extras** con una producción requerida en un periodo de tiempo determinado.

El software a utilizar en la simulación del modelo de Dinámica de Sistemas planteado en este proyecto será el **VENSIM PLE**²² (en español: Ventana de Ambiente de Simulación Para Uso Educativo o Evaluación), el cual es el más utilizado a nivel mundial, especialmente en investigaciones, trabajos, cursos, especializaciones, guías, tutoriales, etc. **VENSIM** es una herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. De igual forma provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación, sean lazos causales o diagramas de stock y flujo.

22 VENSIM PLE 32. Versión. 1.0.0.1. © Copyright 2003. Ventana Systems, Inc. Patentes 5,428,740 y 5,446,652. Estados Unidos (United States).

2.1.1 PEDIDOS

Está caracterizada por los pedidos concretos u órdenes de compra que realiza el cliente a la organización. Resaltando además la dificultad para la previsión de la demanda, la diversidad de productos a fabricar, cada pedido puede ser considerado como un producto distinto, entre otros.

Las variables que más influyen en esta fase y están presentes en la mayoría de los proyectos de producción por pedidos son:

- ❖ **Demanda:** es el número de unidades de producto que se solicitan en un periodo determinado. Esta relacionada con el grado de aceptación de un producto en el mercado. Como política de inventarios, el modelo trabajará con *Demanda Variable*.
- ❖ **Número de Clientes:** es la cantidad de compradores de un producto en un tiempo determinado.
- ❖ **Numero de Unidades Solicitadas Por Clientes:** es el número de unidades de producto que un cliente solicita en un periodo de tiempo determinado.
- ❖ **Periodo:** es el espacio de tiempo entre pedidos.

2.1.2 PRODUCCION

Se fundamenta en la elaboración o transformación del bien o los bienes de un pedido específico. La producción en muchas organizaciones es la columna vertebral y la razón de ser del funcionamiento de las mismas, debido a que representa las configuraciones del proceso de conversión y/o transformación de unos inputs (materiales, humanos, financieros, informativos, energéticos, etc.) en outputs (bienes) para satisfacer unas necesidades, requerimientos y expectativas de los clientes, de la forma más racional y a la vez, más competitiva posible.

En la fase de Producción de un pedido específico se tienen en cuenta las siguientes variables:

❖ **Capacidad Real de producción:** es la cantidad real de trabajo expresada en unidades, que realiza una maquina o puesto de trabajo en un periodo de tiempo determinado, teniendo una relación directamente proporcional a la producción total de la empresa. Dentro de la capacidad real de producción se deben tener en cuenta otras variables que la afectan de una manera u otra, tales como:

- Capacidad de Diseño (Capacidad Máxima de Producción)
- Tiempo de Mantenimiento de la Maquina
- Demoras por daños o descomposturas de la Maquina
- Tiempo de Preparación y ajuste de las Maquinas
- Numero de Maquinas

Luego de la mención de estas variables, se resume que la capacidad real de producción aumenta cuando aumenta la capacidad de diseño, y disminuye

cuando existe un aumento en el tiempo de mantenimiento, paradas, preparación y/ o ajustes.

❖ **Inventario De Productos Terminados:** consiste en la previsión de unidades de productos terminados que se mantienen en un espacio físico durante un tiempo determinado. La política de inventario de productos terminados mas utilizada y que se planteara en el modelo es el método *PEPS* “Primero en Entrar, Primero en Salir” (en ingles *FIFO*: First In, First Out). Para efectos de producción, el modelo debe tener en cuenta dos tipos de inventarios:

- Inventario inicial de productos terminados: es la cantidad de productos terminados que la empresa tiene a su disposición al inicio de un periodo
- Inventario de seguridad de productos terminados: es la cantidad de producto terminado mínimo que la empresa desea tener en stock en un periodo determinado.

❖ **Número de Puestos de Trabajo:** es la cantidad de unidades de área que intervienen en la elaboración y/o transformación del bien o bienes.

❖ **Número de Trabajadores:** se refiere a la cantidad de recurso Humano utilizado en el proceso de un pedido específico. A mayor carga de producción se requerirá un mayor número de trabajadores.

❖ **Tiempo Laboral:** es el número de horas utilizadas en una jornada de trabajo. Según la legislación colombiana, la jornada laboral o turno corresponde a Ocho (8) Horas/ Día. De igual forma esta jornada se puede extender a Horas Extras, si la producción lo requiere.

❖ **Tiempo de producción:** tiempo necesario para realizar una o varias operaciones de un pedido. Se cuantifica en Horas/Hombre (H/H) y

Horas/Maquina (H/M). El tiempo de Producción se descompone en tiempo de espera, de preparación, de operación y de transferencia:

- Tiempo de espera: tiempo que está el producto hasta que comienza la operación.
- Tiempo de preparación: tiempo que se necesita para disponer adecuadamente los recursos que van a efectuar la operación.
- Tiempo de operación: tiempo consumido por los recursos en efectuar la operación.
- Tiempo de transferencia: tiempo necesario para transportar una cantidad de producto que ya ha sido sometido a una operación a otra nueva.

La relación existente entre los tiempos mencionados anteriormente y la producción, es inversamente proporcional, puesto que un aumento en estos disminuirá la producción de la organización.

- ❖ **Materia Prima a Utilizar:** es la cantidad de materia prima que se debe utilizar para poder satisfacer la producción requerida.
- ❖ **Producción Requerida:** es la cantidad de productos terminados que la empresa debe producir para satisfacer la demanda de un periodo, cumpliendo con la política de inventarios propuesta por la empresa
- ❖ **Devoluciones en venta:** son los productos que son rechazados y devueltos por los clientes a la empresa.

2.1.3 COMPRAS

Comprende la adquisición de los elementos (materias primas, materiales, herramientas, etc.) necesarios para la fabricación de los productos solicitados en la fase de pedido.

Las variables que influyen en esta etapa son:

- ❖ **Tiempo de Entrega:** es el tiempo que transcurre entre el momento en que se realiza el pedido al proveedor y la entrega del mismo a la empresa²³.
- ❖ **Inventario de Materia Prima:** es el numero de unidades (stock) de materia prima con que cuenta la empresa en un periodo de tiempo determinado y en un espacio físico determinado²⁴.
- ❖ **Política de Inventario de Materia Prima:** son normas y planes que la empresa fija para la adquisición y administración de los inventarios de materia prima. Para la implementación del modelo se fijará como política la **Cantidad Económica de Pedido “CEP”**²⁵, la cual busca reducir al mínimo el nivel total de inventario, reducir al mínimo los faltantes y reducir el costo de la compra y del almacenamiento. En la CEP se tienen en cuenta los siguientes factores:
 - Demanda: mencionada en la fase de Pedido.
 - Costo Materia Prima Unitario: es el valor que paga la empresa por una unidad de materia prima requerida para la producción.

23 VILLALBA CRUZ, Francisco. Estrategias de Inventarios. Especialización en Logística. Escuela Naval Almirante Padilla. Cartagena de Indias. Marzo de 2004.

24 Ibid.

25 Ibid.

- **Tiempo de Entrega:** se refiere al tiempo o plazo que transcurre entre la realización de la compra y la entrega del material. En el calculo de esta variable es de mucho cuidado, porque se debe tener en cuenta el tiempo que tarda el proveedor en entregar la mercancía una vez se le ha entregado la orden de compra, el tiempo que se tarda en procesar la compra y el tiempo que se demora la legalización del recibo de la mercancía, es decir el instante en que la mercancía ingresa al sistema de información. Entre mayor sea el tiempo de entrega se aumentará el volumen de los pedidos y por ende el inventario de materias primas.
- **Costos relevantes de Inventarios:** comprende las erogaciones por concepto de almacenamiento y efectuar pedidos:
 - **Costos de Almacenamiento:** representa el valor monetario en que se incurre por mantener una unidad de mercancía en el inventario y se divide en: 1.*Costo de Infraestructura* (equipos fijos); 2.*Costo de Gestión* (indirectos y administrativos del manejo de la bodega); 3.*Costos de Operación* (operación de almacenamiento); 4.*Costo de Mantenimiento del Stock* (dinero invertido en el inventario).
 - **Costo de efectuar un Pedido:** muestra cuanto cuesta generar una reposición de un producto ya sea comprado y/o fabricado.
- ❖ **Punto de pedido:** es el número de unidades de materia prima que se debe tener en el inventario para realizar el pedido.
- ❖ **Desperdicio De Materia Prima:** es la cantidad de materia prima que se pierde en el proceso productivo y que no se puede recuperar.

2.2 IDENTIFICACION DE VARIABLES Y PARAMETROS

2.2.1 VARIABLES DE NIVEL

- INVENTARIO INICIAL DE PRODUCTOS TERMINADOS
- INVENTARIO INICIAL DE MATERIA PRIMA

2.2.2 VARIABLES DE FLUJO

- PRODUCCION REQUERIDA
- CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO

2.2.3 VARIABLES AUXILIARES

- Demanda Esperada
- Pronostico numero de unidades solicitadas por Cliente
- Devoluciones en Venta
- Tiempo de Producción Unidad
- Tiempo de Operación
- Capacidad Real de Producción
- % Demoras por Daños
- Tiempo Laboral
- Horas Extras
- Materia Prima a Utilizar
- Desperdicio de Materia Prima
- Corrección de Inventario
- Discrepancia

2.2.4 CONSTANTES O PARAMETROS

- Numero de Clientes
- Capacidad de Diseño
- % Tiempo de Mantenimiento Preventivo
- Numero de Puestos de Trabajo
- Numero de Trabajadores
- Turno
- Tiempo De Transferencia
- Tiempo De Preparación
- Tiempo De Espera
- Inventario de Seguridad Productos Terminados
- Inventario de Seguridad Materia Prima
- Tiempo De Entrega
- Punto De Pedido
- Costo Materia Prima Unitario
- Costo de Pedido
- Costos Almacenamiento
- Costo de Infraestructura
- Costo de Gestión
- Costo Operación
- Costo de mantenimiento
- Materia Prima Requerida por Unidad
- % Tiempo de Preparación y Ajuste
- Demanda Promedio Materia Prima

[illegible]

3 FORMULACIÓN DEL MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

3.1 ECUACIONES DEL MODELO

En esta sección se mostraran las ecuaciones que describen el comportamiento del modelo y los diferentes condicionales que se tendrán en cuenta o que afectan a determinadas variables. Las ecuaciones generadas por el software VENSIM serán ilustradas en el anexo 1.

3.1.1 VARIABLES DE NIVEL

- **INVENTARIO INICIAL DE PRODUCTOS TERMINADOS =**
PRODUCCION REQUERIDA - DEMANDA ESPERADA + DEVOLUCIONES EN VENTA
- **INVENTARIO INICIAL DE MATERIA PRIMA =**
CANTIDAD ECONOMICA DEL PEDIDO - MATERIA PRIMA A UTILIZAR - INV SEGURIDAD MATERIA PRIMA - DESPERDICIOS MATERIA PRIMA

3.1.2 VARIABLES DE FLUJO

- **PRODUCCIÓN REQUERIDA =**
DEMANDA ESPERADA + INVENTARIO DE SEGURIDAD PRODUCTOS TERMINADOS -INVENTARIO INICIAL DE PRODUCTOS TERMINADOS

- **CANTIDAD ECONÓMICA DEL PEDIDO =**

$$\sqrt{\frac{2 * \text{DEMANDA PROMEDIO} * \text{COSTO DE PEDIR}}{\text{COSTO UNITARIO MATERIA PRIMA} * \text{COSTO ALMACENAMIENTO}}}$$

Está condicionada con la corrección de inventario, siendo ésta cero cuando la corrección de inventarios este dada por un numero negativo.

3.1.3 VARIABLES AUXILIARES

- **DEMANDA ESPERADA =**

PRONOSTICO NUMERO UNIDADES SOLICITADAS POR CLIENTE *
NUMERO DE CLIENTES

- **TIEMPO PRODUCCIÓN UNIDAD =**

(TIEMPO ESPERA + TIEMPO OPERACIÓN + TIEMPO PREPARACION +
TIEMPO TRANSFERENCIA) * NUMERO DE PUESTOS DE TRABAJO

- **CAPACIDAD REAL DE PRODUCCIÓN =**

CAPACIDAD DE DISEÑO * (1 - (% TIEMPO DEMORAS POR DAÑO + %
TIEMPO MANTENIMIENTO + % TIEMPO PREPARACION Y AJUSTE))

- **TIEMPO LABORAL =**

(HORAS EXTRAS + TURNO)

- **MATERIA PRIMA A UTILIZAR =**

(DEMANDA ESPERADA + INV SEGURIDAD PRODUCTOS TERMINADOS - INV INICIAL PRODUCTOS TERMINADOS) * MATERIA PRIMA REQUERIDA POR UNIDAD

- **CORRECCIÓN DE INVENTARIO =**

PUNTO DE PEDIDO - INV INICIAL MATERIA PRIMA

- **DISCREPANCIA =**

PRODUCCION REQUERIDA - CAPACIDAD REAL DE PRODUCCION

- **HORAS EXTRAS =**

TIEMPO PRODUCCION UNIDAD * DISCREPANCIA

Será condicionada por la diferencia que exista entre la capacidad real máxima de producción y la producción requerida, que esta representada por la discrepancia, si se hace necesario se utilizaran teniendo en cuenta la siguiente formula

- **PRONOSTICO NÚMERO DE UNIDADES SOLICITADAS POR CLIENTE, DEVOLUCIONES EN VENTA, TIEMPO DE OPERACIÓN, % DEMORAS POR DAÑOS, DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA:**

Estas variables tendrán un comportamiento normal y serán halladas con el proceso **Monte Carlo** el cual arroja un número aleatorio, que depende de una Media y una Desviación Estándar.

[illegible]

3.3 HORIZONTE DE TIEMPO DEL MODELO

Para este modelo se trabajara en corridas de un mes y se realizara la simulación para doce (un año). Para el ingreso del horizonte de tiempo se debe realizar los siguientes pasos:

PASO 1: click en la barra de menú en el icono **model** (modelo). Esta acción expande una cascada como se muestra en la figura 7.

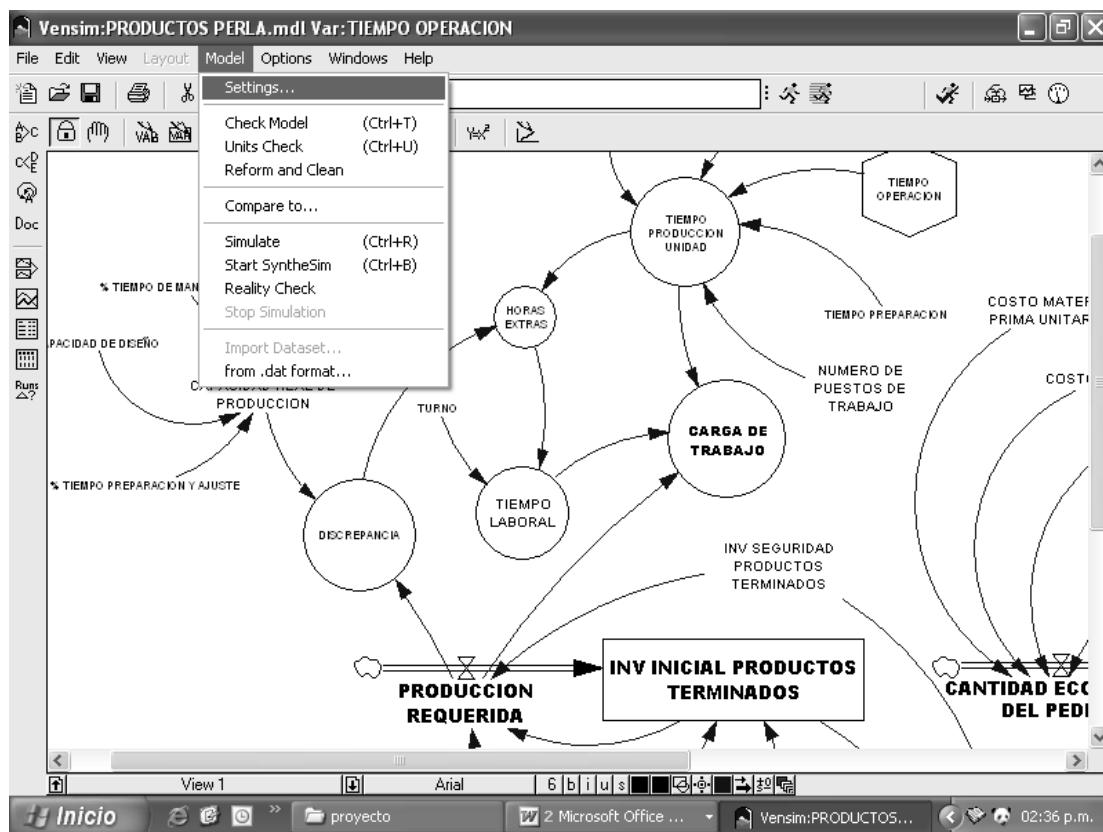


Figura 7 – Horizonte de Tiempo

PASO 2: pulsar la opción **settings** (configuración). Esto abrirá un cuadro en el que se encuentran opciones para insertar el tiempo inicial, el tiempo final, el numero de corridas y las unidades de tiempo. En este caso se utilizara un

horizonte de tiempo o tiempo final de 12 meses con una corrida por mes, tal como se ilustra en la figura 8.

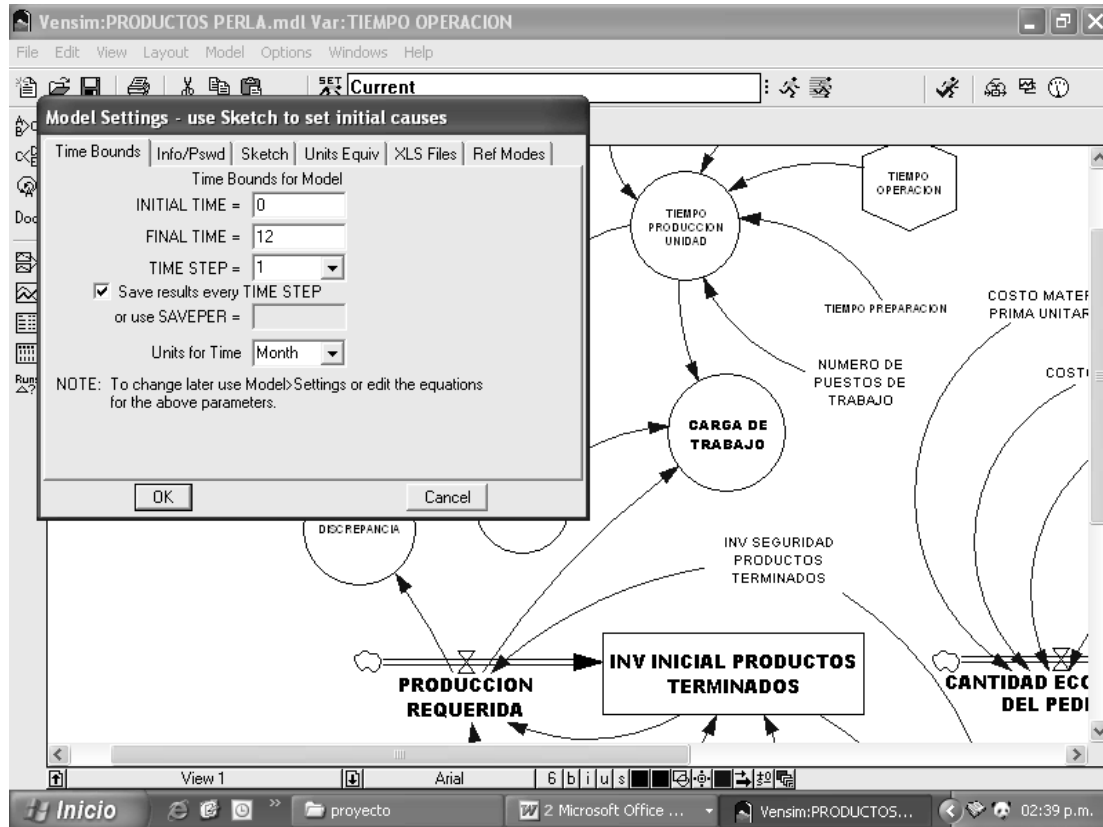


Figura 8 – Configuración Horizonte de Tiempo

Cabe resaltar que VENSIM inicia la simulación a partir de un periodo, que para el caso del modelo, sería el mes cero (0), por lo que los análisis posteriores a la corrida del modelo deben tener en cuenta lo mencionado.

3.4 INGRESO DE VARIABLES AL MODELO

Para ingresar los datos en los Variables y Parámetros del modelo en VENSIM PLE se deben realizar los siguientes pasos:

PASO 1: Click derecho en la *Variable* o *Parámetro* deseado, al realizar esta acción aparecerá un cuadro de **options** (opciones) como se ilustra en la figura 9.

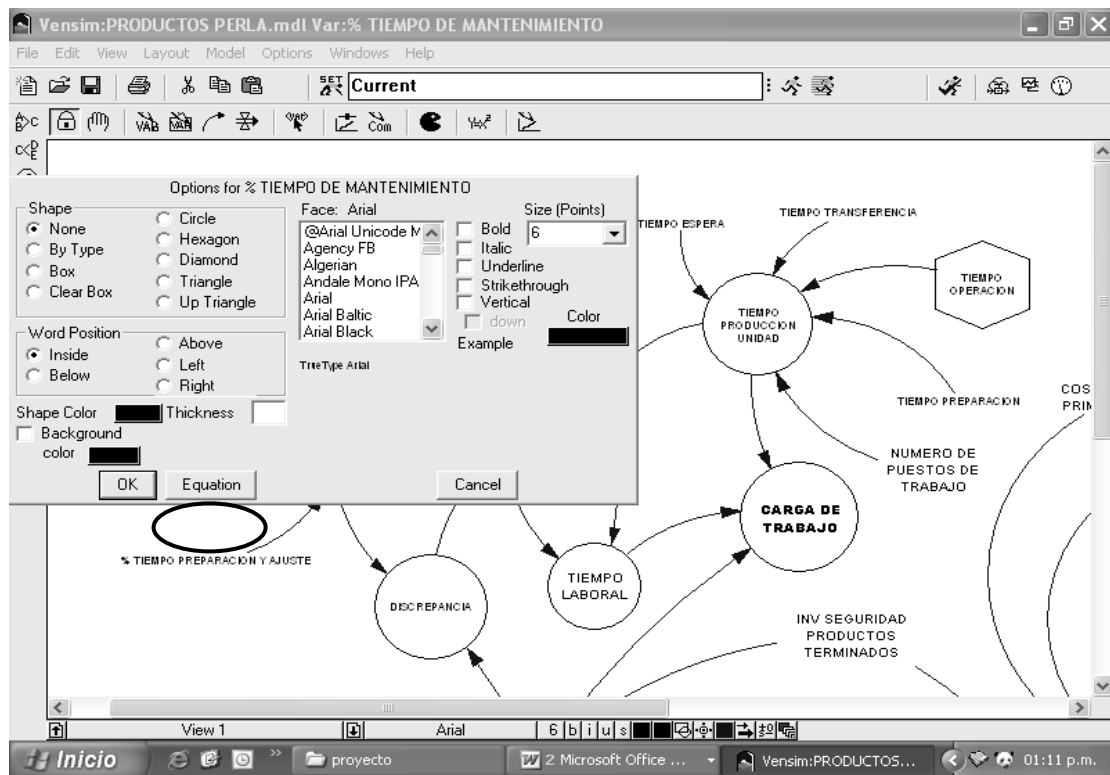


Figura 9 – Ingreso de Variables

PASO 2: Click en el cuadro de comando **equation** (Ecuación), en donde se abrirá una nueva ventana de **editing equation** (edición de ecuación), en donde insertaremos el valor del parámetro o la ecuación de la variable con la ayuda del pad numérico, su respectiva unidad de medida en la pestaña **units**

y el tipo de variable en la pestaña **type** tal como se ilustran en la figura 10.. Cabe resaltar que para las Variables de Nivel se deben ingresar valores iniciales.

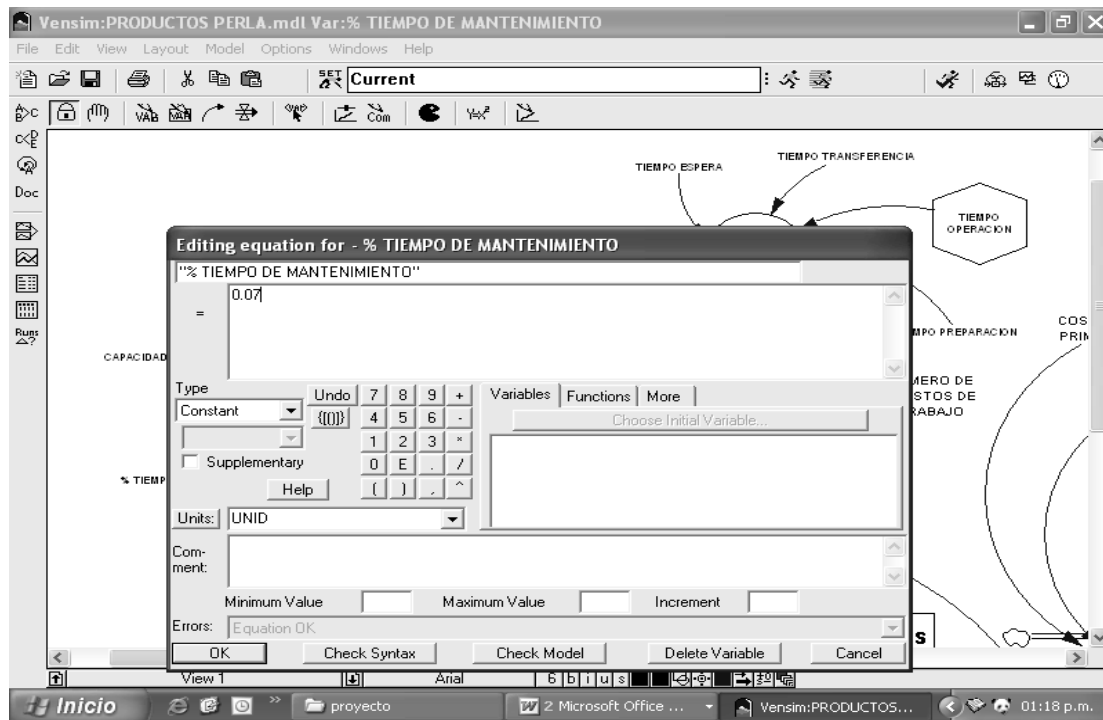


Figura 10 – Edición de Ecuaciones

Debido a que en el modelo se trabajan con variables aleatorias, por ej. Devoluciones en Ventas, la determinación de las ecuaciones está sujeta a la función **RANDOM NORMAL**, la cual trabaja con el método de Monte Carlo, en donde es necesario el ingreso de valores como: **mean** (media), **min** (valor mínimo), **max** (valor máximo) y **stdev** (desviación estándar). Para que la función arroje números enteros se debe utilizar el condicional **INTEGER**. En la figura 11 se aprecian de manera ilustrada estos condicionales. Para variables en donde su ecuación necesita un *condicional*, se utiliza la función **IF THEN ELSE ({cond} ,{ontrue} ,{onfalse})**, en donde se ingresa la condición, el valor si la condición es verdadera y el valor si la condición es falsa. La figura 12 ilustra de manera clara la opción condicional.

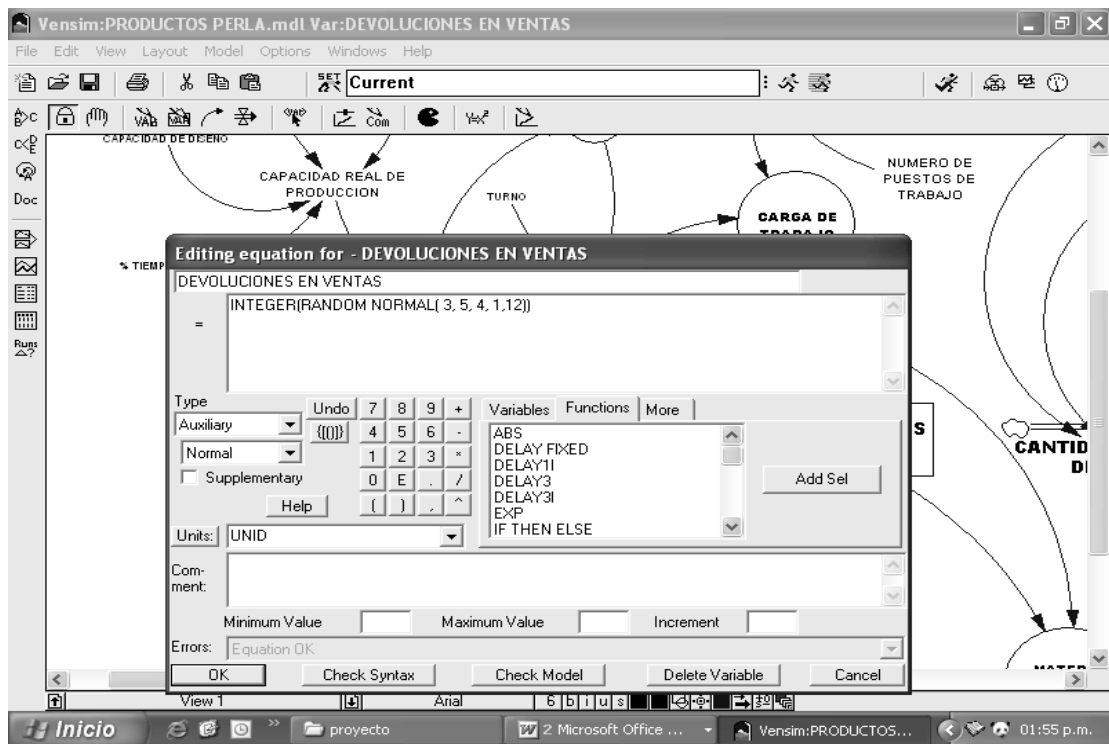


Figura 11 – Variables Aleatorias Enteras

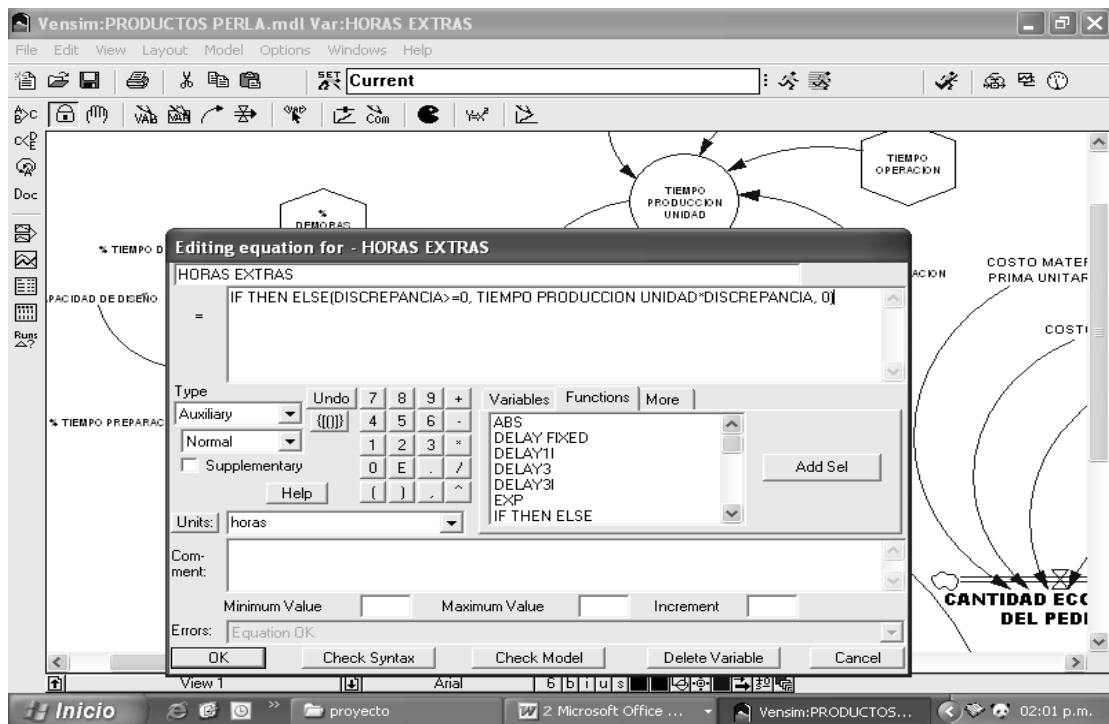


Figura 12 – Variable Condicional

3.5 VERIFICACIÓN DE ECUACIONES Y ESTRUCTURA DEL MODELO

Una vez insertados todos los datos necesarios para el modelo, se procede a la verificación de estos. Esto se realiza mediante la opción **check model** (verificar modelo) que se encuentra en el menú **model** (modelo), tal como se ilustra en la figura 13. Si se presenta algún error en los datos o ecuaciones, VENSIM automáticamente mostrará una ventana de la variable en donde se encuentra el error, con una descripción del mismo.

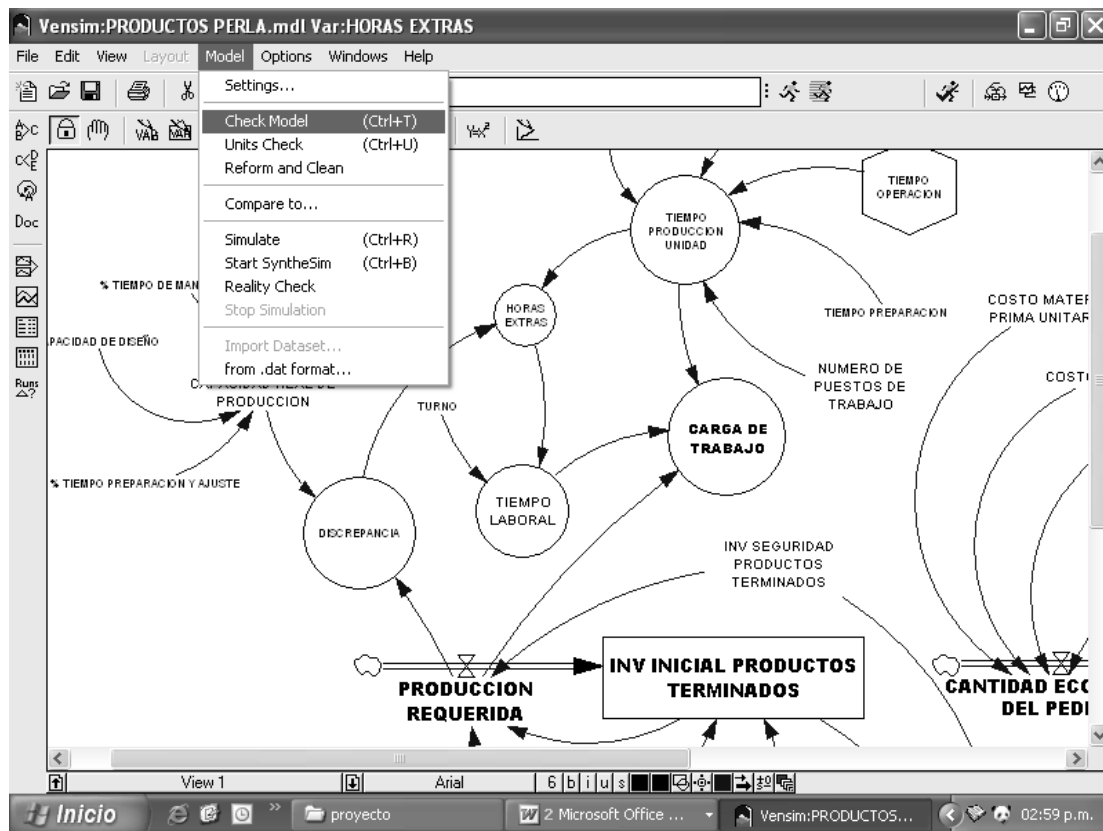


Figura 13 – Verificación de Datos

3.6 RESULTADOS DEL MODELO

Los resultados del modelo son arrojados por VENSIM mediante la función **RUN A SIMULATION** (correr simulación), la cual esta representada por el icono de una persona corriendo. Para tener acceso a las diferentes graficas y tablas que resultan del modelo se debe seleccionar la variable deseada y posteriormente pulsar algunos de los iconos que se encuentran ubicados en la parte izquierda de la ventana de VENSIM como lo muestra la figura 14.

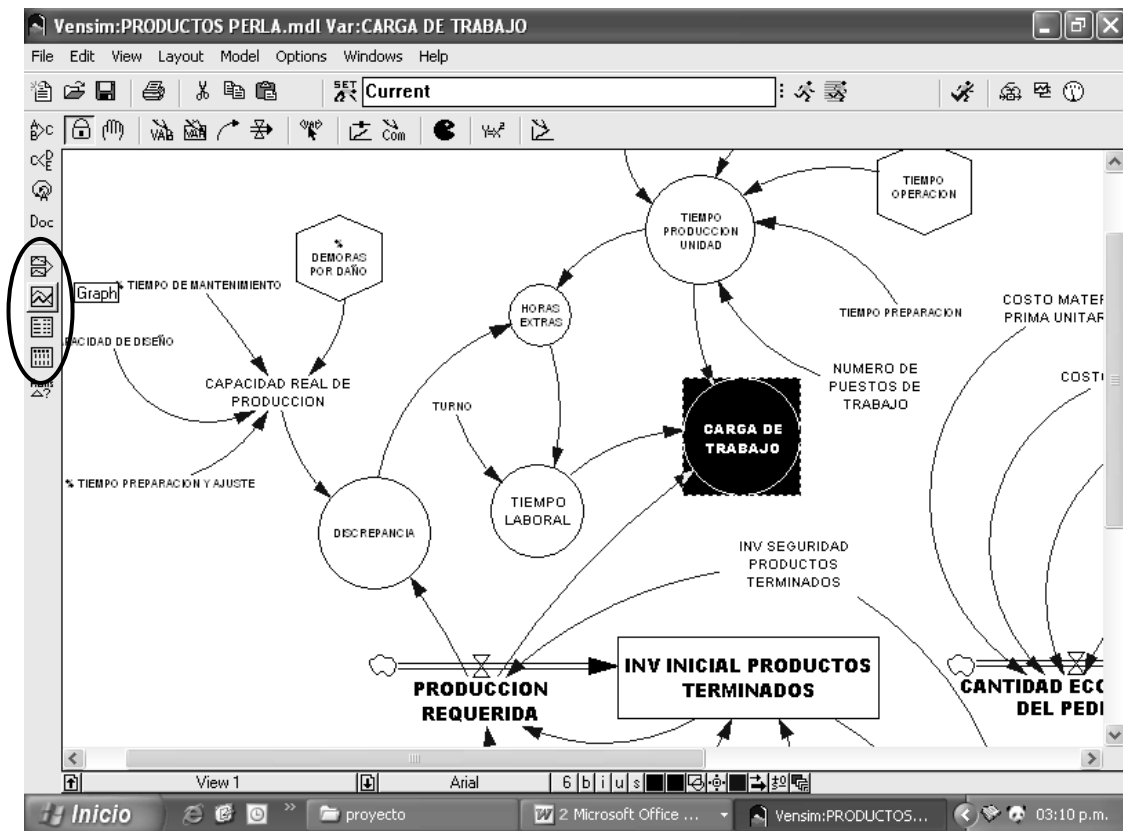


Figura 14 – Resultados del Modelo

4 ANÁLISIS Y EVALUACION DEL MODELO

Para el análisis y evaluación del modelo de Planificación y Control de la Producción planteado en el capítulo anterior, se tendrá en cuenta un caso de estudio al cual se le aplicará el modelo y se le estudiará los resultados obtenidos.

4.1 CASO DE ESTUDIO EMPRESA PRODUCTOS PERLA²⁶

La Empresa Productos Perla, ubicada en la Ciudad de Cartagena de Indias desde 1985, fabrica productos para consumo humano y aseo entre los cuales se encuentra el **VINAGRE**, producto modelo del caso de estudio. Para la producción del Vinagre se toma la materia prima principal que es el **ACIDO ACETICO** en proporción comestible, el cual será la Materia Prima a utilizar en el modelo. El Acido Acético se diluye de una concentración que trae del 4% hasta una concentración del 1%. De igual forma necesita un preservante que en este caso se utiliza el benzoato de sodio, un colorante que es el colorante caramelo y también se le agregan esencias ya sea de piña o de banano. Este producto se comercializa en presentación de cajas de 24 unidades de 330 CC cada una.

La empresa posee una Capacidad de Diseño de 1176 Cajas por mes. El caso de estudio supone que la producción mensual es solo de VINAGRE, es decir, las cantidades demandadas de otros productos del portafolio como blanqueadores, esencias, etc, serán cambiadas a unidades de VINAGRE.

26 Caso Tomado del Trabajo de Grado: Diseño de un Programa de Planeación, Organización y Control del Proceso Productivo de la Empresa Productos Perla. DUQUE PEÑA, Jaime y CERVANTES CASTRO, Antonio. Universidad de Cartagena; Facultad de Ciencias Económicas; Programa de Administración Industrial. Cartagena de Indias. 2005

La materia prima requerida por unidad es de 1.32, correspondiente a 250 CC de ACIDO ACETICO concentrado al 4%.

Cuenta con un (1) cliente específico quien es el encargado de distribuir el producto terminado a los diferentes clientes que requieran el producto. Para el pronóstico de la demanda cuenta con la información histórica de 26 meses, los cuales son reflejados en la tabla 3, con una media de 952 cajas de Vinagre y una desviación estándar de 53 Cajas de Vinagre.

Los porcentajes de perdida de tiempos por mantenimiento y preparación y ajustes son de 7% y 10%, respectivamente. El porcentaje de demoras por daño tiene una media de 3% y una desviación estándar de 1%.

Los tiempos de espera y transferencia son de 0.002 horas por unidad; el tiempo de preparación es de 0.0053 horas por unidad, y el tiempo de operación está determinado por una media de 0.1704 horas por unidad y una desviación estándar de 0.03 horas por unidad.

El numero de puestos de trabajo que intervienen en el proceso es de uno (1) y cuenta con una jornada laboral o turno de 8 horas / día, durante 5 días a la semana, es decir, 160 horas laborales normales al mes. La determinación de horas extras esta dada por la discrepancia positiva entre la producción requerida y la capacidad real de producción.

Los Inventarios iniciales de Productos Terminados y Materia Prima son de cero (0) al comienzo del ejercicio. Por políticas internas los Inventarios de Seguridad de Productos Terminados y Materia Prima corresponden a 50 y 90 unidades, respectivamente.

Las Devoluciones en Ventas están dadas por una media de 20 cajas de vinagre y una desviación estándar de 5 caja de vinagre. De igual forma el comportamiento de los Desperdicios de Materia Prima están determinados con una media de 6 unidades y una desviación estándar de 1 unidad.

El Costo Unitario de Acido Acético por 250 CC es de \$1.500 y el Costo de Pedir asciende en promedio a \$320.000 por mes. Los costos de Infraestructura, Operación, Gestión y Mantenimiento de Stock de Materia Prima, corresponden a 2%, 1%, 2% y 2%, respectivamente, del Inventario de Materia Prima. El Tiempo de Entrega del Acido Acético es de 0.4 meses aproximadamente (12 días).

PRODUCTOS PERLA		
VINAGRE		
FECHA		VENTAS
ANO	MES	CANT CAJAS
2003	ENERO	850
2003	FEBRERO	970
2003	MARZO	920
2003	ABRIL	1050
2003	MAYO	920
2003	JUNIO	932
2003	JULIO	950
2003	AGOSTO	880
2003	SEPTIEMBRE	960
2003	OCTUBRE	925
2003	NOVIEMBRE	1011
2003	DICIEMBRE	1017
2004	ENERO	935
2004	FEBRERO	945
2004	MARZO	950
2004	ABRIL	1004
2004	MAYO	1050
2004	JUNIO	950
2004	JULIO	850
2004	AGOSTO	908
2004	SEPTIEMBRE	934
2004	OCTUBRE	920
2004	NOVIEMBRE	940
2004	DICIEMBRE	1002
2005	ENERO	1023
2005	FEBRERO	946
MEDIA	952	
DES EST	53	

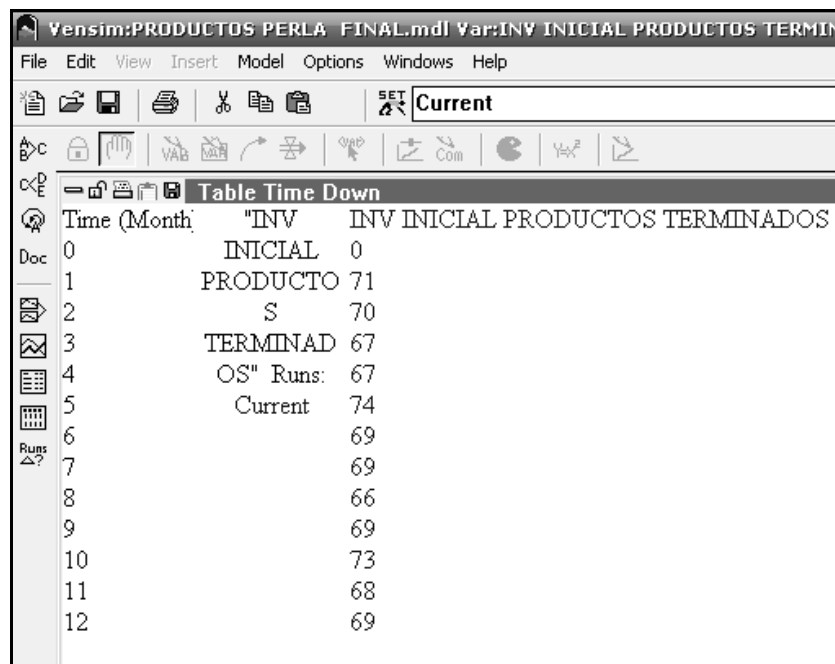
Tabla 3 – Histórico ventas productos perla (vinagre)

4.2 RESULTADOS CASO DE ESTUDIO PRODUCTOS PERLA

Los resultados arrojados por VENSIM en el caso de estudio de PRODUCTOS PERLA, se mostrarán en formatos de tablas y gráficos propios del mismo. Estos formatos se ilustraran por cada variable, mostrando así los valores mensuales a lo largo de un periodo de 1 año.

4.2.1 RESULTADOS VARIABLES DE NIVEL

4.2.1.1 Inventario Inicial de Productos Terminados



Time (Month)	INV	INV INICIAL PRODUCTOS TERMINADOS
0	INICIAL	0
1	PRODUCTO	71
2	S	70
3	TERMINAD	67
4	OS" Runs:	67
5	Current	74
6		69
7		69
8		66
9		69
10		73
11		68
12		69

Figura 15 – Tabla Inventario Inicial de Productos Terminados

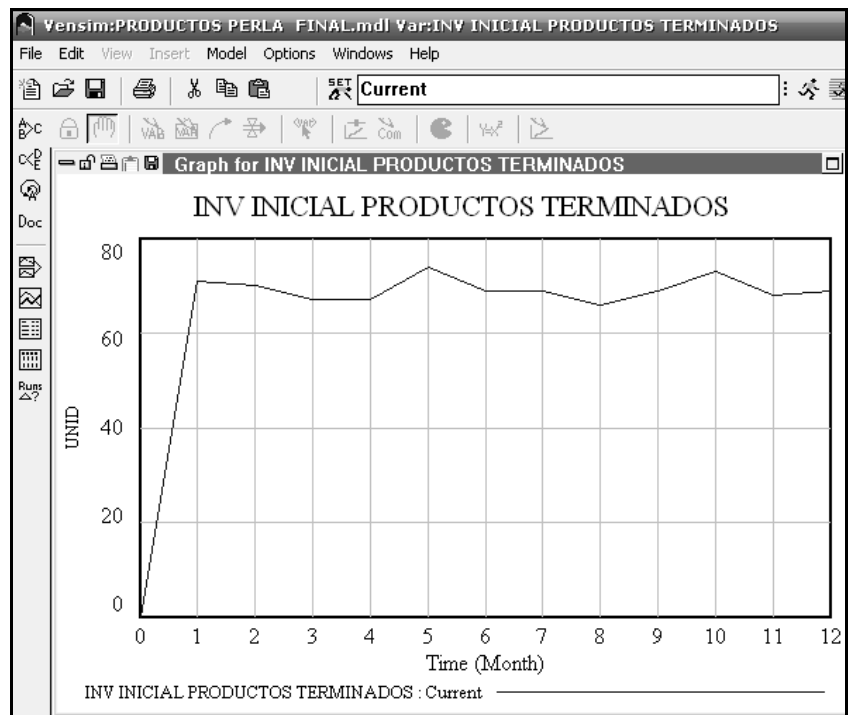


Figura 16 – Gráfica Inventario Inicial de Productos Terminados

4.2.1.2 Inventario Inicial de Materia Prima

Time (Month)	INV INICIAL MATERIA PRIMA
0	0
1	1340.7
2	12.8237
3	1473.97
4	197.247
5	1589.43
6	237.791
7	1802.21
8	426.495
9	1843.76
10	520.158
11	2068.42
12	859.022

Figura 17 – Tabla Inventario Inicial de Materia Prima

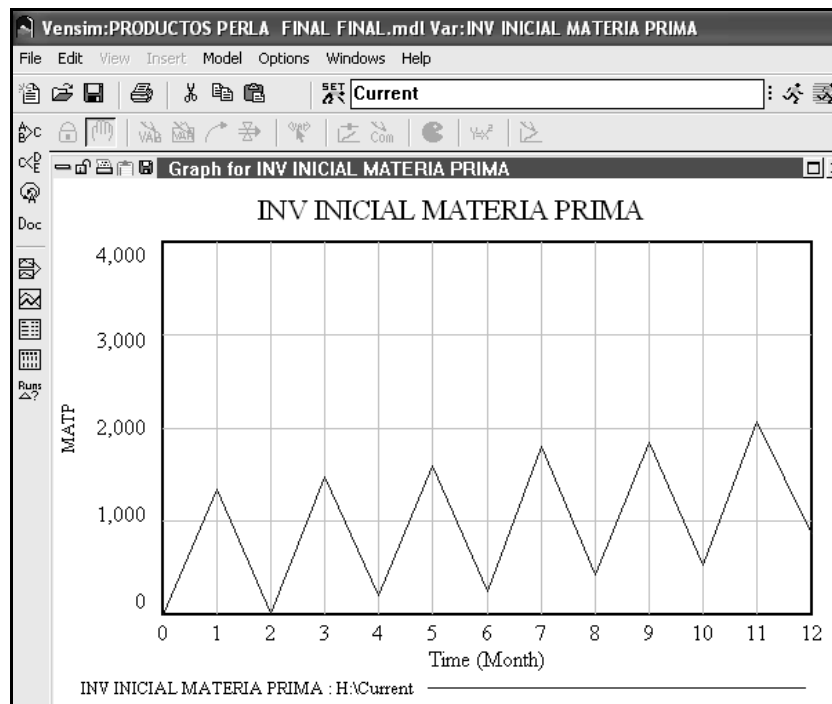
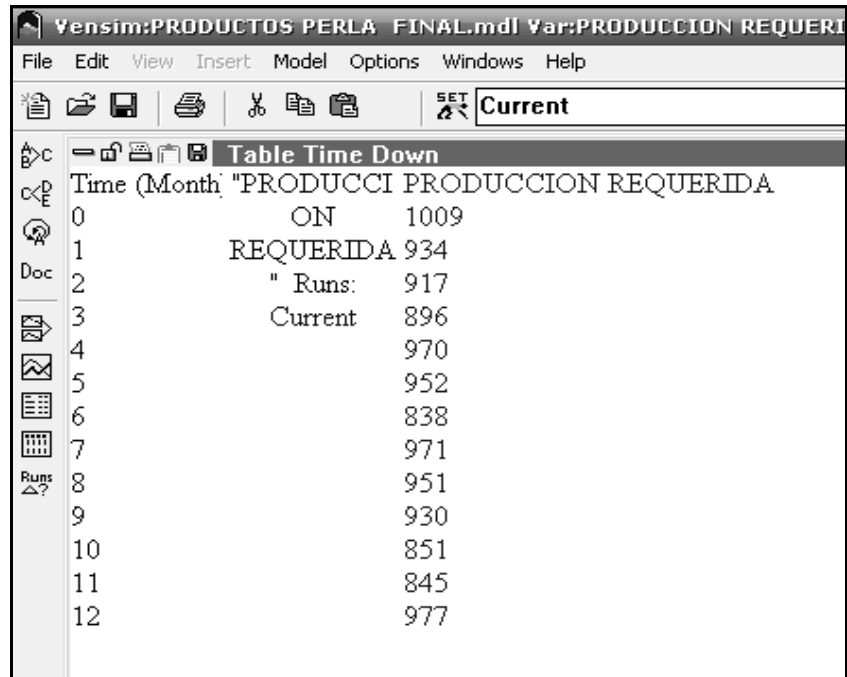


Figura 18 – Gráfica Inventario Inicial de Materia Prima

4.2.2 RESULTADOS VARIABLES DE FLUJO

4.2.2.1 Producción Requerida



The screenshot shows the Vensim interface with the title bar 'Vensim:PRODUCTOS PERLA FINAL.mdl Var:PRODUCCION REQUERIDA'. The menu bar includes File, Edit, View, Insert, Model, Options, Windows, and Help. The toolbar contains icons for file operations and a 'SET' button. The 'Table Time Down' window is open, displaying a table with the following data:

Time (Month)	"PRODUCCI	PRODUCCION REQUERIDA
0	ON	1009
1	REQUERIDA	934
2	" Runs:	917
3	Current	896
4		970
5		952
6		838
7		971
8		951
9		930
10		851
11		845
12		977

Figura 19 – Tabla Producción Requerida

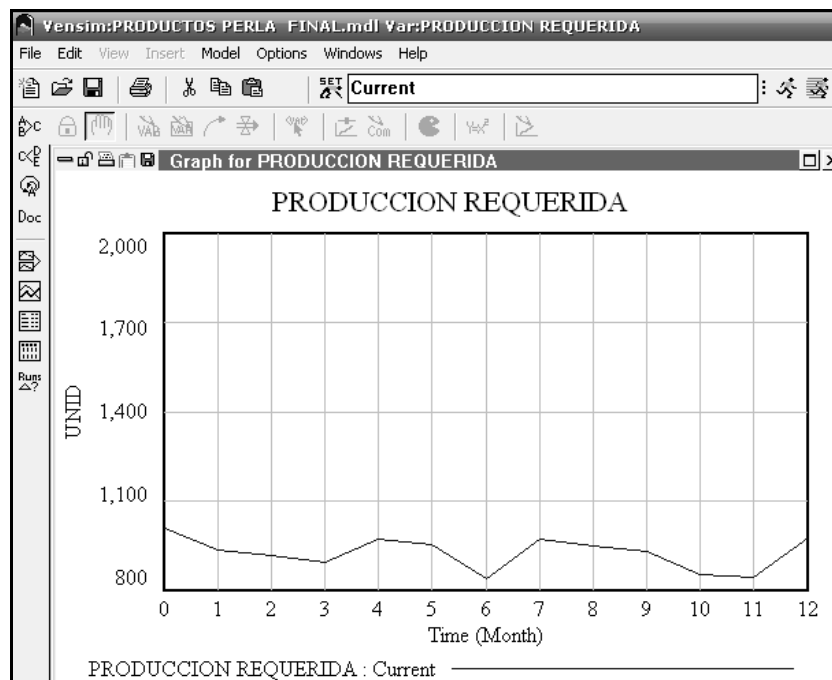
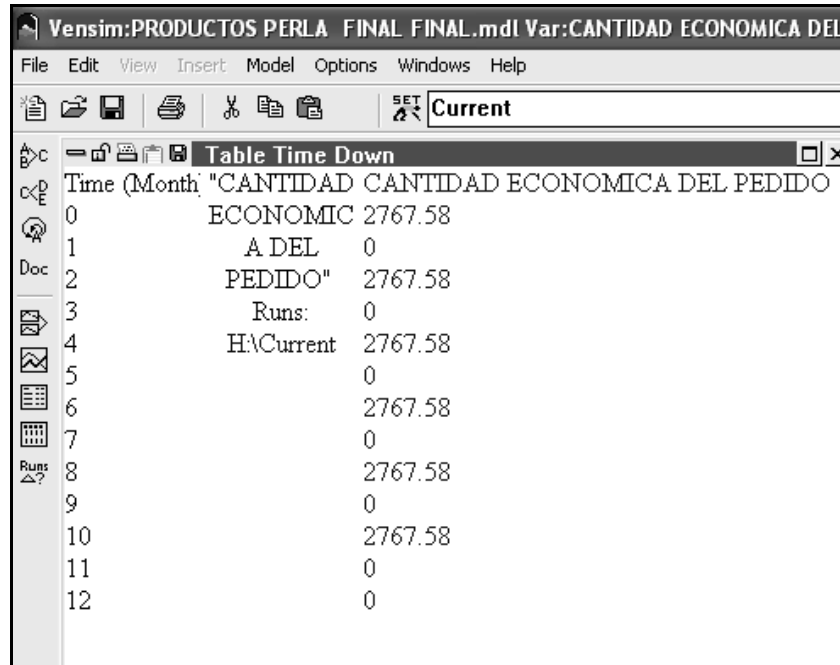


Figura 20 – Gráfica Producción Requerida

4.2.2.2 Cantidad Económica del Pedido



Time (Month)	CANTIDAD ECONOMICA DEL PEDIDO	H\Current
0	2767.58	
1	0	
2	2767.58	
3	0	
4	2767.58	
5	0	
6	2767.58	
7	0	
8	2767.58	
9	0	
10	2767.58	
11	0	
12	0	

Figura 21 – Tabla Cantidad Económica del Pedido

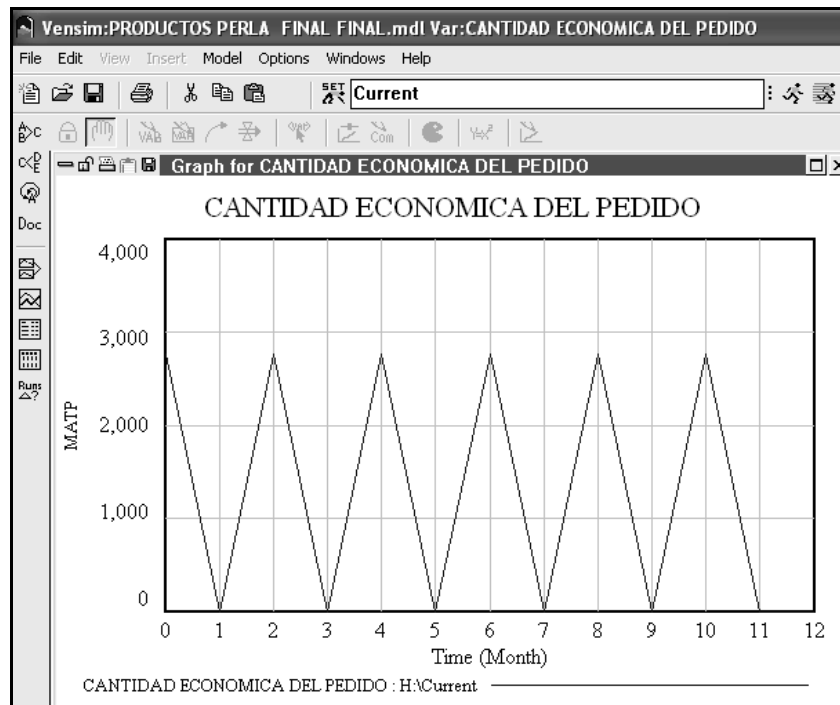
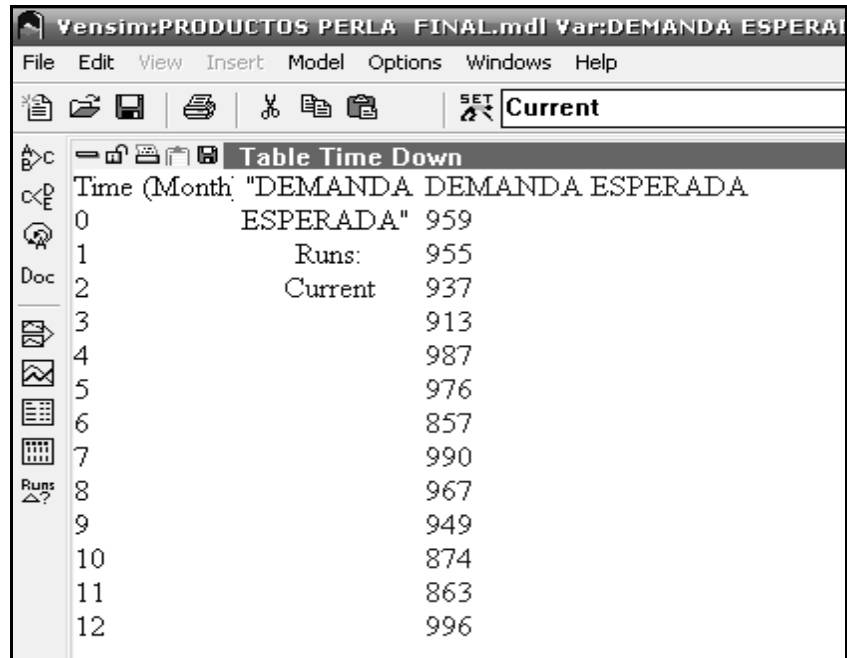


Figura 22 – Gráfica Cantidad Económica del Pedido

4.2.3 RESULTADOS VARIABLES AUXILIARES

4.2.3.1 Demanda Esperada



Time (Month)	"DEMANDA ESPERADA"
0	959
1	955
2	937
3	913
4	987
5	976
6	857
7	990
8	967
9	949
10	874
11	863
12	996

Figura 21 – Tabla Demanda Esperada

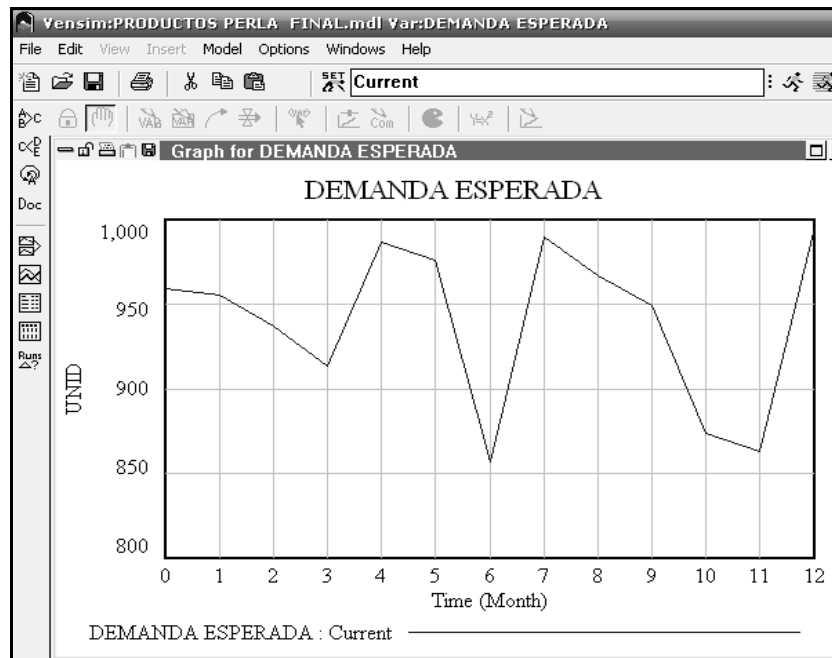


Figura 22 – Gráfica Demanda Esperada

4.2.3.2 Tiempo Laboral

Vensim:PRODUCTOS PERLA FINAL.mdl Var:TIEMPO LABO

File Edit View Insert Model Options Windows Help

SET Current

Table Time Down

Time (Month)	"TIEMPO LABORAL"	TIEMPO LABORAL
0		397.714
1	Runs:	160
2	Current	160
3		160
4		274.414
5		202.592
6		160
7		277.409
8		195.272
9		160
10		160
11		160
12		285.405

Figura 23 – Tabla Tiempo Laboral

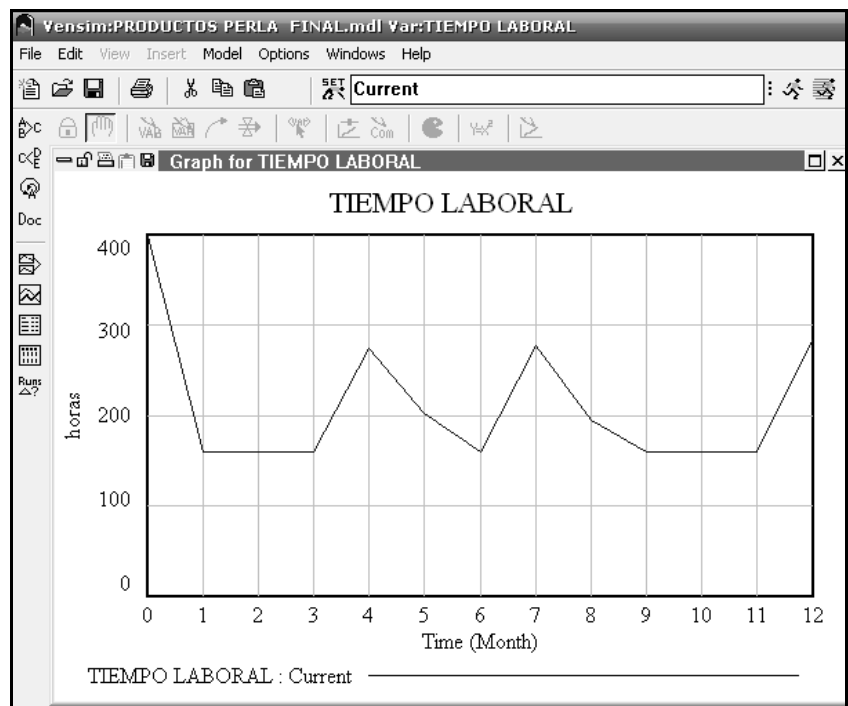
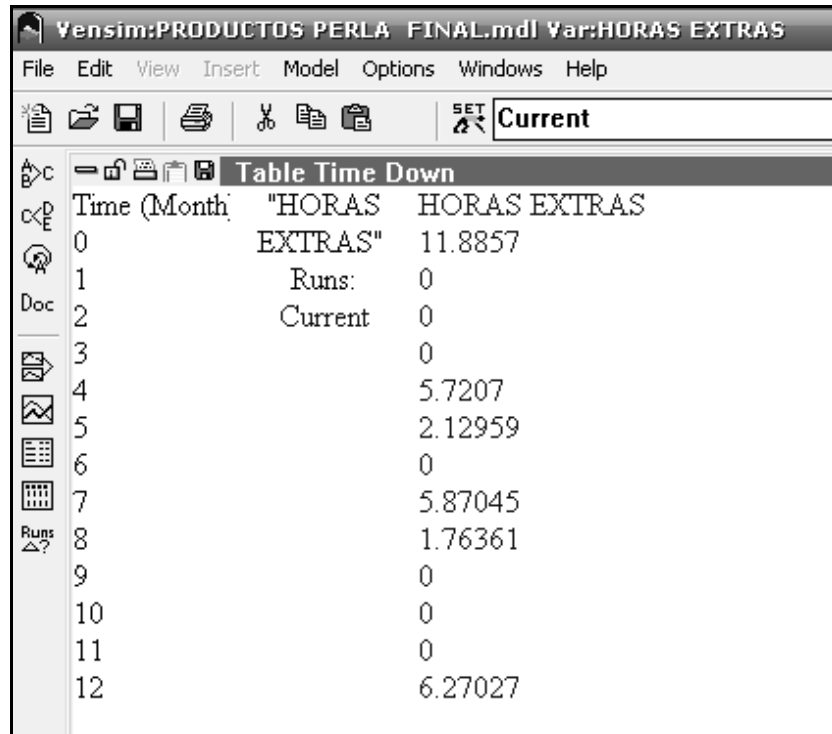


Figura 24 – Gráfica Tiempo Laboral

4.2.3.3 Horas Extras



Time (Month)	"HORAS EXTRAS"	HORAS EXTRAS
0	EXTRAS"	11.8857
1	Runs:	0
2	Current	0
3		0
4		5.7207
5		2.12959
6		0
7		5.87045
8		1.76361
9		0
10		0
11		0
12		6.27027

Figura 25 – Tabla Horas Extras

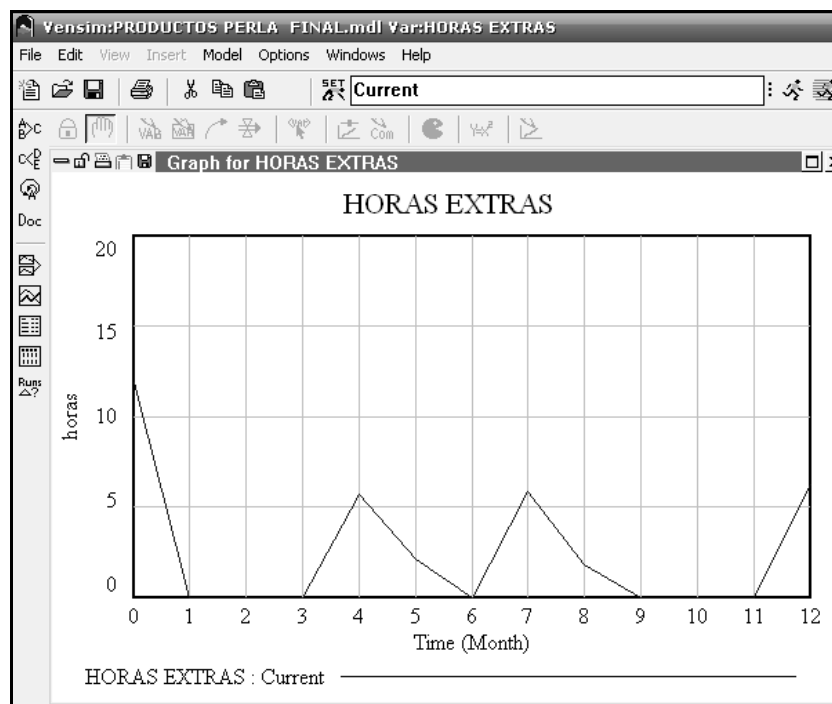


Figura 26 – Gráfica Horas Extras

4.2.3.4 Materia Prima a Utilizar

Vensim:PRODUCTOS PERLA FINAL.mdl Var:MATERIA PRIMA A UTILIZAR

File Edit View Insert Model Options Windows Help

Current

Table Time Down

Time (Month)	"MATERIA PRIMA A UTILIZAR"	MATERIA PRIMA A UTILIZAR
0	PRIMA A	1331.88
1	UTILIZAR"	1232.88
2	Runs:	1210.44
3	Current	1182.72
4		1280.4
5		1256.64
6		1106.16
7		1281.72
8		1255.32
9		1227.6
10		1123.32
11		1115.4
12		1289.64

Figura 27 – Tabla Materia Prima a Utilizar

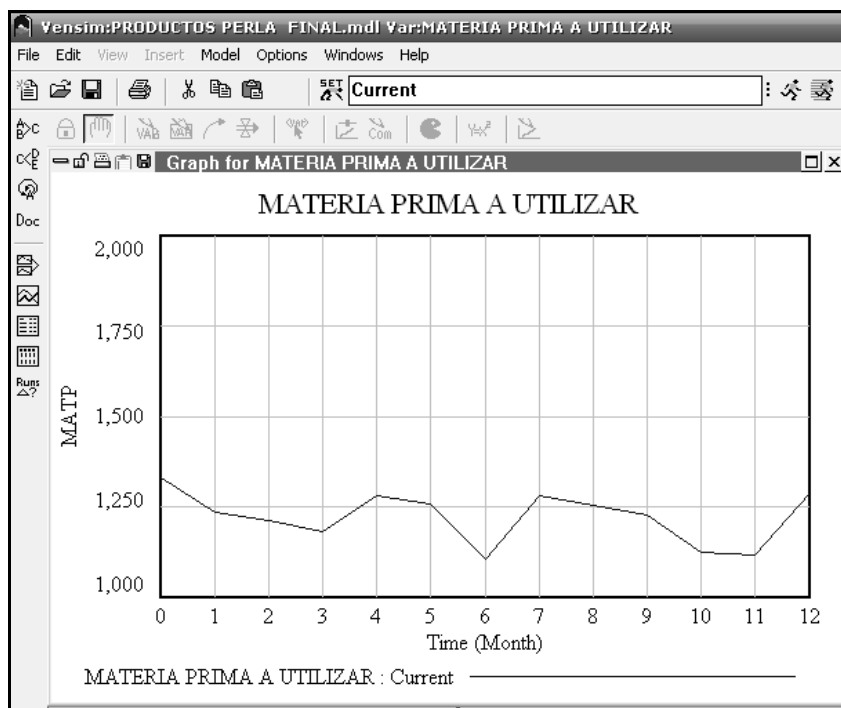


Figura 28 – Gráfica Materia Prima a Utilizar

4.2.3.5 Capacidad Real de Producción

Vensim:PRODUCTOS PERLA FINAL.mdl Var:CAPACIDAD REAL DE PRODUCCION

File Edit View Insert Model Options Windows Help

Current

Table Time Down

Time (Month)	"CAPACIDA	CAPACIDAD REAL DE PRODUCCION
0	D REAL DE	939.769
1	PRODUCCI	942.881
2	ON" Runs:	942.532
3	Current	942.038
4		941.553
5		940.618
6		943.204
7		941.107
8		941.256
9		940.781
10		939.901
11		940.284
12		939.678

Figura 29 – Tabla Capacidad Real de Producción

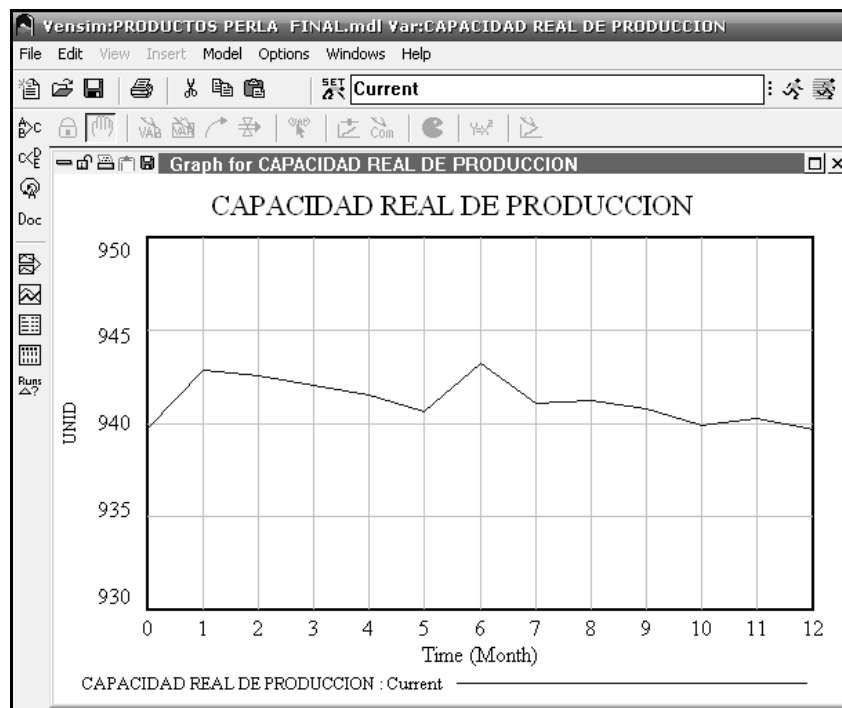


Figura 30 – Gráfica Capacidad Real de Producción

4.2.3.6 Discrepancia

Vensim:PRODUCTOS PERLA FINAL.mdl Var:DISCREPAN

File Edit View Insert Model Options Windows Help

SET Current

Table Time Down

Time (Month) "DISCREPA DISCREPANCIA

0 NCLIA" Runs: 69.2305

1 Current -8.88129

2 -25.5316

3 -46.0375

4 28.4474

5 11.3815

6 -105.204

7 29.8932

8 9.74438

9 -10.781

10 -88.9009

11 -95.2835

12 37.3217

Figura 31 – Tabla Discrepancia

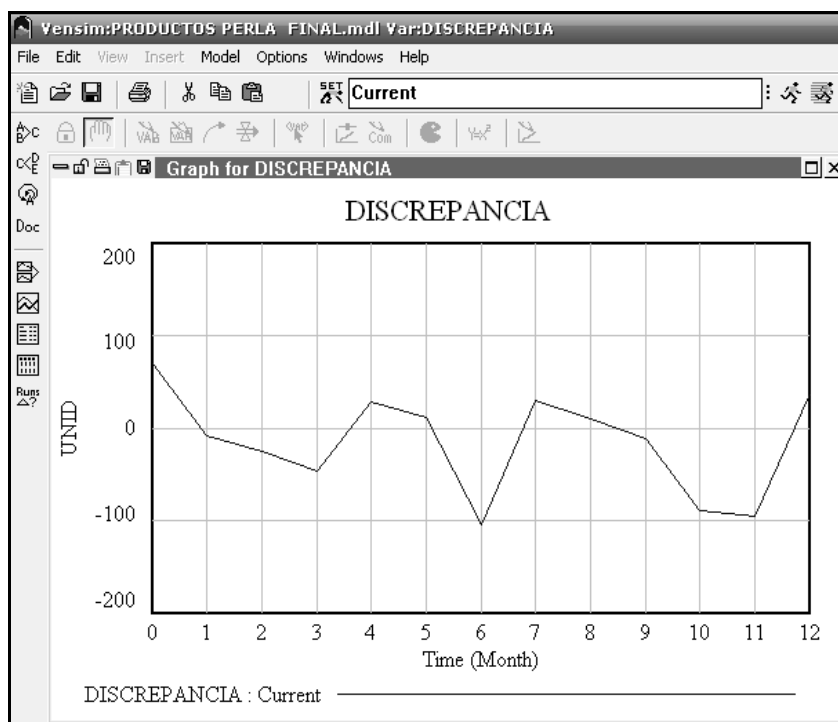


Figura 32 – Gráfica Discrepancia

4.2.3.7 Tiempo Producción Unidad

Vensim:PRODUCTOS PERLA FINAL.mdl Var:TIEMPO PRODUCCION UNIDAD

File Edit View Insert Model Options Windows Help

SET Current

Table Time Down

Time (Month)	"TIEMPO PRODUCCION UNIDAD"	TIEMPO PRODUCCION UNIDAD
0	PRODUCCI	0.171683
1	ON	0.187526
2	UNIDAD"	0.170412
3	Runs:	0.173336
4	Current	0.201097
5		0.187109
6		0.172178
7		0.196381
8		0.180987
9		0.200761
10		0.193141
11		0.177283
12		0.168006

Figura 31 – Tabla Tiempo Producción por Unidad

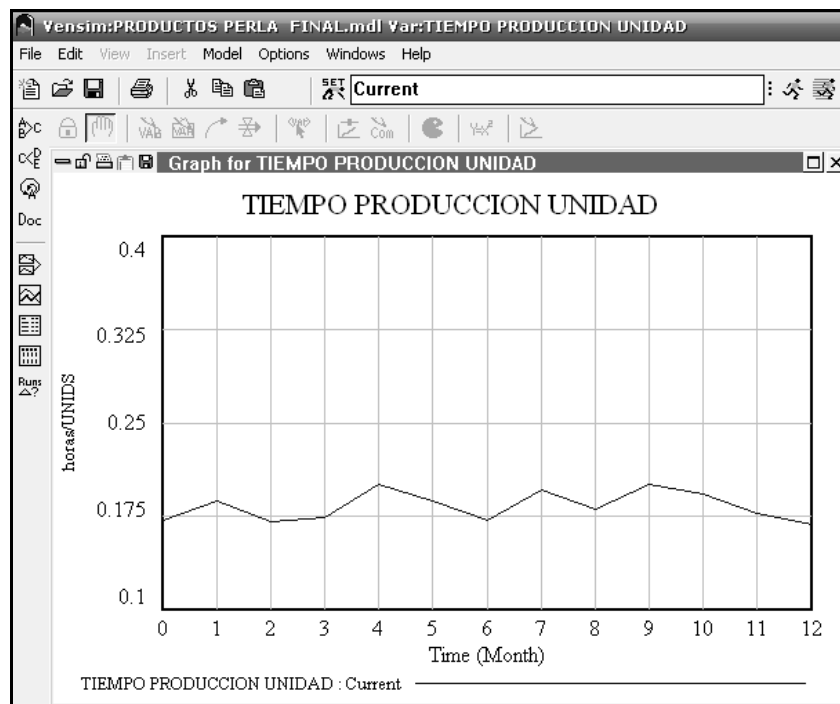
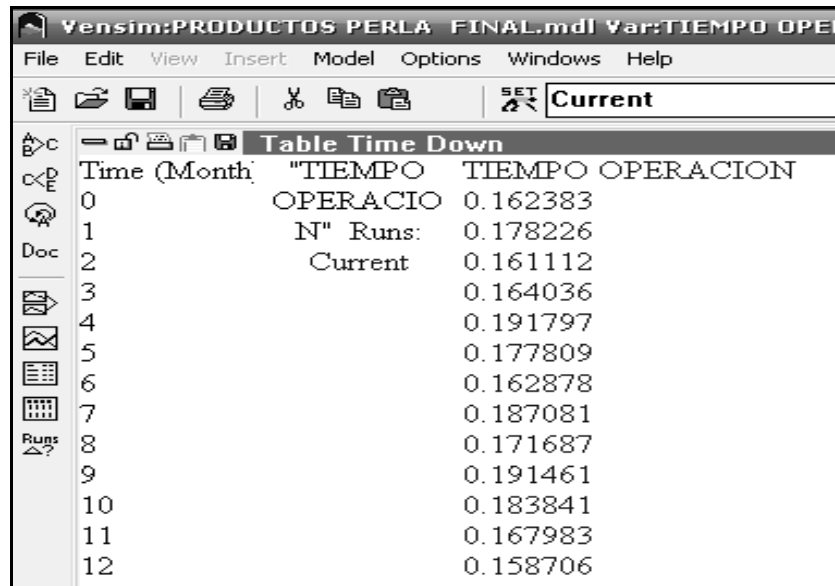


Figura 32 – Gráfica Tiempo Producción por Unidad

4.2.3.8 Tiempo Operación (Aleatorio)

El resultado nos ilustra el comportamiento aleatorio de la variable con respecto a una distribución normal.



The screenshot shows the Vensim interface with the 'Table Time Down' window open. The table displays random values for 'TIEMPO OPERACION' over 12 months. The values are listed in the third column, with the first two columns showing the time in months and the variable name.

Time (Month)	"TIEMPO OPERACION"	TIEMPO OPERACION
0	OPERACION	0.162383
1	N" Runs:	0.178226
2	Current	0.161112
3		0.164036
4		0.191797
5		0.177809
6		0.162878
7		0.187081
8		0.171687
9		0.191461
10		0.183841
11		0.167983
12		0.158706

Figura 33 – Tabla Tiempo Operación

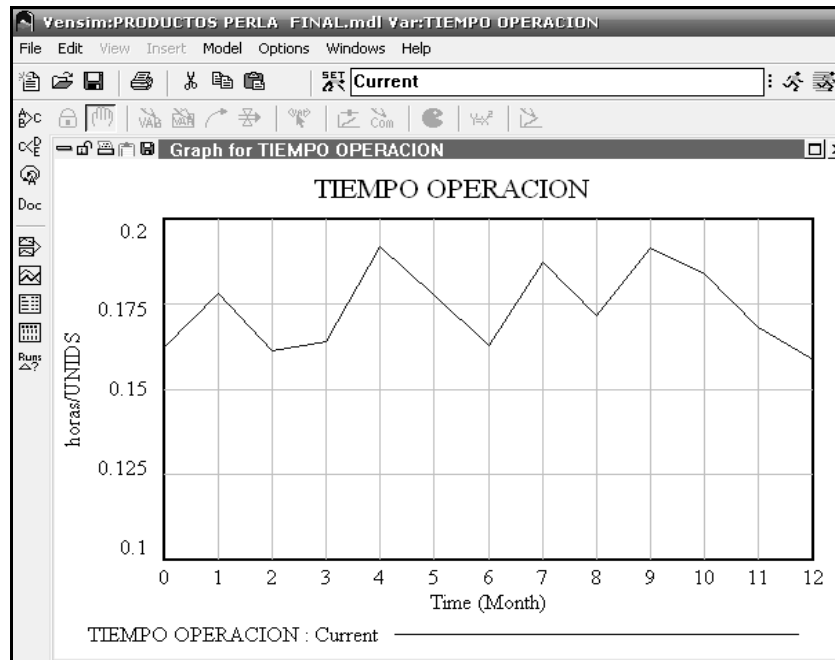


Figura 34 – Gráfica Tiempo Operación

4.2.3.9 Devoluciones en Ventas (Aleatorio)

Vensim:PRODUCTOS PERLA FINAL.mdl Var:DEVOLUCIONES EN VENTAS

File Edit View Insert Model Options Windows Help

SET Current

Table Time Down

Time (Month) "DEVOLUCI DEVOLUCIONES EN VENTAS

0	ONES EN	21
1	VENTAS"	20
2	Runs:	17
3	Current	17
4		24
5		19
6		19
7		16
8		19
9		23
10		18
11		19
12		21

Figura 35 – Tabla Devoluciones en Venta

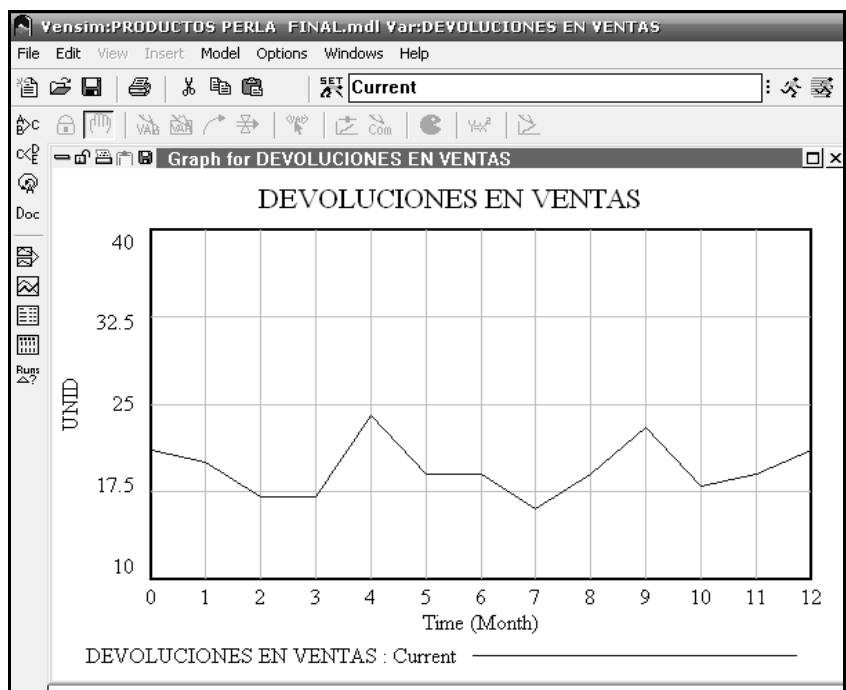


Figura 36 – Gráfica Devoluciones en Venta

4.2.3.10 Desperdicios Materia Prima (Aleatorio)

Vensim:PRODUCTOS PERLA FINAL.mdl Var:DESPERDICIOS MAT PRI

File Edit View Insert Model Options Windows Help

SET Current

Table Time Down

Time (Month)	"DESPERDI CIOS MAT PRIMA"	DESPERDICIOS MAT PRIMA
0		5
1		5
2	Runs:	6
3	Current	4
4		5
5		5
6		7
7		4
8		5
9		6
10		6
11		4
12		6

Figura 37 –Tabla Desperdicios de Materia Prima

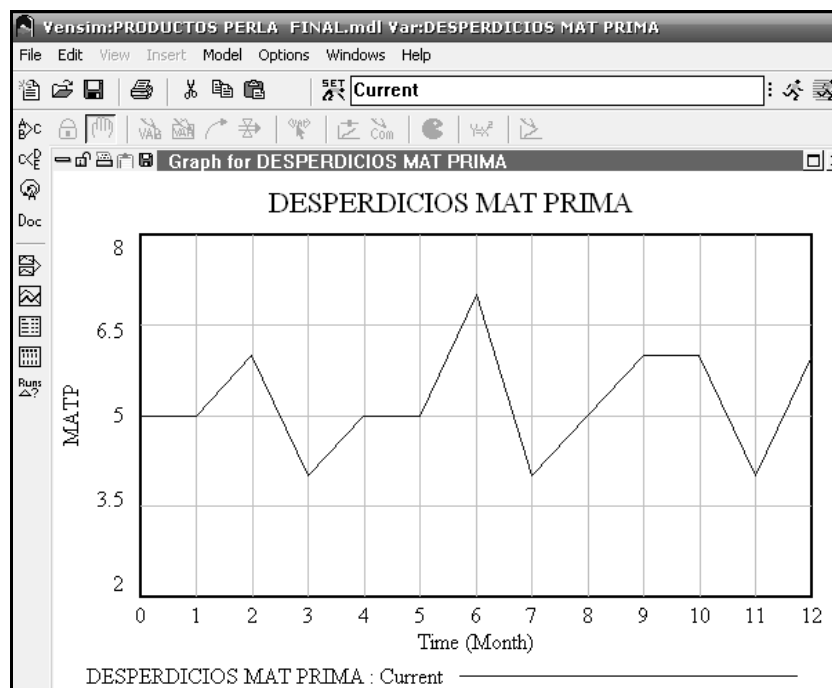


Figura 38 – Gráfica Desperdicios de Materia Prima

4.2.4 COMENTARIOS RESULTADOS CASO DE ESTUDIO

- ❖ En el Inventario de Materia Prima se puede notar que refleja una tendencia escalonada con comportamiento creciente a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta el valor inicial al ejercicio de cero (0) unidades.
- ❖ La variable Producción Requerida presenta el mismo comportamiento que la Demanda Esperada, pero diferenciándose de la misma en la influencia del Inventario de Seguridad y las Devoluciones en Ventas.
- ❖ Se nota que las Horas Extras son necesarias en la producción, debido a que en ciertos meses (0, 4, 5, 7, 8, 12) la discrepancia es positiva, es decir, la Producción es mayor a la Capacidad Real de Producción.
- ❖ La variación de la Capacidad Real de Producción esta sujeta a aleatoriedad de las demoras por daños que se registran en las maquinas.
- ❖ En la Grafica de Cantidad Económica del Pedido se analiza la frecuencia de pedidos; en donde la empresa solicita materia prima a los proveedores en los meses 0, 2, 4, 6, 8 y 10, cuando la corrección del Inventario es positiva. Lo anterior se debe a que el Punto de Pedido es mayor que el Inventario Inicial de Materia Prima.
- ❖ El Tiempo de Producción por unidad esta dado por la aleatoriedad del Tiempo de Operación.

5 SENSIBILIZACION DEL MODELO DE PLANIFICACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

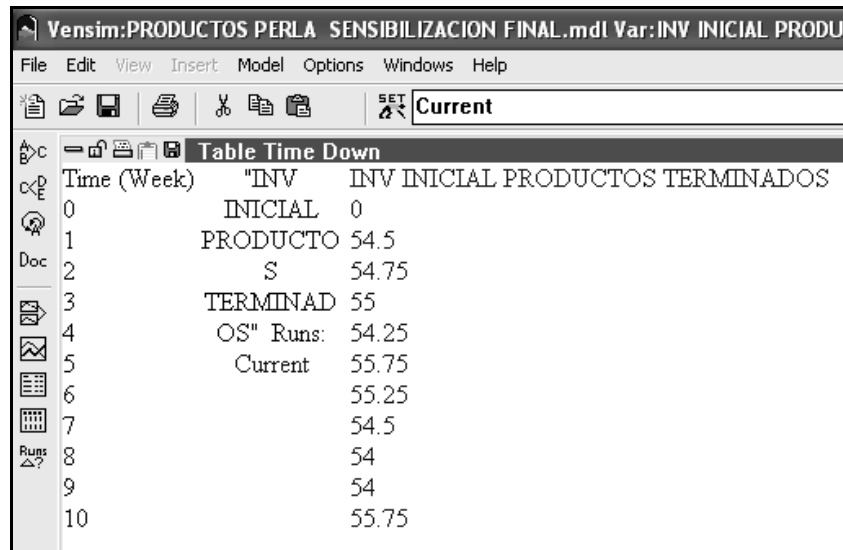
Para analizar y evaluar la sensibilidad del modelo frente a algunos cambios, el ejercicio tendrá en cuenta nuevamente el caso de estudio de la Empresa Productos Perla y se realizará una modificación en los periodos del Horizonte de Tiempo, es decir, se pasara de trabajar de meses a semanas. Esto con el fin de verificar si la Cantidad Económica del Pedido se comporta de igual manera si se trabaja con pedidos inferiores a un (1) mes.

Por lo anteriormente mencionado, las variables que estén expresadas en periodos mensuales se cambiarán a periodos semanales proporcionalmente, tales como: capacidad real de producción, tiempo laboral, devoluciones en venta y desperdicios de materia prima. De igual forma se presentarán cambios en valores de variables como el Costo de Pedir el cual será igual a \$80.000, el Tiempo de Entrega pasara a ser de 2 días (0.3 semanas), la demanda semanal será igual a la mensual, para que se reduzca el tiempo en que se realizan los pedidos a los proveedores. Las variables restantes conservaran sus valores iniciales.

5.1 RESULTADOS SENSIBILIZACIÓN

5.1.1 VARIABLES DE NIVEL

5.1.1.1 Inventario Inicial de Productos Terminados



Vensim:PRODUCTOS PERLA SENSIBILIZACION FINAL.mdl Var:INV INICIAL PRODU

Time (Week)	"INV	INV INICIAL PRODUCTOS TERMINADOS
0	INICIAL	0
1	PRODUCTO	54.5
2	S	54.75
3	TERMINAD	55
4	OS" Runs:	54.25
5	Current	55.75
6		55.25
7		54.5
8		54
9		54
10		55.75

Figura 39 – Tabla Inventario Inicial de Productos Terminados

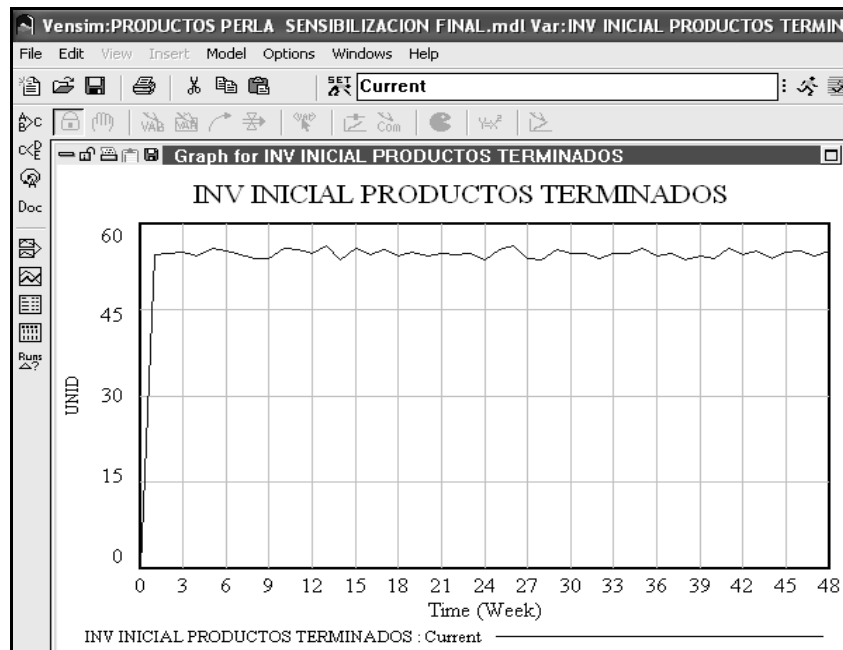
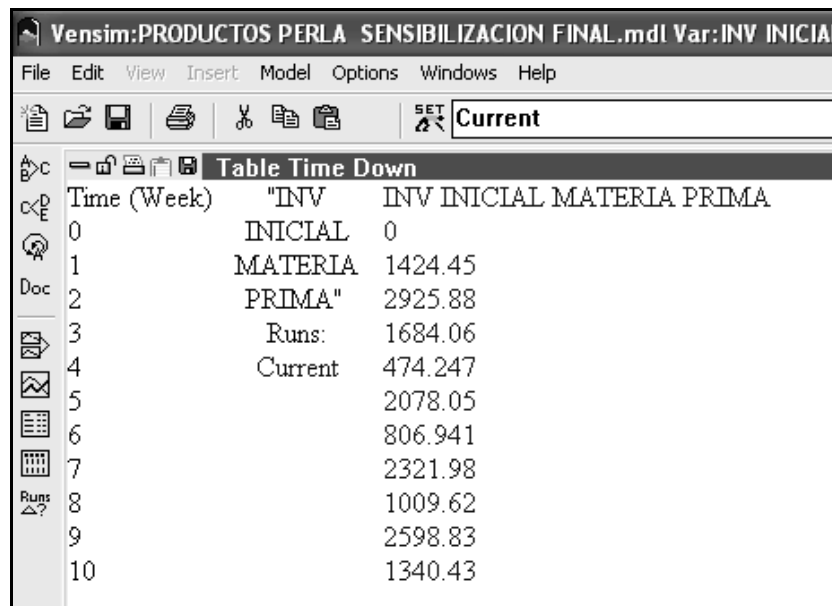


Figura 40 – Gráfica Inventario Inicial de Productos Terminados

5.1.1.2 Inventario Inicial de Materia Prima



Time (Week)	"INV INICIAL MATERIA PRIMA"	INV INICIAL MATERIA PRIMA
0	INICIAL	0
1	MATERIA	1424.45
2	PRIMA"	2925.88
3	Runs:	1684.06
4	Current	474.247
5		2078.05
6		806.941
7		2321.98
8		1009.62
9		2598.83
10		1340.43

Figura 41 – Tabla Inventario Inicial de Materia Prima

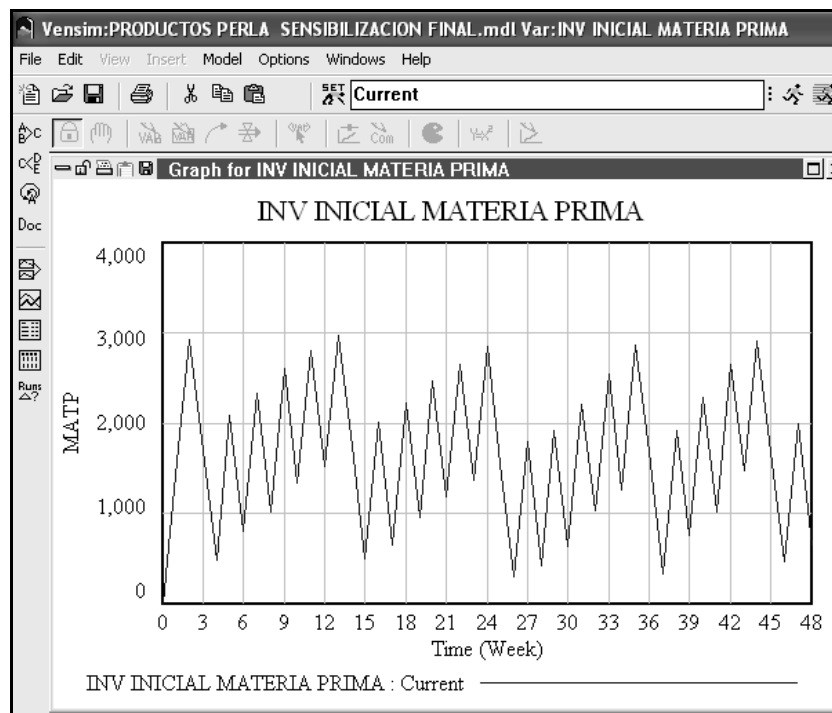
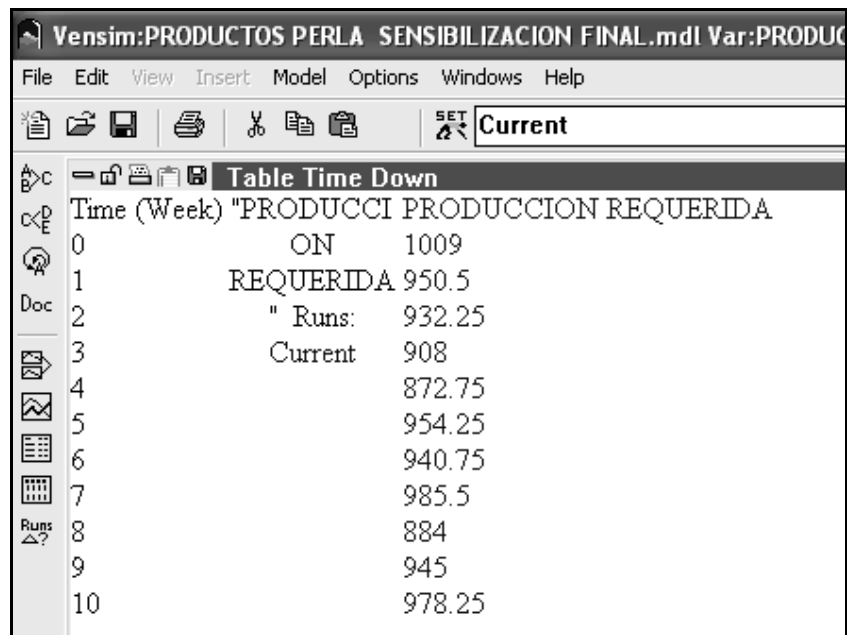


Figura 42 – Gráfica Inventario Inicial de Materia Prima

5.1.2 VARIABLES DE FLUJO

5.1.2.1 Producción Requerida



Time (Week)	PRODUCCION REQUERIDA
0	1009
1	950.5
2	932.25
3	908
4	872.75
5	954.25
6	940.75
7	985.5
8	884
9	945
10	978.25

Figura 43 – Tabla Producción Requerida

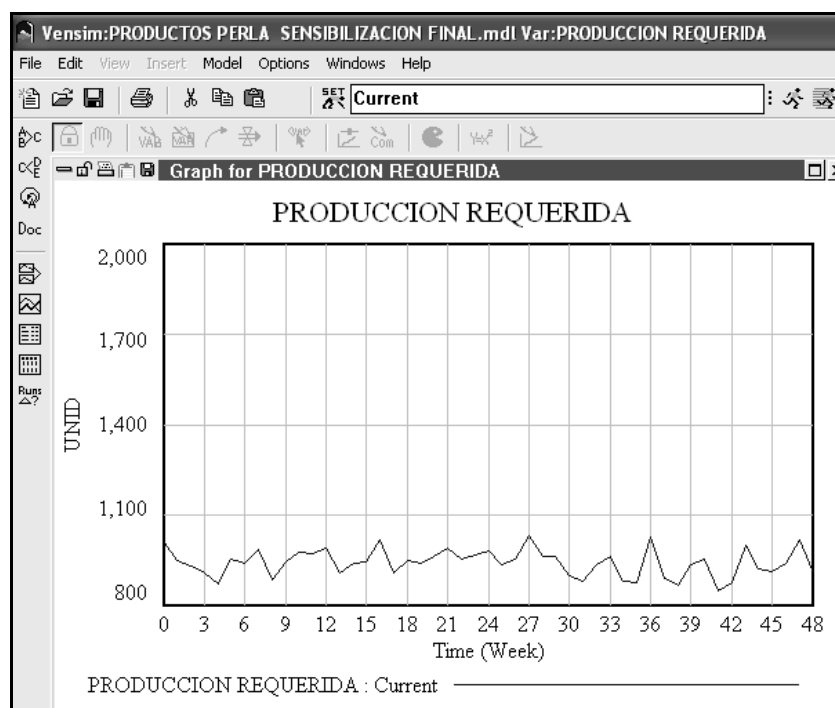


Figura 44 – Gráfica Producción Requerida

5.1.2.2 Cantidad Económica del Pedido

Vensim:PRODUCTOS PERLA SENSIBILIZACION FINAL.mdl Var:CANTIDAD ECON

File Edit View Insert Model Options Windows Help

SET Current

Table Time Down

Time (Week)	"CANTIDAD ECONOMICA DEL PEDIDO"	CANTIDAD ECONOMICA DEL PEDIDO
0	ECONOMIC	2767.58
1	A DEL	2767.58
2	PEDIDO"	0
3	Runs:	0
4	Current	2767.58
5		0
6		2767.58
7		0
8		2767.58
9		0
10		2767.58

Figura 45 – Tabla Cantidad Económica del Pedido

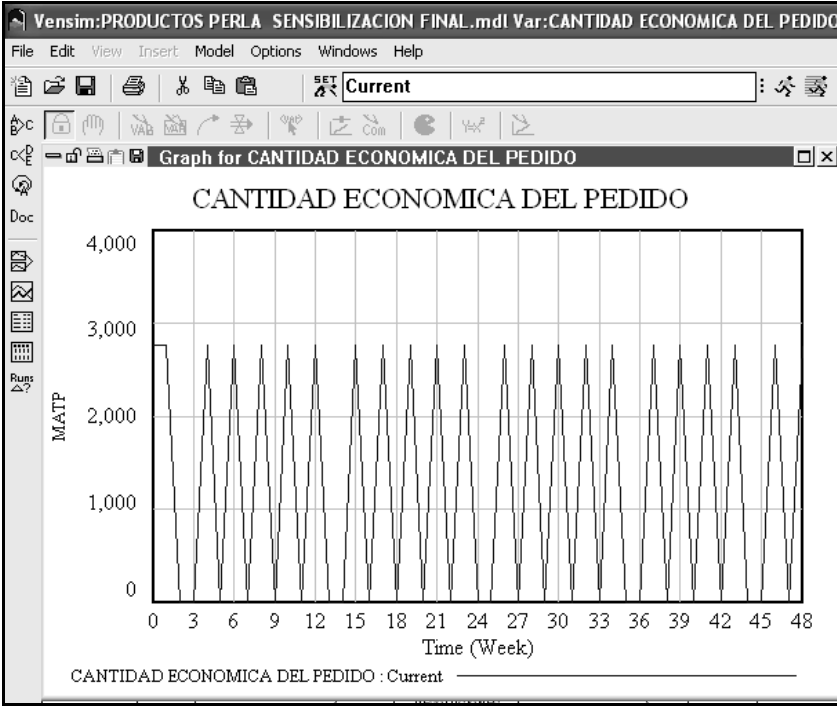
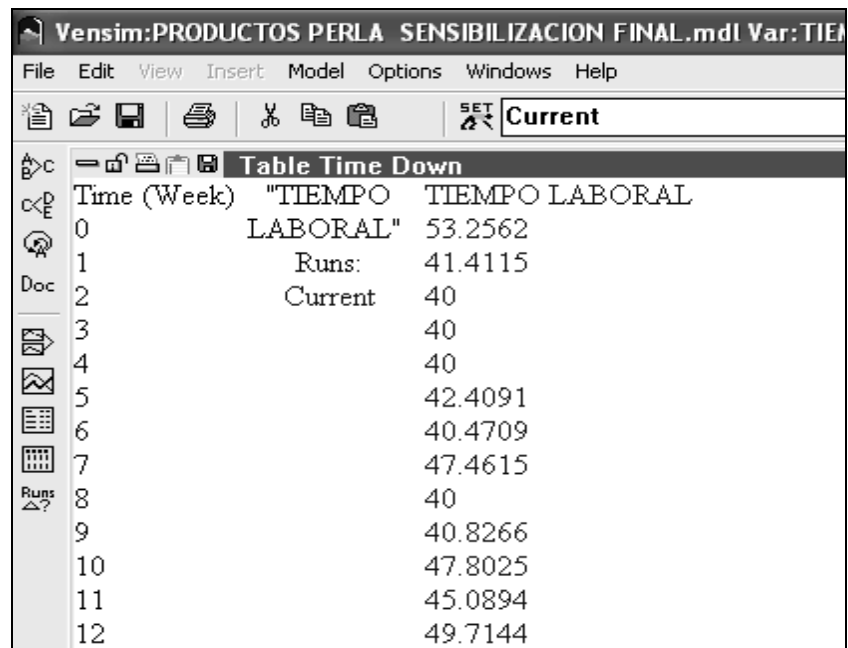


Figura 46 – Gráfica Cantidad Económica del Pedido

5.1.3 VARIABLES AUXILIARES

5.1.3.1 Tiempo Laboral



Time (Week)	"TIEMPO LABORAL"	TIEMPO LABORAL
0		53.2562
1	Runs:	41.4115
2	Current	40
3		40
4		40
5		42.4091
6		40.4709
7		47.4615
8		40
9		40.8266
10		47.8025
11		45.0894
12		49.7144

Figura 47 – Tabla Tiempo Laboral

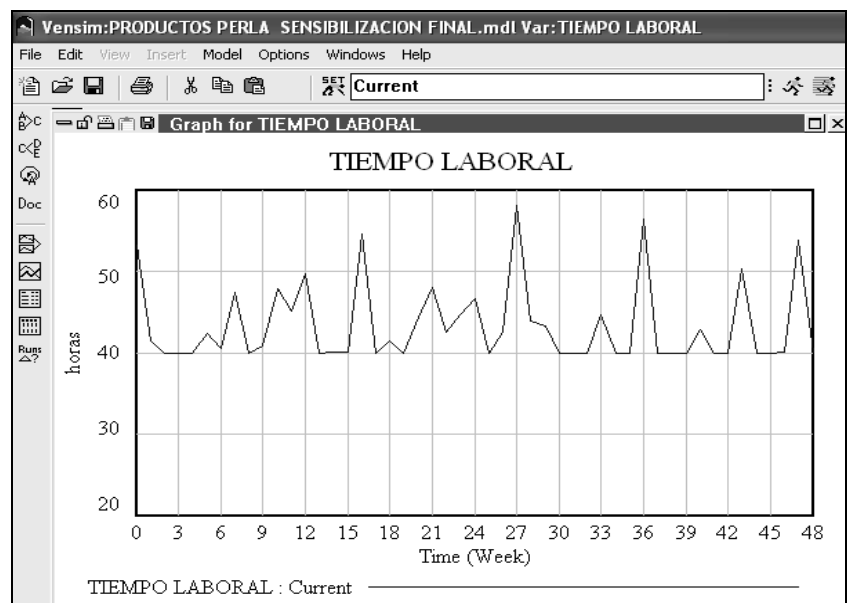
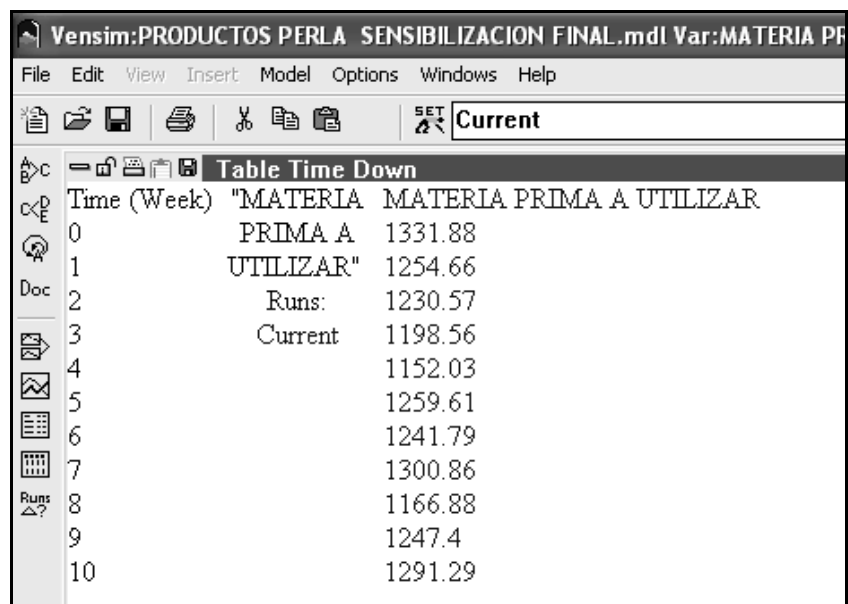


Figura 48 – Gráfica Tiempo Laboral

5.1.3.2 Materia Prima a Utilizar



Time (Week)	"MATERIA PRIMA A UTILIZAR"	Current
0	PRIMA A	1331.88
1	UTILIZAR"	1254.66
2	Runs:	1230.57
3	Current	1198.56
4		1152.03
5		1259.61
6		1241.79
7		1300.86
8		1166.88
9		1247.4
10		1291.29

Figura 49 – Tabla Materia Prima a Utilizar

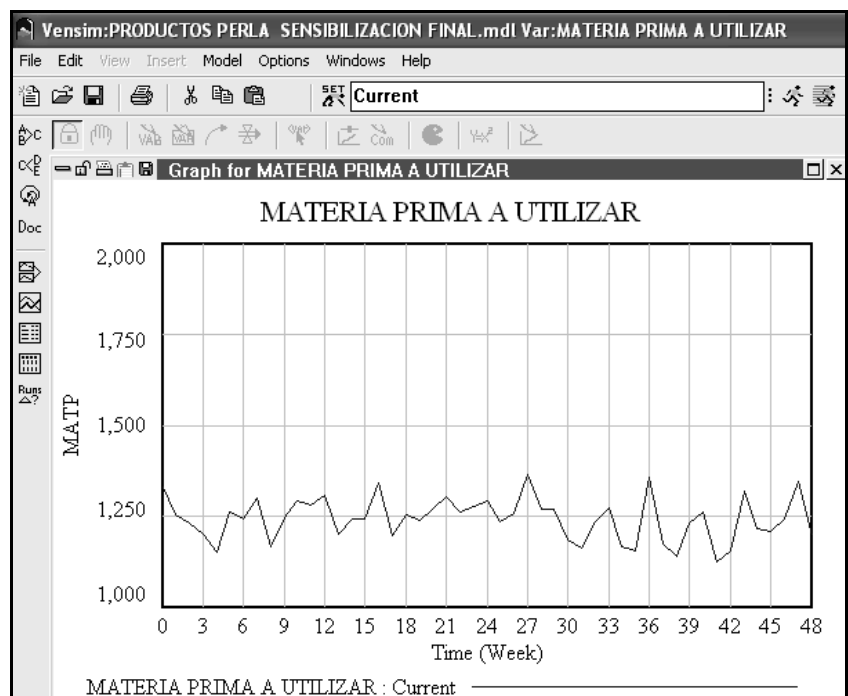


Figura 50 – Gráfica Materia Prima a Utilizar

5.1.4 COMENTARIOS RESULTADOS SENSIBILIZACION

- ❖ En el inventario inicial de materia prima se puede notar claramente que presenta una tendencia a lo largo del tiempo, esta tendencia se diferencia de la obtenida en la primera simulación debido a los cambios realizados en las variables que lo afectan, como lo son: desperdicios en materia prima, tiempo de entrega y cantidad económica del pedido.
- ❖ La cantidad económica del pedido se realiza en un periodo inferior a un mes, pero conserva una tendencia, demostrando que se puede trabajar con periodos de tiempo inferiores a un mes sin encontrar ningún inconveniente.
- ❖ La producción requerida tiene un comportamiento variable uniforme, debido a que es afectada por la demanda esperada y esta tiene un comportamiento normal basado en una media. Los valores no están muy lejanos a los obtenidos en la primera simulación debida a que se conservan algunos valores como la demanda esperada.
- ❖ En el tiempo laboral se presentan variaciones debido a las horas extras que son necesarias a la semana para poder cumplir con los requisitos de la demanda semanal que presenta la empresa.

Con lo anterior se puede demostrar que el modelo de planificación de la producción y control de inventario se puede trabajar con diferentes escalas de tiempo si es necesario. Esto es de vital importancia en un modelo de esta categoría, debido que en la práctica es común encontrar casos en que se trabaje con órdenes de pedidos inferiores a un mes.

6 CONCLUSIONES

El primer capítulo correspondiente a las generalidades del modelo resume y acentúa que cuando se realizan representaciones matemáticas de los sistemas industriales o de manufactura, se presentan muchos inconvenientes puesto que su comportamiento no es exacto, por lo que conlleva a la sujeción por parte del analista o gerente a sus habilidades, destrezas, conocimiento, experiencia y criterio, para tomar decisiones en la empresa. La unión de los factores de producción y de las técnicas de gestión de los procesos productivos, genera sistemas de producción muy complejos que muchas veces no son entendidos fácilmente, por lo cual hay que recurrir a diversas técnicas que permitan analizar el sistema, entre estas la dinámica de sistemas.

La Dinámica de Sistemas, como una de las disciplinas cobijadas por el marco general del Pensamiento Sistémico, permite asumir el estudio y la comprensión de un fenómeno de interés como un sistema, por complejo que este sea, para lograr su explicación y representación a través de modelos de simulación. Esta cualidad de la dinámica de sistemas, hace que el analista, el gerente, o el directivo que la utiliza, tenga una visión sistémica y por lo tanto una mayor comprensión de un proceso de producción.

Se distinguen tres tipos de variables en función de su propio cometido en el modelo. Variables de *nivel*, suponen la acumulación en el tiempo de una cierta magnitud; variables de *flujo*, expresan de manera explícita la variación por unidad de tiempo de los niveles; y variables *auxiliares*, son, como su nombre indica, variables de ayuda en el modelo.

El proceso de planificación y control de la producción en una organización, se puede dividir o segmentar en varias fases o etapas, las cuales dependen de ciertas variables ya sean de carácter cambiante o constante, y que al interrelacionarse crean causalidades de incremento o disminución. Estas fases o etapas son las de PEDIDO, PRODUCCION y COMPRAS.

- La fase de PEDIDO está caracterizada por los pedidos concretos u órdenes de compra que realiza el cliente a la organización.
- La fase de PRODUCCION se fundamenta en la elaboración o transformación del bien o los bienes de un pedido específico.
- La fase de COMPRAS comprende la adquisición de la materia prima necesaria para la fabricación de los productos solicitados en la fase de pedido.

La estrategia de Planificación de Producción que utilizó el modelo es la correspondiente a *DEMANDA VARIABLE, FUERZA LABORAL CONSTANTE*, es decir, se alimentó de una demanda que cambia con el tiempo, y una fuerza laboral o numero de trabajadores igual para todos los periodos de tiempo. Esto ultimo con el fin de determinar el uso de *horas extras* con una producción requerida en un periodo de tiempo determinado.

El modelo de planificación y control de la producción propuesto en este trabajo de grado puede ser sometido a cambios de horizonte de tiempo, datos en las variables y en las ecuaciones, y representará de manera exitosa cualquier simulación que se le ingrese.

Lo mencionado anteriormente demuestra que en todas las empresas en donde se utilice el modelo de planificación y control de la producción en forma correcta, arrojará resultados de gran utilidad para la dirección, y así poder tomar las decisiones correctas en el tiempo adecuado.

7 RECOMENDACIONES

- ❖ Es necesaria la precursión de investigaciones y estudios de la Dinámica de Sistemas en la Universidad de Cartagena, especialmente la Facultad de Ciencias Económicas, esto con el fin de implementar esta técnica novedosa a todo tipo de campos y colocarse así a la par de universidades colombianas como la Universidad Nacional, la Universidad de Antioquia y la Universidad Industrial de Santander, pioneras y vanguardistas en este tipo de estudios e investigaciones.
- ❖ El programa de Administración industrial deberá impulsar propuestas de temas de proyecto de grado referentes a la Dinámica de Sistemas, con el fin de utilizarlos como ponencias en la Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas y el Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas.
- ❖ Incluir en las cátedras de Planeación y Control de la Producción, Investigación de Operaciones y Análisis y Diseño de Sistemas los temas referentes a la Dinámica de Sistemas, con el propósito de familiarizar a la comunidad estudiantil de Administración Industrial en el diseño de modelos de simulación con la técnica Dinámica de Sistemas.
- ❖ Impulsar a las empresas del sector productivo de la ciudad de Cartagena y en especial a sus respectivos departamentos de planeación y control de la producción a utilizar este modelo, el cual les servirá como herramienta útil en la simulación de la producción y el control de los inventarios.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ SANTOJA, Javier: Introducción a la Dinámica de Sistemas. Editorial Alianza, Madrid, 1986.
- ❖ FORRESTER Jay W: Dinámica Industrial. Editorial Ateneo, Buenos Aires, 1981.
- ❖ GORDON Geoffey: Simulación de Sistemas. Editorial Diana, Sexta Edición, México, 1991.
- ❖ MANUAL de Vensim: User's Guide Versión 1.62. Ventana Systems 1995.
- ❖ ARACIL y Gordillo: Dinámica de Sistemas. Alianza, España, 1997.
- ❖ Dinámica de Sistemas en <http://www.pegasus.com.com.ftp://sysdyn.mit.edu/ftp/sdep/papers/D-4808.pdf>.
- ❖ GUERRA, Néstor. Planificación de la producción. Cátedras de Administración I, Administración de la Producción en www.gestiopolis.com.
- ❖ SENGE, Peter. La quinta disciplina en la práctica. 1998, Págs. 93, 95
- ❖ SARACHE CASTRO, William Ariel. El proceso de planificación, programación y control de la producción. una aproximación teórica y conceptual. Universidad Nacional de Colombia en el www.elprisma.com

- ❖ Sistemas de producción en <http://www.uco.es/~p42abluj/web/3texto5.htm>.
- ❖ LAGARDA LEIVA., Ernesto A. www.systemdynamics.org. Introducción a la Dinámica de Sistemas.
- ❖ ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, GARCIA CASTAÑO, Carlos Humberto, BARRAGAN TARAZONA, Omar Augusto y GOMEZ PRADA, Urbano Eliécer. Modelo de simulación para la investigación integral de sistemas de producción de ganadería bovina. un enfoque sistémico: siprob 1.0. Bucaramanga, Colombia. Grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación, adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistema e Informática. Universidad Industrial de Santander y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.
- ❖ PEÑA ZAPATA, Gloria, CRESPO MARQUEZ, Adolfo, DYNER R., Isaac, MORENO VELASQUEZ, Luís Fernando y DIAZ SERNA, Francisco Javier. Análisis cualitativo de un modelo de producción-inventario. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín con el apoyo de La Escuela Superior de Ingenieros Departamento Organización Industrial y Gestión de Empresas Camino de los Descubrimientos, Universidad de Sevilla, España.
- ❖ PEÑA ZAPATA, Gloria Elena. Dinámica de Sistemas y Análisis Cualitativo Matemático, en Modelos de Gestión de la Producción. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Noviembre de 2003.

ANEXOS

ANEXO 1 - ECUACIONES DEL MODELO GENERADAS POR VENSIM

(01) "% DEMORAS POR DAÑO"=

RANDOM NORMAL (0.025, 0.035, 0.03, 0.001,12)

Units: UNID

(02) "% TIEMPO DE MANTENIMIENTO"=

0.07

Units: UNID

(03) "% TIEMPO PREPARACION Y AJUSTE"=

0.1

Units: UNID

(04) CANTIDAD ECONOMICA DEL PEDIDO=

IF THEN ELSE (CORRECCION DE INVENTARIO>=0,
((2*(DEMANDA PROMEDIO)*COSTO DE PEDIR)/ (COSTO DE
ALMACENAMIENTO*COSTO MATERIA PRIMA UNITARIO)) ^ (1/2), 0)

Units: MATP

ACIDO ACETICO 250 CC

(05) CAPACIDAD DE DISEÑO=

1176

Units: UNID

CAJAS VINAGRE

(06) CAPACIDAD REAL DE PRODUCCION =

CAPACIDAD DE DISEÑO*(1-("% DEMORAS POR DAÑO"+"%
TIEMPO DE MANTENIMIENTO" +% TIEMPO PREPARACION Y AJUSTE"))

Units: UNID

CAJAS VINAGRE

(07) CORRECCION DE INVENTARIO=

PUNTO DE PEDIDO-INV INICIAL MATERIA PRIMA

Units: MATP

ACIDO ACETICO 250 CC

(08) COSTO DE ALMACENAMIENTO=

COSTO GESTION+COSTO INFRAESTRUCTURA+COSTO
MANTENIMIENTO+COSTO OPERACION

Units: PESOS

(09) COSTO DE PEDIR=

320000

Units: PESOS/PEDIDO

(10) COSTO GESTION=

0.02

Units: PESOS

(11) COSTO INFRAESTRUCTURA=

0.02

Units: PESOS

(12) COSTO MANTENIMIENTO=

0.02

Units: PESOS

(13) COSTO MATERIA PRIMA UNITARIO=

1500

Units: PESOS/MATP

PESOS/ACIDO ACETICO 250 CC

(14) COSTO OPERACION=

0.01

Units: PESOS

(15) DEMANDA ESPERADA=

PRONOSTICO NUMERO UNIDADES SOLICITADAS POR
CLIENTE*NUMERO DE CLIENTES

Units: UNID

CAJAS VINAGRE

(16) DEMANDA PROMEDIO=

952*MATERIA PRIMA REQUERIDA POR UNIDAD

Units: MATP

ACIDO ACETICO 250 CC

(17) DESPERDICIOS MAT PRIMA=

INTEGER (RANDOM NORMAL (2, 10, 6, 1,12))

Units: MATP

ACIDO ACETICO 250 CC

(18) DEVOLUCIONES EN VENTAS=

INTEGER (RANDOM NORMAL (15, 25, 20, 5,12))

Units: UNID

CAJAS VINAGRE

(19) DISCREPANCIA=

PRODUCCION REQUERIDA-CAPACIDAD REAL DE
PRODUCCION

Units: UNID

CAJAS VINAGRE

(20) FINAL TIME = 12

Units: Month

The final time for the simulation.

(21) HORAS EXTRAS=

IF THEN ELSE (DISCREPANCIA>=0, TIEMPO PRODUCCION
UNIDAD*DISCREPANCIA, 0)

Units: horas

(22) INITIAL TIME = 0

Units: Month

The initial time for the simulation.

(23) INV INICIAL MATERIA PRIMA= INTEG (

CANTIDAD ECONOMICA DEL PEDIDO-MATERIA PRIMA A
UTILIZAR-INV SEGURIDAD MATERIA PRIMA -DESPERDICIOS MAT
PRIMA, 0)

Units: MATP

ACIDO ACETICO 250 CC

(24) INV INICIAL PRODUCTOS TERMINADOS= INTEG (

PRODUCCION REQUERIDA-DEMANDA
ESPERADA+DEVOLUCIONES EN VENTAS, 0)

Units: UNID

CAJAS VINAGRE

(25) INV SEGURIDAD MATERIA PRIMA=

90

Units: MATP

ACIDO ACETICO 250 CC

(26) INV SEGURIDAD PRODUCTOS TERMINADOS=

50

Units: UNID

(27) MATERIA PRIMA A UTILIZAR=

IF THEN ELSE ((DEMANDA ESPERADA+INV SEGURIDAD
PRODUCTOS TERMINADOS-INV INICIAL PRODUCTOS
TERMINADOS)*MATERIA PRIMA REQUERIDA POR UNIDAD<0, 0,
(DEMANDA ESPERADA+INV SEGURIDAD PRODUCTOS TERMINADOS -
INV INICIAL PRODUCTOS TERMINADOS)*MATERIA PRIMA REQUERIDA
POR UNIDAD)

Units: MATP

ACIDO ACETICO 250 CC

(28) MATERIA PRIMA REQUERIDA POR UNIDAD=

1.32

Units: MATP/UNID

ACIDO ACETICO 250 CC

(29) NUMERO DE CLIENTES=

1

Units: CLIENTES

(30) NUMERO DE PUESTOS DE TRABAJO=

1

Units: PUESTOS TRABAJO

(31) PRODUCCION REQUERIDA=

DEMANDA ESPERADA+INV SEGURIDAD PRODUCTOS
TERMINADOS-INV INICIAL PRODUCTOS TERMINADOS

Units: UNID

CAJAS VINAGRE

(32) PRONOSTICO NUMERO UNIDADES SOLICITADAS POR CLIENTE=

INTEGER (RANDOM NORMAL (850, 1050, 952, 53,12))

Units: UNID

CAJAS VINAGRE

(33) PUNTO DE PEDIDO=

INV SEGURIDAD MATERIA PRIMA+ (TIEMPO DE
ENTREGA*(DEMANDA PROMEDIO))

Units: MATP

ACIDO ACETICO 250 CC

(34) SAVEPER =

TIME STEP

Units: Month [0,?]

The frequency with which output is stored.

(35) TIEMPO DE ENTREGA=

0.4

Units: MESES

(36) TIEMPO ESPERA=

0.002

Units: horas/UNIDS

(37) TIEMPO LABORAL=

(HORAS EXTRAS+TURNO)*5*4

Units: horas

5 días a la semana por 4 semanas

(38) TIEMPO OPERACION=

RANDOM NORMAL (0.15, 0.2, 0.1704, 0.03 ,12)

Units: horas/UNIDS

(39) TIEMPO PREPARACION=

0.0053

Units: horas/UNIDS

(40) TIEMPO PRODUCCION UNIDAD=

(TIEMPO ESPERA+TIEMPO OPERACION+TIEMPO
PREPARACION+TIEMPO TRANSFERENCIA)* NUMERO DE PUESTOS DE
TRABAJO

Units: horas/UNIDS

ANEXO 2 - BOLETIN 1 CAP. LATINOAMERICANO DE DINAMICA DE SISTEMAS



Boletín Informativo del Capítulo Latinoamericano de la Sociedad de Dinámica de Sistemas Número 1 – Noviembre 2004

Dinamicasistemas.utalca.cl/sisTEMAS

Contenido:

- Mensaje del Presidente
- Mensaje del Director
- Dinámica en un ascensor
- La Sociedad y el Capítulo
- La comunidad Colombiana
- Evolución – un software colombiano
- Grupos de trabajo
- Recuerdos de Monterrey
- Programa de Talca
- Desde el Congreso de Oxford
- Libros
- Recursos en la Web

Mensaje del Presidente

Con esta primera entrega de sisTEMAS, el boletín informativo del Capítulo Latinoamericano de la Sociedad de Dinámica de Sistemas, se abre una ventana noticiosa a los acontecimientos más importantes de nuestra actividad académica y de consultoría en esta región del mundo.

La Dinámica de Sistemas favorece el desarrollo de las comunidades. Es un instrumento de apoyo al aprendizaje organizacional que contribuye a mejorar nuestro entendimiento del comportamiento de los sistemas socio-económicos y en este sentido facilita la toma de decisiones organizacionales y la formulación de políticas públicas y estrategias empresariales.

En estas líneas, se presentarán cada tres meses actualidades, reportajes, proyectos y personajes de la dinámica de sistemas. Se informará acerca de avances en investigación, de artículos y libros publicados de interés para la comunidad, y del impacto que nuestra actividad tiene sobre el conjunto de la sociedad.

Para el éxito de la publicación, se espera una amplia colaboración de los miembros del capítulo, haciéndole llegar al director Martin Schaffernicht sus escritos, pensamientos e ideas. Busquemos avanzar de manera cohesionada, compartiendo nuestros logros, para constituir juntos una colectividad fuerte y vigorosa.

Isaac Dyner

Mensaje del Director

sisTEMAS tiene el propósito de informar a dos grupos de personas sobre noticias, actualidades y tópicos importantes.

Por una parte hay quienes ya forman parte de la comunidad de práctica de la Dinámica de Sistemas. Ellos tendrán de ahora en adelante un instrumento para dar a conocer sus noticias y de enterarse de ellas. En este sentido, el boletín será un complemento a la lista de correo electrónico (cuya dirección es dinamica-sistemas@itesm.mx). Practicantes, quedan todos Ustedes invitados a usar este canal.

Por otra parte, muchas personas que hoy no forman parte de esta comunidad, podrían descubrir que la Dinámica les ayudará en sus áreas de actividad. sisTEMAS buscará a presentarles los tópicos y hitos principales de nuestro campo.

Esto es un número de presentación, donde corresponde introducir la "society" y su Capítulo Latinoamericano. Se presentarán también los dos congresos. Luego se habla de diversas actividades y productos de actualidad en nuestra región.

Martin Schaffernicht

La Dinámica explicada durante un momento en un ascensor

Jay Forrester: la dinámica trata de cómo las cosas cambian en el tiempo, y esto incluye la mayoría de las cosas que nos importan. Usa la simulación para tomar lo que ya sabemos y explorar porque las cosas se comportan así. Muestra como muchas de nuestras políticas de decisión llegan a ser las causas de muchos problemas que tenemos, pero también como superarlos.

George Richardson: La dinámica de sistemas es el uso de la simulación en situaciones complejas, para ayudar a la gente a elaborar una mejor comprensión de su problema y de anticipar posibles consecuencias de sus decisiones. Obtiene muchos de su fuerza del enfoque a los bucles de retroalimentación.

Eric Wolstenholme: Lo que es: una manera rigurosa para ayudar a reflexionar, visualizar, compartir y comunicar la evolución futura de una organización o un sistema complejo. Para qué: para solucionar problemas con una buena probabilidad de no provocar efectos colaterales indeseados. Cómo lo hace: a través de la elaboración de mapas mentales operacionales y modelos de simulación que articulen los modelos mentales y capten las interrelaciones entre procesos físicos y de decisión, fronteras organizacionales, ciclos de retroalimentación y demoras, y usándolas para explorar los resultados globales de las alternativas de decisión. Lo hace dentro de un marco de conciencia, apertura mental, responsabilidad y equidad de las personas y de los equipos.

La Sociedad y el Capítulo

La organización sin fines de lucro "system dynamics society" (www.systemdynamics.org) edita la revista científica "system dynamics review" (indexada en ISI), organiza anualmente un congreso internacional (ver más abajo) y conecta los practicantes que son sus miembros.

Ser miembro significa ser suscrito a la revista (impreso y en línea), aparecer en el registro de miembros en línea, participar de la lista de correo electrónico y una tarifa reducida para el congreso internacional. También significa ser uno de los aproximadamente mil que ayudan a financiar la "society" con su cuota anual de unos US\$90. Para hacerse miembro, la información se encuentra en el sitio web.

Adentro de la "society" existen varios grupos de interés como economía, educación, salud y medio ambiente.

Adicionalmente, se han creado diversos "capítulos" locales, de los cuales recientemente forma parte nuestra región. El Capítulo Latinoamericano se creó en 2002 con el propósito de ayudar a la dinámica de sistemas a propagarse en América Latina. Buena parte de la dificultad se atribuye a la barrera del idioma. El Capítulo mantiene un sitio web (www.mty.itesm.mx/dae/de/grupos/modelacion/gds1.htm) y una lista de correo en español ([dinamica-sistemas@itesm.mx](mailto: dinamica-sistemas@itesm.mx)), y su primera actividad formal fue lanzar el Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas.

La comunidad Colombiana

Los primeros esfuerzos inician en la Universidad Nacional de Colombia seguidos por la Universidad industrial de Santander con la labor precursora de los profesores Isaac Dynner y Hugo H. Andrade en sus respectivas Universidades.

A mediados de 1994 los profesores Dynner y Andrade proponen la Primera Conferencia Colombiana sobre Modelamiento Sistemico en la Universidad Industrial de Santander, con la participación de un buen número de instituciones, entre ellas los dos principales representantes del grupo de Sistemología Interpretativa de la universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, los profesores Hernán López Garay y Ramsés Fuenmayor.

En este primer evento, además de la presentación de trabajos de Dinámica de Sistemas, se da una participación de proyectos relacionados con la Investigación de operaciones, la Inteligencia artificial y la Sistemología Interpretativa, todo con la particularidad implícita del pensamiento sistémico en sus metodologías. En este evento se evidencian los primeros pasos de una comunidad que ya había nacido, pero debía fortalecerse en su unidad, en la medida que se reconocía en medio de la diversidad.

El principal producto del encuentro de 1994 lo constituyó el compromiso de 5 de los participantes: Isaac Dynner, Hernán López Garay, Ricardo Sotaquirá, Ángela Espinosa y Hugo Hernando

Andrade, que a nombre de sus grupos, asumieron la tarea de escribir un libro de Pensamiento Sistemico, que reflejara la experiencia sistémica de la comunidad latinoamericana y principalmente Colombiana. Este compromiso se materializa a principios del 2001 cuando entra en circulación el libro: Pensamiento Sistemico Diversidad en Búsqueda de Unidad.

Diferentes intercambios entre grupos y personas han consolidado una comunidad que crece cuantitativa y cualitativamente haciendo presencia en diferentes Universidades, así como en organizaciones públicas y privadas, posibilitando que con la convocatoria realizada por la Universidad Nacional, seccional Medellín, se realice, en el 2003, el Primer Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas y surja de allí el compromiso de consolidar una comunidad fuerte y en permanente relación con la comunidad Internacional, al asumir la tarea de desarrollar su encuentro anual. Este encuentro deja como compromiso a la Universidad industrial de Santander (UIS) y a la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), la convocatoria y organización del Segundo Encuentro.

En cumplimiento del encargo, la UIS y la UNAB con el auspicio de 5 universidades más, desarrollan el Segundo Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, el 19 y 20 de agosto de 2004, en la sede de la Universidad del Magdalena, en la ciudad de Santa Marta.

En este segundo encuentro se dieron nuevos pasos en la consolidación comunitaria y surge formalmente la Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas, convocando y organizando el evento, se crea su nombre y el símbolo que la identifica y se establece como una institución que integra a los diferentes grupos y personas que en Colombia practican la Dinámica de Sistemas.

El Segundo Encuentro contó con la participación de más de 120 asistentes en su mayoría estudiantes de pregrado en Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Ambiental y Administración de Empresas y de postgrado en Ingeniería Ambiental y Dinámica de Sistemas entre otros. El evento convocó a profesores e investigadores en Dinámica de Sistemas de las más representativas universidades del país. Se presentaron 27 trabajos algunos de ellos de carácter internacional, en donde se hicieron evidentes las más importantes tendencias de la Dinámica de Sistemas en Colombia, tales como la integración metodológica con áreas de la Inteligencia Artificial, La lógica difusa, las redes neuronales, la econometría entre otras, la indagación en la fundamentación ontológica, la evaluación de políticas y estrategia tanto en el sector público como privado, nuevos enfoques de modelamiento estratégico basados en objetos y reusabilidad y aplicaciones en Educación, Ingeniería Ambiental, Astronomía, Gestión Organizacional, entre otros temas. En el evento tuvo lugar un foro con la participación de representantes de las Universidades Organizadoras y del pleno de asistentes, en donde se articuló una reflexión acerca del papel y compromiso social que la comunidad de Dinámica de Sistemas podría jugar en relación con el desarrollo del país.

En el seno del Segundo Encuentro se comisiona a la Universidad Nacional de Colombia y a la Universidad de Antioquia la convocatoria y organización del Tercer Encuentro a desarrollarse a finales del 2005. Así mismo la Comunidad Colombiana se propone como tarea su formalización como organización de asociación académica y de investigación, para constituirse de tal forma que promueva las relaciones y las actividades propias de este tipo de comunidades.

Las Memorias de los Encuentros Colombianos en Dinámica de Sistemas pueden consultarse en la dirección <http://fis.unab.edu.co/2encuentros> o en <http://azulejo.uis.edu.co/web/investigacion/grupos/simon/index.html>

Ana Lucía Perez

Evolución – un software colombiano

El grupo de investigación SIMON de la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander, desarrolla un software de modelamiento en español: Evolución.

Es una herramienta basada en dinámica de sistemas, la cual presta una ayuda en la construcción de modelos por medio de la implementación de Diagramas de Forrester, sin embargo el paso de la observación del fenómeno, a la construcción de Diagramas de Forrester, es un salto considerable en el modelado, que dificulta dicho proceso debido a la imposibilidad de esquematizar la estructura del sistema, sin preocuparse por la parte cuantitativa de las relaciones entre los elementos.

En algunos casos la dinámica de sistemas hace uso de los Diagramas Causales como solución a este problema, por lo cual se ve la necesidad de que Evolución cuente con herramientas que permitan la construcción de Diagramas Causales, con el fin de dar continuidad en el apoyo al proceso de modelado.

Evolución además brinda la posibilidad de observar el comportamiento de las variables del modelo por medio de gráficas, haciendo uso de los diferentes escenarios creados por el usuario, sin embargo, no se permite graficar en una misma vista el comportamiento de una variable bajo diferentes condiciones, lo cual dificulta en gran manera la realización de análisis de sensibilidad de las diferentes variables, el cual es una técnica de vital importancia en el estudio de los cambios cuantitativos y cualitativos en el comportamiento de cualquier tipo de fenómeno, pues el comportamiento del sistema debe estudiarse bajo diferentes condiciones, ya que es muy difícil generalizar y estimar la validez del modelo a partir de los valores de los parámetros y las condiciones iniciales.

Invitamos a los interesados a tomar contacto con Hugo Andrade (handrade_simon@yahoo.es).

Grupos de trabajo

A la oportunidad del Segundo Congreso, se ha constituido un pequeño grupo de trabajo en educación, la RED (Red Educativa Dinámica, <http://dinamicasistemas.utalca.cl/RED/RedEducativaDeDinamica.htm>); sus actividades serán, en un primer tiempo, la capacitación de los educadores y la traducción de material; el inicio fue el "juego de los árboles", parte de libro "The Shape of Change" editado por el "creative learning exchange" (<http://www.clexchange.org/>); se puede bajar de la página de RED en español!

SEGUNDO CONGRESO LATINOAMERICANO DE DINÁMICA DE SISTEMAS UNIVERSIDAD DE TALCA TALCA - CHILE

18 - 20 NOVIEMBRE 2004

El Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas es la oportunidad para los practicantes de reunirse y intercambiar experiencias; también es la ocasión de mostrarse como comunidad y disciplina, de invitar a otros y acercarse y conocer lo que hacemos.

En Abril 2003 se celebró el Primer Congreso en el Instituto Tecnológico de Monterrey (México;). El Segundo Congreso tendrá lugar del 18 al 20 de noviembre 2004 en la Universidad de Talca (Chile; info en dinamicasistemas.utalca.cl).

Se reúnen los miembros del Capítulo América latina y colegas de España, entre los cuales destacamos Juan Martín G., autor del libro "Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas"

The 23rd International Conference of The System Dynamics Society



Es la reunión anual de practicantes académicos y profesionales. Aproximadamente 400 personas se juntan en diversos lugares – una vez en Estados Unidos, una vez en otro lugar del planeta. Es la oportunidad de compartir con los maestros, probar productos nuevos y formar grupos de discusión y trabajo.

En 2005, el lugar será Boston y ya se publicó la convocatoria www.systemdynamics.org.

"Hope to see you there"...

ANEXO 3 - BOLETIN 2 CAP. LATINOAMERICANO DE DINAMICA DE SISTEMAS

sistemas

Boletín Informativo del Capítulo Latinoamericano de la Sociedad de Dinámica de Sistemas Número 2 -Abril 2005

Dinamicasistemas.utalca.cl/sistemas

Contenido:

- Mensaje del Presidente
- Mensaje del Director
- Congreso Latinoamericano
- Reflexiones sistémicas
- Estudiar Dinámica de Sistemas
- Proyectos doctorales

Mensaje del Presidente

Nuestra comunidad tiene dos citas importantes en lo que resta del presente año. La primera, durante la Conferencia Internacional de Dinámica de Sistemas que tendrá lugar en Boston, Julio 17-21; y la segunda, durante el III Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Para esta última tengan presente que la fecha límite para el envío de resúmenes extendidos de los artículos es Junio 20 y que el Congreso tendrá lugar en Cartagena entre Noviembre 30 y Diciembre 2 de 2005. Esto significará, para muchos, continuar con el avance de sus modelos, con sus simulaciones y con los análisis de resultados, para así poder escribir buenos trabajos.

Estos dos encuentros se constituyen en una excelente oportunidad para compartir acerca de los avances de Dinámica de Sistemas en esta región del mundo y también para contribuir a la construcción del futuro de nuestra comunidad. Espero que hagamos una buena planeación de todos los asuntos que tenemos por delante y que no dejemos de lado aquellos concernientes a la financiación de los desplazamientos. Así que a trabajar duro para poder acudir nutridamente a estas citas. Nos vemos en Boston y Cartagena!

Isaac Dynner

Mensaje del Director

"Lo que no logro construir, no lo comprendo" dijo una vez Richard Feynman, una de las grandes figuras de la física durante el siglo XX. Nosotros como dinamistas de sistemas podemos suscribir plenamente esta afirmación.

En muchos lugares de América Latina hay personas trabajando con dinámica de sistemas. Dos de estas personas han ayudado a la presente edición con una contribución importante.

Otras muchas personas están lidiando con problemas grandes, importantes y complejos, en muchos ámbitos como la política, la educación, la salud, la energía y – bien entendido- la gestión.

¿Podremos establecer puentes para aportar desde la dinámica? Hacer del mundo un lugar mejor es una tarea de todos los instantes y en todas las áreas, y si tan solo logramos construir un modelo que deja comprender un problema y evaluar posibles intervenciones, hacemos una contribución a ello.

Deseo que nuestro boletín aporte un granito a esta tarea de establecer puentes.

Martin Schaffernicht

The 24rd International Conference of the System Dynamics Society



Es la reunión anual de practicantes académicos y profesionales. Aproximadamente 400 personas se juntan en diversos lugares – una vez en Estados Unidos, una vez en otro lugar del planeta; esta vez en Boston. Es la oportunidad de compartir con los maestros, probar productos nuevos y formar grupos de discusión y trabajo.

El lugar será Boston y ya se publicó la convocatoria www.systemdynamics.org.

Tercer Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas

Del 30 noviembre hasta el 2 de diciembre de 2005, el Capítulo Latinoamericano de la *System Dynamics Society* celebra su tercer congreso anual, en conjunto con el *III encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*. Las actividades tendrán lugar en Cartagena (Colombia) bajo la presidencia de Isaac Dyer y Hugo Andrade.

Objetivos

Difundir metodologías y aplicaciones que utilicen dinámica de sistemas para contribuir a la solución de problemas industriales y gubernamentales, especialmente, asuntos relacionados con la problemas de planeamiento, socio-ambientales, tecnológicos y educativos.

Temas principales

Metodología y aplicaciones de dinámica de sistemas en:

- Planeamiento
 - Sistemas sociales
 - Energía
 - Medio ambiente
 - Innovaciones tecnológicas
 - Contribuciones Educativas
- Otras aplicaciones.

Fechas importantes

- Junio 20 de 2005: Envío de los resúmenes extendido (4 páginas)
- Julio 11 de 2005: Respuesta de la aceptación o rechazo de los resúmenes extendidos.
- Septiembre 5 de 2005: Envío de artículos definitivos (10 páginas).
- Octubre 3 de 2005: Aceptación o rechazo de artículos definitivos.

Tarifas

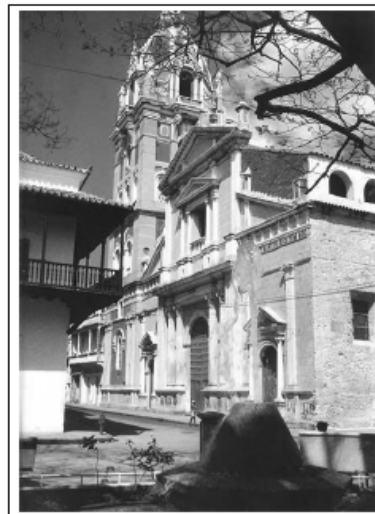
- Académicos y profesionales:
 - Antes del 1/6/2005: US\$120 (incluye CD actas, libreta de resúmenes y bolso, café, almuerzos).
 - A partir del 1/6/2004: US\$150.
- Estudiantes de Maestría y Doctorado: US\$50 (incluye CD actas, libreta de resúmenes y bolso, café)
- Estudiantes de pregrado: US\$25 (incluye CD actas, café)

Sobre el lugar

Cartagena fue declarada Patrimonio Nacional en 1959 y Patrimonio Cultural de la Humanidad. Esta hermosa "Ciudad amurallada" sobre el mar Caribe es un sitio turístico maravilloso por su riqueza histórica, su deliciosa gastronomía y sus mágicas playas.



Universidades Organizadoras:



ANEXO 4 - BOLETIN 4 CAP. LATINOAMERICANO DE DINAMICA DE SISTEMAS



Boletín Informativo del Capítulo Latinoamericano de la Sociedad de Dinámica de Sistemas

Número 4 –Enero 2006

Dinamicasistemas.utalca.cl/sisTEMAS

Contenido:

- Mensaje del Presidente
- Mensaje del Director
- Congreso Latinoamericano en Cartagena
- Capítulo Latinoamericano
- Historia del mes
- Para educadores
- Revista de Dinámica de Sistemas
- Curso en línea

Mensaje del Presidente

Para mí fue un honor presidir, junto con Hugo Andrade, el III Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas que tuvo lugar en Cartagena de Indias entre Noviembre 29 y Diciembre 2.

Muchos hicieron un gran esfuerzo para que este evento fuera una realidad.

El comité organizador al frente de Ana y Paula realizaron un magnifico trabajo que fue apoyado por profesores y estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Antioquia, EAFIT, UNAB, UIS, Universidad Tecnológica de Cartagena y de otras instituciones. Ellas y ellos lo hicieron de manera extraordinaria. Los organizadores de la pagina Web se fajaron! El comité local tuvo en Gloria una excelente gestora. Gracias a ella se logro que el evento operara como lo pudimos apreciar en Cartagena. El Capitán Acevedo de la Escuela naval le puso una nota muy especial al evento – nuestro agradecimiento va para el.

Además, el grupo evaluador de los trabajos que se sometieron al congreso tuvo una labor encomiable. Muchos fueron muy dedicados y gracias a ellos pudimos cumplir con los más de 80 resúmenes que fueron sometidos a evaluación. Sinceros agradecimientos a este valioso grupo de personas.

Algunos de ustedes viajaron de países lejanos. La mayoría lo hizo de zonas apartadas de Colombiana. Esperamos que todos y todas hayan podido disfrutar del congreso y de Cartagena de Indias. Su compañía y sus presentaciones contribuyeron a que este fuera un gran evento.

La calidad de los trabajos presentado tuvo un estándar muy alto. Los colegas que viajaron desde fuera de la región tuvieron un desempeño extraordinario. Los colegas Latinoamericanos trabajaron duro y mostraron gran disposición - se observa amplio progreso. La presencia de ochenta

inscritos y casi 50 presentaciones nos llena de satisfacción.

Estoy seguro que con el aprendizaje de este y de los anteriores congresos, y con la dedicación de los futuros anfitriones, los próximos Congresos en Cancún y Buenos Aires serán exitosos.

Un abrazo para todos ustedes y muchas gracias. Nos vemos en Cancún.

Isaac Dyner

Mensaje del Director

Este número del boletín es dedicado al reciente Congreso y a los trabajos que el Capítulo Latinoamericano se propone para el próximo futuro.

El Capítulo ha ido tomando fuerza y dirección en los primeros tres años de su existencia, y agradecemos a nuestro primer Ex Presidente de Capítulo – Isaac Dyner – por todos sus esfuerzos: ¡Gracias Isaac!

Como decidido mayoritariamente en Cartagena (leer abajo), tendré el honor y la responsabilidad de seguir en este cargo, junto con Gloria Pérez que nos representa en el Consejo Directivo de la Sociedad Internacional. Nuestras próximas tareas son:

- reforzar la estructura interna y facilitar más fuertemente la difusión de nuestra disciplina;
- reforzar nuestra representación en el Consejo Directivo.

Tenemos una misión importante, y nuestros esfuerzos no serán en vano.

Que el 2006 sea un año feliz y bueno.

Martin Schaffernicht



Los días de fin de noviembre, 426 años después de que la insignia representada en la ilustración se confeccionó, una comunidad curiosa ambuló por las calles nocturnas de la ciudad de Cartagena de Indias, maravilloso lugar histórico.



Cartagena tiene Historia

Fue la reunión anual del Capítulo Latinoamericano de la "System Dynamics Society" y a la vez de la Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas, celebrada en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

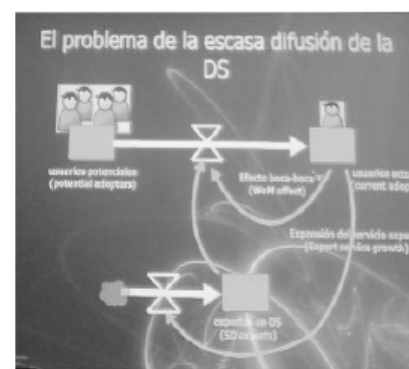
Durante tres días se presentaron trabajos de diversos ámbitos:

- Crimen: 4
- Economía: 6
- Educación: 7
- Energía: 3
- Recursos: 7
- Sociales: 4
- Software: 4
- Metodología: 2
- Negocios/Administración: 4

Hemos podido constatar que algunas tendencias de investigación que se observan al nivel mundial, también se encuentran en nuestra región.

Los posibles vínculos entre el Cuadro de Mando Integral y la Dinámica de Sistemas son un ámbito donde podemos hacer contribuciones a la gestión organizacional de modo suave.

El uso de juegos de simulación para generar experiencias de aprendizaje es un tema que debe ser prioritario en los años por venir: en relación con nuestros colegas de habla inglesa, tenemos unos años que recuperar, pero la colaboración entre los grupos existentes nos puede permitir de avanzar rápidamente. La temática es amplia y permite trabajos en economía experimental, estudios acerca del aprendizaje del pensamiento sistémico y la intervención efectiva en situaciones concretas.



El problema de la difusión

El desarrollo de herramientas computacionales en español es otra área clave para la aceptabilidad de la Dinámica en nuestra región lingüística. La barrera del idioma ha sido la razón principal para crear nuestro Capítulo.



Fabian Szulanski convirtió la experiencia nocturna de persecución por parte de los vendedores en un diagrama de bucle causal: