

158
2ef.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TECNICAS DE SIMULACION Y SU APLICACION
PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS EN
SISTEMAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el titulo de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

p r e s e n t a

JOSE ANTONIO SERPA PEREZ



Director de Tesis: M.J. Eugenio López Ortega

México, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS:

**A mi madre Eréndira,
porque gracias a su apoyo, paciencia y cariño incondicional
que me ha brindado a lo largo de mi vida,
mis metas se han hecho realidad.**

**A mi padre José Antonio,
porque con su ejemplo, respeto, carácter y dedicación
ha representado para mí el modelo a seguir.**

**A mis hermanas Misha, Claudia, Adriana y Olivia
porque con sus consejos y apoyo,
me han motivado a superarme siempre.**

**A mi director de tesis, el Ing. Eugenio López Ortega,
que con su experiencia, consejos y paciencia
me ha permitido vivir más intensamente mi profesión.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México,
por el honor que me concedió
al haber estudiado en sus aulas.**

**A mi país,
por la oportunidad que me brindó al poder cursar una
carrera universitaria, mismo a quien dedicaré con ahínco
y honestidad los frutos de mis estudios.**

**A mis amigos y a todos aquellos que de alguna u otra manera,
me impulsaron a ser quien soy.**

ÍNDICE

	Páginas
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
Objetivo General	
Objetivo Particular	
Objetivo Específico	
JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO I	
ANTECEDENTES DE LA SIMULACIÓN	4
1.1 EL ENFOQUE DE SISTEMAS O PENSAMIENTO SISTÉMICO	4
1.1.1 La necesidad del enfoque de sistemas.	5
1.1.1.1 <i>Complejidad.</i>	5
1.1.1.2 <i>Tipos de análisis en el enfoque sistémico.</i>	5
1.1.2 Formas básicas para la construcción de un modelo conceptual.	7
1.1.2.1 <i>La concepción estructural.</i>	7
1.1.2.2 <i>La concepción de caja negra.</i>	8
1.1.2.3 <i>La concepción funcional.</i>	8
1.1.3 La aplicación práctica del enfoque de sistemas.	9
1.1.3.1 <i>La ingeniería de sistemas.</i>	10
1.1.3.2 <i>El análisis de sistemas.</i>	
1.1.3.3 <i>La simulación de sistemas.</i>	
1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA SIMULACIÓN	12
1.3 DIFERENCIA ENTRE LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS Y LAS TÉCNICAS DE SIMULACIÓN	14
1.3.1 Problema de aplicación.	14
1.3.1.1 <i>Solución analítica.</i>	15
1.3.1.2 <i>Solución por la técnica de simulación.</i>	18
1.4 ESTUDIO DE LOS SISTEMAS ENFOCADOS A LA SIMULACIÓN	25
1.4.1 Definiciones.	25
1.4.2 Clasificación de los Sistemas.	27
1.4.3 Características y Comportamiento de los Sistemas.	27

	Páginas
1.5 LOS MODELOS BAJO EL CONCEPTO DE SIMULACIÓN	29
1.5.1 Definiciones.	29
1.5.2 Clasificación de los Modelos.	30
1.5.2.1 Modelos Físicos.	30
1.5.2.2 Modelos Físicos Estáticos.	30
1.5.2.3 Modelos Físicos Dinámicos.	31
1.5.2.4 Modelos Matemáticos.	31
1.5.2.5 Modelo Matemático Estático.	31
1.5.2.6 Modelo Matemático Dinámico.	32
1.5.3 Características Generales de los Modelos.	32
1.5.3.1 Linealidad.	32
1.5.3.2 Estabilidad.	32
1.5.3.3 Tipo de respuesta.	33
1.6 ETAPAS QUE CONFORMAN UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN	33
1.6.1 Formulación del Problema.	33
1.6.2 Obtención de los Objetivos y el Plan Completo del Proyecto.	34
1.6.3 Construcción del Modelo.	34
1.6.4 Recolección de Datos.	34
1.6.5 Codificación.	34
1.6.6 Verificación.	34
1.6.7 Validación.	35
1.6.8 Diseño Experimental.	35
1.6.9 Realización de las Corridas y Análisis.	35
1.6.10 Número de Corridas.	35
1.6.11 Documentar el Programa y los Resultados de los Reportes.	35
1.6.12 Implementación.	36
 CAPÍTULO II	
LOS LENGUEJES DE PROGRAMACION PARA SIMULACION Y SUS CAMPOS DE APLICACION.	38
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS LENGUAJES.	38
2.1.1 Panorama de las Diferentes Técnicas de Simulación.	38
2.1.2 Tipos de Simulación Digital.	39
2.1.3 Características Comunes en los Lenguajes de Simulación.	40

	Páginas
2.1.4 Clasificación de los Lenguajes para Simulación Digital.	41
2.1.4.1 <i>Lenguajes de Propósito General.</i>	41
2.1.4.2 <i>Lenguajes de Propósito Especial.</i>	41
2.1.5 Mecanismos de variación del tiempo de los lenguajes de simulación.	42
2.1.6 Características deseables del Software para Simulación.	43
2.1.6.1 Característica Generales.	43
2.1.6.2 Animación.	44
2.1.6.3 Capacidades Estadísticas.	44
2.1.6.4 Apoyo al Cliente.	45
2.1.6.5 Reportes de Salida.	45
2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS LENGUAJES DE SIMULACIÓN MAS COMUNES	45
2.2.1 GPSS (General Purpose Simulation System)	45
2.2.2 SIMAN / CINEMA IV	46
2.2.3 SIMSCRIPT II 5	47
2.2.4 SLAM II	48
2.2.5 DYNAMO	48
2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS APLICACIONES DE LA SIMULACIÓN MAS COMUNES.	50
2.3.1 Aplicaciones a nivel Industrial Enfocadas al área de Manufactura.	50
2.3.2 Aplicaciones enfocadas a Fenómenos de Espera.	54
2.3.3 Aplicación a nivel Gerencial.	55
CAPÍTULO III	
EL PROCESO DE MODELACIÓN	59
3.1 INTRODUCCIÓN.	59
3.2 LOS MODELOS VISTOS COMO UNA ABSTRACCIÓN DE LA MENTE HUMANA.	59
3.3 PANORAMA GENERAL DEL PROCESO DE MODELACIÓN.	60
3.4 TÉCNICAS UTILIZADAS EN EL MODELADO.	65

	Páginas
3.4.1 Definiciones	65
3.4.2 Principios para la Obtención de Modelos Válidos	65
3.4.3 Técnicas de Verificación de Programas de Simulación por Computadoras.	66
3.5 CONCEPTOS GENERALES PARA LA VALIDACIÓN DE MODELOS.	67
3.6 TÉCNICAS PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN VÁLIDO Y CREIBLE	68
3.6.1 Consideraciones para el desarrollo de un modelo con un alto nivel de validez.	68
3.6.2 Probar las suposiciones del modelo empíricamente.	69
CAPÍTULO IV	
LOS SISTEMAS VISTOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS.	71
4.1 ANTECEDENTES DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS.	71
4.1.1 Surgimiento de la Dinámica de Sistemas.	72
4.2 PRINCIPALES APLICACIONES DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS.	73
4.3 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA DINÁMICA DE SISTEMAS.	75
4.3.1 Definición de Sistema.	75
4.3.2 Simbología utilizada para la Representación de Diagramas Dinámicos dentro de la Dinámica de Sistemas.	75
4.3.2.1 Simbología.	76
4.3.3 Análisis de las estructuras básicas que intervienen en la Dinámica de Sistemas.	79
4.3.3.1 El fenómeno de los atrasos dentro de los canales de flujo.	79
4.3.3.2 Las estructuras de retroalimentación.	80

CAPÍTULO V		
DESARROLLO DE UN MODELO DINÁMICO DE SIMULACIÓN DEL SISTEMA EDUCATIVO MEXICANO		86
5.1	INTRODUCCIÓN	86
5.2	ESTRUCTURA DE LA EDUCACIÓN EN MÉXICO	86
5.2.1	Educación Preescolar	86
5.2.2	Educación Primaria	87
5.2.3	Educación de Capacitación	87
5.2.4	Educación Secundaria	87
5.2.5	Educación Profesional Media	87
5.2.6	Bachillerato	88
5.2.7	Educación Normal	88
5.2.8	Educación Superior	88
5.3	SITUACIÓN DEMOGRÁFICA Y DE LA EDUCACIÓN EN MÉXICO	89
5.3.1	Glosario de Definiciones	89
5.3.2	Situación Demográfica en México	90
5.3.3	Situación de la Educación en México	94
5.3.4	Perspectivas de la Educación en México	94
5.3.4.1	<i>Educación Básica</i>	94
5.3.4.2	<i>Educación para Adultos y Formación para el Trabajo</i>	95
5.3.4.3	<i>Educación Media Superior y Superior</i>	95
5.4	DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN	96
5.4.1	Modelo Demográfico	96
5.4.1.1	<i>Variables Utilizadas en el Primer Submodelo</i>	101
5.4.2	Modelo Educativo	101
5.4.2.1	<i>Variables Utilizadas en el Segundo Submodelo</i>	102
5.5	OBTENCIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	106
5.5.1	Resultados Obtenidos del Modelo Demográfico	107
5.5.2	Resultados Bajo el Escenario I (Tendencial)	111
5.5.3	Resultados Bajo el Escenario II (De Mejoría)	111
5.5.4	Resultados Bajo el Escenario III (Optimista)	112
5.5.5	Conclusiones Derivadas a partir del Modelo	113

	Páginas
5.5.5.1 <i>Conclusiones Generales Sobre la Situación Demográfica</i>	113
5.5.5.2 <i>Conclusiones Generales sobre la Problemática Actual en materia de Educación</i>	115
5.5.5.3 <i>Conclusiones Obtenidas a partir de cada Escenario</i>	116
ANEXO A	
MODELO DE SIMULACIÓN Y CONDENSADO DE RESULTADOS	121

INTRODUCCIÓN

Existe actualmente la necesidad apremiante por desarrollar de una manera eficaz y eficiente a un gran número de los sectores productivos que conforman a la economía de nuestro país. Esta necesidad se refleja en todos aquellos sectores que están involucrados directamente con los programas gubernamentales de desarrollo, cuyas bases se encuentran en el actual Plan de Desarrollo Económico 1995 - 2000. Por otro lado, en nuestro país son las empresas pequeñas y medianas tanto del sector industrial, como del sector de servicios, las que constituyen los centros laborales que más número de fuentes de trabajo ofrecen y que a la vez son las más vulnerables bajo el actual contexto político, económico y social en el que se desarrollan, en donde la única constante es el cambio continuo.

Actualmente se cuenta con una alternativa de análisis que hasta la fecha no ha recibido mucha difusión en nuestro país y que son las técnicas de simulación las cuales representan una de las herramientas más poderosas para el diseño y la operación de procesos, con el fin de estudiar el comportamiento de sistemas complejos. Esta disciplina permite al usuario el experimentar con sistemas propuestos en casos en los que de otra manera sería imposible o impráctico experimentar sobre el sistema real, obteniendo así resultados que permitan hacer procesos de Planeación más formales.

La simulación es una disciplina en donde entra en juego la ciencia y el arte intuitivo y cuya esencia se basa en uno de los principios del estudio de sistemas que dice:

" El desempeño máximo de un sistema se obtiene al estudiarlo y mejorarlo como un conjunto de partes interactuantes y no del mejorar el desempeño de cada una de sus partes, tratándolas como un ente independiente "

Este trabajo se concibe para mostrar y conjuntar algunos de los conceptos más importantes que forman parte de esta técnica y que en la mayor parte de las veces se encuentran de manera aislada o con una aplicación muy específica. Por otro lado se busca el mostrar su aplicación a través de un caso práctico donde se muestra el uso de la metodología la cual puede ser transportada a otros sistemas para poderlos estudiar.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL :

Mostrar de una forma concisa, los principios básicos que intervienen en la teoría de sistemas, con un enfoque orientado hacia los sistemas productivos, así mismo pretende ofrecer un panorama que permita ver las ventajas, aplicaciones y metodología de las técnicas de simulación.

OBJETIVO PARTICULAR :

Recopilar información de una manera estructurada con el fin de ofrecer al lector interesado una visión amplia sobre las técnicas de simulación, así como del gran número de aplicaciones y potenciales dentro de la Ingeniería Industrial, así como dentro de muchas otras disciplinas.

OBJETIVO ESPECÍFICO :

Lograr que los lectores interesados encuentren en este trabajo un panorama tanto teórico como práctico de las técnicas de simulación, con el fin de que pueda ayudarles a encontrar alguna aplicación ventajosa dentro de su vida profesional.

JUSTIFICACIÓN

La presente tesis fue concebida dada la importancia que tiene el manejar un pensamiento sistémico dentro de las organizaciones.

Este pensamiento sistémico consiste en conocer las repercusiones futuras partiendo de un conocimiento profundo de las fuerzas intrínsecas en un sistema, las cuales le permiten llegar a cierto fin. Todo esto parte de una filosofía administrativa donde se maneja a las organizaciones inteligentes, es decir, aquellas organizaciones que están abiertas a un aprendizaje profundo, continuo y colectivo.

Este tipo de pensamiento puede ser aplicado en las siguientes disciplinas:

- **Ingeniería Industrial**
- **Ingeniería Ambiental**
- **Administración**
- **Urbanismo**
- **Economía**
- **Finanzas**
- **Administración Pública**
- **Logística**
- **Bioestadística**

Es el pensamiento sistémico el que permite hacer operativo a la simulación de sistemas la cual, juega un papel importante dentro de todas las ramas de la Ingeniería como una herramienta de análisis de gran utilidad.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES DE LA SIMULACIÓN

1.1 EL ENFOQUE DE SISTEMAS O PENSAMIENTO SISTÉMICO

La Revolución Científica corresponde a la última etapa dentro del desarrollo de la Ciencia, la cual comenzó a gestarse hace tres siglos en el continente europeo y es en esta última etapa cuando surgen explicaciones de tipo empírico y teóricas del mundo real mediante ideas. Es durante esta Revolución Científica cuando aparece el enfoque de sistemas como un intento dentro de la amplia envergadura de la ciencia por retener mucho de la tradición científica y suplementándola al enfrentarse a problemas de complejidad irreductible a través de una forma de inteligencia basada en el "todo" y en las propiedades de ese "todo". El enfoque de sistemas surge como un complemento del pensamiento científico, en donde la práctica de dividir un problema y examinarse en partes separadas (Principio central de la práctica científica) asume que esta división no distorsionará el fenómeno que se estudia así como los componentes del todo son los mismos cuando se les examina individualmente que cuando forman parte del todo

Así el enfoque de sistemas se plantea como un medio para coordinar y clarificar las metas totales del sistema y para reconocer las partes variables y relaciones que determinan su comportamiento de tal manera que la toma de decisiones ocurra de manera lógica y coherente.

El enfoque sistémico se fundamenta en dos pares de ideas que son . La teoría de la jerarquía y la teoría del control.

La teoría de la jerarquía se ocupa de las diferencias fundamentales entre diferentes niveles de complejidad. Su objetivo último es el de proporcionar un informe de las relaciones entre los niveles diferentes así como un detalle del ¿cómo se forman los diferentes niveles, qué los separa y qué los une ?. Esta visión jerárquica surgió a partir de la biología en el momento en que apareció el microscopio y con él una visión molecular de los seres vivos.

Por otro lado, dentro de la teoría del control se establece el concepto de retroalimentación, es decir, la transmisión de información acerca del desempeño verdadero de cualquier sistema en una etapa temprana para así modificar su operación.

De esta forma surge la retroalimentación negativa cuyo fin es el reducir la brecha entre el desempeño verdadero y el desempeño deseado y por otro lado, surge también la retroalimentación positiva la cual induce inestabilidad al reforzar una modificación en el desempeño del sistema.

1.1.1 LA NECESIDAD DEL ENFOQUE DE SISTEMAS :

A continuación se presentan las tres consideraciones de tipo práctico más importantes sobre las cuales se apoya la necesidad del enfoque de sistemas.

1.1.1.1 **COMPLEJIDAD** : En la actualidad se enfrentan múltiples problemas de dirección de objetivos dentro de los sistemas naturales, económicos y sociales los cuales son cada vez más complejos. Esta complejidad se debe a que los elementos o partes del objeto bajo estudio están íntimamente interrelacionados y a que el objeto del mismo interactúa en el medio ambiente con otros objetos. De lo anterior se desprende que el adecuado funcionamiento o la eficiencia total del objeto está más allá del correcto diseño o desempeño aislado de las partes, ya que también influye la manera en que éstas interactúan y se ajustan entre sí y con su entorno.

Los problemas complejos incluyen factores heterogéneos que rebasan la visión de cualquier disciplina convencional y, por tanto, demandan una visión integradora e interdisciplinaria como puede ser la del enfoque de sistemas.

1.1.1.2 TIPOS DE ANÁLISIS EN EL ENFOQUE SISTÉMICO :

1.1.1.2.1 **EL ENFOQUE ANALÍTICO** : A diferencia del enfoque sistémico, el enfoque analítico plantea los problemas a través de la desagregación de sus partes. Por eso, el enfoque analítico sigue un proceso que consta de las tres etapas siguientes :

- Aislar y dividir en partes lo que se desea entender.
- Tratar de entender el funcionamiento de las partes.
- Reunir el conocimiento de las partes para entender el comportamiento y propiedades del todo.

Así mismo, para entender a las partes se procede a subdividir las tantas veces como sea necesario, posiblemente hasta llegar a partes últimas (células, átomos, elementos químicos) con el fin de que los eventos y los objetos, sus propiedades y el entendimiento pueden ser contruidos a partir de elementos últimos (reduccionismo).

Quando el todo no puede ser separado en partes independientes, entonces se introducen relaciones causa-efecto (mecanicismo), causas que son necesarias y suficientes para los efectos (determinismo).

1.1.1.2.2 EL ENFOQUE SISTÉMICO : El enfoque sistémico parte de la premisa de que un sistema es un conjunto de dos o más elementos que exhibe las siguientes características.

- Las propiedades o el comportamiento de cada elemento del conjunto tienen un efecto en las propiedades o comportamiento del todo
- Las propiedades o el comportamiento de cada elemento y la forma en que afectan al todo dependen de las propiedades y el comportamiento de al menos otro elemento del conjunto.
- Cada subgrupo posible exhibe las dos propiedades anteriores.

Así, si un sistema puede ser divisible desde un punto de vista estructural sin embargo, éste resulta indivisible desde un punto de vista funcional ya que sus elementos son interdependientes. Así en el pensamiento sistémico existe la tendencia a ver los sistemas como parte de sistemas mayores (expansionismo) y en relación con otros sistemas, lo cual da pie al siguiente método :

- El todo que se desea entender es conceptualizado como parte de un todo mayor.
- Se busca conocer el comportamiento y características del todo mayor.
- El todo se explica de acuerdo con el papel e influencia que tiene en el todo mayor.

Consecuentemente con esta postura, las partes o subsistemas no son consideradas por separado sino en interacción con otras partes, teniendo presente el papel que juegan en el sistema que las contiene.

Como alternativa a la relación causa-efecto, el enfoque de sistemas adopta una relación del tipo productor-producto.

Estos dos enfoques son formas diferentes y compatibles de estudiar a un mismo objeto o sistema.

1.1.2 FORMAS BÁSICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO CONCEPTUAL

Los modelos conceptuales o sistemas construidos son aquellas representaciones gráficas, escritas o mentales elaboradas por un analista y que emplean un marco de referencia. Dicho marco le permite situar y ordenar sus percepciones para con ello fijar la estructura del problema, delimitar el área de interés y decidir qué aspectos son relevantes y cuales no lo son.

Los modelos conceptuales son importantes porque obligan a ordenar el conocimiento, fuerzan a ser claros en cuanto a lo que se está tratando de estudiar, observar y medir; permiten una comunicación más amplia entre los distintos participantes, y dan bases más sólidas para el debate cuando éste es requerido. De hecho no sería posible elaborar una teoría del funcionamiento o la dinámica de un objeto, fenómeno o problema si no se cuenta con una adecuada descripción de los principales elementos que intervienen así como de sus relaciones estáticas.

En la literatura se identifican tres formas básicas para la construcción de un modelo conceptual, los cuales son la concepción estructural; la funcional y la de caja negra.

1.1.2.1 LA CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL :

Si se parte de que un sistema es un conjunto de elementos interconexos que forman una integridad, casi de manera inmediata se concluye que para conocer el objeto y explicar sus propiedades basta con los siguientes puntos:

- Identificar las partes o componentes del sistema objeto.
- Conocer las características de las partes.
- Establecer el patrón de relaciones entre las partes.
- Reunir esta información y de ahí deducir las propiedades y el comportamiento del sistema total.

Esta concepción al ser seguida en un caso específico tiene el inconveniente de que el volumen de información que demanda crece de manera explosiva, alejándose con ello de cualquier fin práctico. Ante esta situación, se debe de tomar en cuenta solo la información relevante con el fin de evitar detalles. A pesar de este inconveniente, el conocimiento de los elementos y atributos es esencial para explicar el comportamiento o propiedades del objeto; la cuestión crucial es definir qué elementos y qué propiedades debemos de tomar en cuenta.

1.1.2.2 LA CONCEPCIÓN DE CAJA NEGRA

En esta concepción el objeto es visto como una entidad que recibe ciertos insumos y los transforma en un producto, empleando para su representación diagramas de bloque llamados también caja negra porque en un primer nivel de análisis no se establece como se lleva a cabo el proceso de transformación, es decir, qué contiene la caja.

Esta forma de representación, a pesar de ser muy simple, es de mucha utilidad en la solución de problemas, ya que lleva a pensar en la interacción del objeto con su entorno y con ello a tratar temas tan importantes como son: la validez de los objetivos, la viabilidad del sistema de acuerdo con la disponibilidad de insumos, la existencia de oportunidades de desarrollo, el impacto de ciertos cambios, etc.

Conviene resaltar la importancia de esta concepción ya que tendemos a abundar en los detalles sin antes comprender lo más general y significativo, lo cual es motivado por la mentalidad reduccionista dominante.

1.1.2.3 LA CONCEPCIÓN FUNCIONAL :

A diferencia de la concepción estructural que visualiza al objeto como un agregado de partes, la concepción funcional estudia dicho objeto como un proceso; es decir, como un conjunto de actividades requeridas para cumplir con una función o un propósito como puede ser la producción de un bien, el lanzamiento de un nuevo producto, la operación de un sistema de transporte, el rediseño de un plan de estudios, etc.

En esta concepción cada actividad puede desmembrarse en un conjunto de subactividades, de la misma manera que la función del sistema puede verse como una actividad de un sistema más amplio, lo que conduce a hablar de subsistemas y suprasistemas respectivamente. Este procedimiento de agregación o desagregación se puede seguir hasta alcanzar el nivel de detalle que se juzgue apropiado.

Posteriormente una vez que se ha formulado el sistema de actividades, en una siguiente etapa este modelo podrá ser empleado como base para elaborar otro tipo de representaciones.

Los modelos conceptuales se formulan a partir de considerar en el terreno de la lógica qué actividades se requieren para cumplir con la función propuesta y a través de qué medios o con qué recursos se podrían ejecutar. Esto permite desarrollar una especie de lente para indagar en la realidad de manera selectiva en búsqueda de qué está mal y cual es la razón; aunque, por supuesto el modelo conceptual también puede ser empleado como base para el diseño del sistema objeto.

Lo que está mal puede deberse a una mala organización de actividades, a conexiones inadecuadas o a que en alguna actividad no se cumpla con lo previsto, ya sea en cantidad, calidad u oportunidad, afectando así al resto del sistema.

Para aquellas actividades que no se cumplen debidamente, se puede optar por investigar qué parte o que elemento es el causante o, si se considera más apropiado, por hacer una desagregación de la actividad en subactividades y retomar las indicaciones del párrafo anterior.

La principal ventaja que ofrece esta concepción es evitar la recolección indiscriminada de datos o regresiones interminables (sistema, actividades, subactividades, partes, elementos, relaciones, atributos, etc.), ya que, como se ha visto no es necesario conocer con detalle toda actividad, solo se "destapan" aquellas actividades que no operan adecuadamente.

1.1.3 LA APLICACIÓN PRÁCTICA DEL ENFOQUE DE SISTEMAS

Las tres concepciones para la construcción de modelos conceptuales (estructural, funcional y de caja negra) son ampliamente utilizadas en la aplicación del enfoque de sistemas al plantear un problema.

La idea de llevar a cabo la "práctica de sistemas" implica el averiguar como utilizar los conceptos de sistemas para tratar de solucionar problemas. El primer paso de este proceso es el aprender acerca de los sistemas en estudio, así por ejemplo, en el caso de un sistema atmosférico sería necesario estudiar los flujos de energía en la biosfera, el ciclo del nitrógeno, el del carbono, así como el movimiento de las masas de aire lo cual nos permitirá conocer acerca de la dinámica del sistema.

Un segundo paso sería el que el analista diseñe el modelo conceptual para entender el fenómeno y establecer así la manera de llevarlo hacia un objetivo.

A partir del enfoque de sistemas se han desarrollado una serie de técnicas con el fin de resolver problemas reales y que guardan las características fundamentales del enfoque de sistemas. Algunas de estas técnicas más importantes son : La ingeniería de sistemas, el análisis de sistemas y la simulación de sistemas cuyos conceptos básicos se mencionan a continuación.

1.1.3.1 LA INGENIERÍA DE SISTEMAS

El origen de la ingeniería de sistemas data de la década de 1950 cuando los ingenieros se percataron del incremento de la complejidad en sus tareas por satisfacer los requerimientos humanos lo que dió por resultado el desarrollo de la "ingeniería de sistemas". La ingeniería de sistemas es vista como la tarea total de concebir, diseñar, evaluar e implementar un sistema para que satisfaga alguna necesidad definida.

La ingeniería de sistemas opera en el espacio entre la investigación y los negocios y asume la actitud de ambas partes. En aquellos proyectos donde la ingeniería de sistemas considera que vale la pena desarrollarlos, entonces formula los objetivos operacionales, de desempeño, económicos y el plan técnicamente amplio a seguirse.

El problema global de la ingeniería de sistemas se compone de dos partes, una es la ingeniería de sistemas asociada con la manera en que el sistema operativo en si funciona, y la otra es el proceso sistemático para desarrollar la ingeniería y el trabajo asociado para generar el sistema operativo.

1.1.3.2 EL ANÁLISIS DE SISTEMAS

Esta técnica que surgió de manera paralela a la ingeniería de sistemas durante la década de 1950, y cuyo desarrollo se debe principalmente a la corporación RAND, la cual es una corporación no lucrativa dedicada a la consultoría de negocios.

La conceptualización del análisis de sistemas consiste básicamente en la valoración económica amplia de todos los costos y consecuencias de varios medios alternativos para satisfacer un fin definido. Su metodología se basa en los siguientes pasos:

-
- Marcar un objetivo u objetivos que se desean alcanzar.
 - Visualizar alternativas o conductos ("o sistemas") mediante los cuales se puede alcanzar el objetivo marcado.
 - Determinar los costos o recursos que requiere cada sistema .
 - Hacer un modelo o modelos matemáticos, por ejemplo el marco matemático o lógico o grupo de ecuaciones que muestran la interdependencia entre los objetivos, las técnicas y los conductos, el medio y los recursos.
 - Trazar un criterio que relacione los objetivos y los costos o recursos para elegir la alternativa óptima preferida.

1.1.3.3 LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS :

En términos generales un sistema puede ser descrito mediante ecuaciones que expresen la relación existente entre sus partes y desde cualquier condición en que se encuentre el sistema, se puede empezar a calcular la condición siguiente con el paso de un periodo de cálculo. En otras palabras, las ecuaciones describen la manera en que el sistema cambia y estos cambios van siendo acumulados periodo por periodo para revelar el patrón de comportamiento del sistema. Sin embargo, las ecuaciones no nos dicen por si solas como ir directamente a una condición futura distante sin primero calcular todas las etapas anteriores. A este proceso de obtener una solución paso por paso es conocido como simulación y al conjunto de ecuaciones o instrucciones para calcular los siguientes periodos son llamados "modelos de simulación" en donde el modelo de simulación es utilizado en lugar del sistema real. El valor de un modelo de simulación surge porque puede mostrar de manera rápida y económica la información útil acerca de la dinámica del comportamiento del sistema real que representa.

Esta técnica se utiliza principalmente con el fin de llevar a cabo experimentos utilizando a la computadora como herramienta de trabajo y la finalidad de estos experimentos es el obtener información útil para procesos de diseño o de Planeación principalmente.

A lo largo de este trabajo se profundizará más acerca de los conceptos, aplicaciones, modalidades de esta técnica y cuya base estructural es el enfoque de sistemas.

1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA SIMULACIÓN

Como punto de partida se tiene el surgimiento de la Simulación como una técnica alternativa que forma parte del conjunto de conocimientos de la Investigación de Operaciones que surge a partir de la década de los 40's.

Primeramente la Investigación de Operaciones se desarrolló a partir de situaciones presentadas durante la Segunda Guerra Mundial. Durante este periodo, la tecnología militar estuvo desarrollándose a un ritmo más rápido de lo que podía aprovechar efectivamente la técnica y estrategias militares. De hecho los estrategas militares británicos recurrieron a los científicos en busca de ayuda cuando comenzaron los ataques aéreos alemanes sobre la Gran Bretaña. Específicamente buscaban ayuda para incorporar el entonces nuevo radar a las tácticas y estrategias de la defensa aérea para lo cual varios pequeños equipos de científicos de todas las disciplinas y deseos de colaborar, trabajaron en esos problemas con gran éxito durante el periodo comprendido entre los años 1939 - 1940. El éxito de estas técnicas motivó a una mayor demanda de tales servicios y el uso de equipos científicos se extendió a los países aliados occidentales tales como E.U.A., Canadá y Francia.

Al término de la Segunda Guerra Mundial la Investigación de Operaciones sufrió varios cambios tanto en Inglaterra como en E.U.A. En la Gran Bretaña se redujeron los gastos de investigación en la defensa, esto permitió disponer de muchos analistas en Investigación de Operaciones que trabajaban en el campo militar precisamente cuando los administradores industriales confrontaban la necesidad de reconstruir un gran número de instalaciones manufactureras británicas dañadas por los bombardeos. Además después de que el Partido Laborista tomó el poder, comenzó la nacionalización de varias de las principales industrias básicas donde los ejecutivos de estas industrias en particular, solicitaron ayuda de los analistas que abandonaban las organizaciones militares y los contrataron. La hulla, el hierro, el acero, el transporte, los servicios y muchos otros tipos de industrias comenzaron a aplicar la Investigación de Operaciones Industrial.

En contraste con la situación prevaleciente en la Gran Bretaña, en los E.U.A. aumentó la investigación militar y la Investigación de Operaciones se expandió al final de la guerra. La mayoría de los analistas en Investigación de Operaciones con experiencia permanecieron en el servicio militar. Los ejecutivos industriales no solicitaron ayuda porque estaban volviendo al patrón usual de producción utilizado durante el tiempo de paz que no requería mayor reconstrucción de plantas ni de la nacionalización.

Es a partir de la Segunda Guerra Mundial en que aparecieron los avances científicos en el campo de la comunicación, control y computación los cuales produjeron la base tecnológica para la automatización; es decir, la máquina sustituyó al hombre como fuente de control. Al final de la década de 1940 comenzó una revolución cuando aparecieron en el mercado las computadoras electrónicas cuya utilización se difundió ampliamente y los ejecutivos carentes de preparación técnica, comenzaron a buscar ayuda para la selección y utilización de computadoras. La nueva búsqueda de asesoría se aceleró al estallar el conflicto coreano que creó amplias demandas para elevar la productividad en una gran parte de la industria estadounidense. De esta manera a partir de 1950, la industria empezó a absorber a algunos de los analistas en Investigación de Operaciones que gradualmente abandonaban el ejército.

La simulación, es una técnica de la Investigación de Operaciones que surge en 1940 cuando von Neuman y Ullman le dieron el nombre de análisis o método Monte Carlo, el cual primeramente fue aplicado a una técnica matemática que se usaba en aquel entonces para resolver ciertos problemas de protección nuclear que eran demasiado costosos o demasiado complicados para ser tratados analíticamente. El análisis Monte Carlo involucra la solución de un problema matemático, mediante la simulación de un proceso estocástico cuyos momentos o distribuciones de probabilidad satisfacen las relaciones matemáticas del problema probabilístico. Esta técnica está basada en la idea general de utilizar el muestreo para estimar el resultado deseado. El proceso de muestreo requiere que se describa el problema en estudio mediante una distribución de probabilidad adecuada de la cual se van tomando muestras.

Con el advenimiento de la computadora de gran velocidad, a principios de 1950, la simulación tomó otro significado, ya que surgió la posibilidad de experimentar con modelos matemáticos complejos que describen algún sistema de interés en una computadora. Por primera vez, los sociólogos encontraron que podrían realizar, así como los físicos, experimentos de laboratorio controlados; sin embargo, usaron para esto computadoras electrónicas en lugar de dispositivos como el reactor nuclear.

La marejada de adelantos en la aplicación del método Monte Carlo para solucionar problemas disminuyó a fines de la década de 1950 y principios de 1960. En su lugar se puso mayor interés al análisis de problemas prácticos complejos mediante el uso de la simulación de sistemas. La simulación y el método Monte Carlo están basados en la estimación de la salida de un sistema a través del muestreo. A este respecto, muchas ideas que se desarrollaron junto con el método Monte Carlo se utilizan directamente en la aplicación de la simulación de sistemas.

Entre estas ideas se cuentan con el uso de números aleatorios para obtener muestras de una distribución de probabilidad y también técnicas para reducir el tamaño de la muestra que se necesita para determinar el resultado deseado en forma confiable.

El éxito presente de la simulación en el modelado de sistemas muy complejos se apoya por completo en los impresionantes adelantos logrados en los recursos y en el poder de la computadora digital, de hecho la simulación generalmente requiere de operaciones que consumen mucho tiempo aunque su naturaleza sea simple.

1.3 DIFERENCIA ENTRE LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS Y LAS DE SIMULACIÓN

Los sistemas pueden ser descritos con base en términos de ecuaciones que indiquen como empezar desde una condición existente del sistema y a partir de esa condición poder calcular la condición que le seguiría en un breve periodo después. En otras palabras, las ecuaciones describirían los cambios del sistemas y como estos cambios son acumulados paso por paso para establecer un comportamiento del sistema. A este proceso que se realiza paso por paso representa la esencia de la simulación. Al conjunto de ecuaciones, que en realidad son instrucciones para calcular el siguiente periodo, es conocido como "modelo de simulación" el cual es utilizado en lugar del sistema real. El gran valor que tiene un modelo de simulación surge de la rapidez y economía para ofrecer información acerca de la dinámica del comportamiento del sistema.

Ha sido a partir de los últimos años en que la simulación ha recibido más atención ya que en años anteriores se hacía mas énfasis en resolver problemas u obtener el comportamiento de un sistema a través de técnicas analíticas. Dichas soluciones expresarían la condición del sistema en términos de cualquier instante futuro y en términos de pequeños intervalos de tiempo entre cálculos sucesivos. Así para los sistemas en los cuales sea posible obtener una solución analítica entonces uno puede sustituir cualquier valor particular del tiempo futuro y evaluar en ese instante la condición del sistema sin la necesidad de haber calculado antes sus condiciones anteriores. De hecho, su expresión matemática nos diría más acerca de la naturaleza de la respuesta del problema aún sin ningún cálculo numérico.

Para ejemplificar los conceptos que aquí se acaban de explicar, se procederá a resolver un problema Físico utilizando por un lado una solución analítica tal como se estudió en las materias de Dinámica y Dinámica de Sistemas Físicos y por otro lado mediante una solución aplicando simulación (Dinámica de Sistemas). Los principios, simbología y conceptos de la técnica de simulación que se van a utilizar aquí serán explicados en el Capítulo III de este trabajo sin embargo, el hecho de utilizar aquí tanto la técnica analítica como la de simulación es con el fin de poder ver las diferencias entre ambas técnicas, así como el comprender la esencia de cada una

1.3.1 PROBLEMA

Una esfera pequeña, de masa igual a 2 Kg, se suelta sobre la superficie de un líquido en reposo, contenido en un recipiente muy profundo.

La fricción que se genera entre la esfera y el líquido es de tipo viscoso, es decir, directamente proporcional a la velocidad de la esfera y cuyo valor es de 1.5 N.s / m.

- A) *¿ Crecerá indefinidamente la rapidez del móvil o presentará alguna velocidad terminal ?*
- B) *¿ Cuanto tiempo deberá pasar para que la esfera se sumerja quince metros, después de ser soltada ?*

1.3.1.1 SOLUCIÓN ANALÍTICA : A continuación se muestran las diferentes etapas que corresponden a la obtención de la solución analítica :

1.3.1.1.1 DATOS:

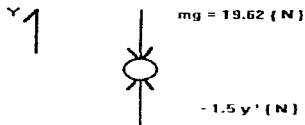
$$W = mg = 9.81 \cdot 2 = 19.62 \text{ (N)}$$

$$y(0) = 0 \text{ (m)} \quad \text{Posición inicial}$$

$$y'(0) = 0 \text{ (m/s)} \quad \text{Velocidad inicial}$$

$$\text{Fricción} = 1.5 \text{ y'}$$

1.3.1.1.2 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE: Este es el D.C.L. de la esfera en cualquier momento de su movimiento.



Donde y' es la componente de velocidad de la esfera realizando un movimiento rectilíneo, colineal al eje Y.

1.3.1.1.3 ANÁLISIS:

Partiendo de la segunda ley de Newton $F = m \cdot a$ y de la sumatoria de fuerzas sobre el eje Y se tiene: $F_y = m y''$

$$-19.62 + (-1.5 y') = 2 y''$$

Simplificando obtenemos la siguiente ecuación, la cual representa al movimiento de la esfera.

$$y'' + 0.75 y' = -9.81 \quad \{ \text{Ecuación Diferencial} \}$$

Resolviendo esta última expresión se obtiene la expresión matemática que nos representará la velocidad de la esfera en cualquier instante.

$$y' = 13.08 e^{-0.75 t} - 13.08 \quad \{ \text{m/s} \} \quad \text{Ecuación de velocidad} \quad (1)$$

Tomando en cuenta que $dx = v dt$ se procede a integrar con respecto al tiempo y haciendo uso de las condiciones iniciales se obtiene la expresión matemática que nos representará el desplazamiento de la esfera en cualquier instante.

$$y = -17.44 e^{-0.75 t} - 13.08 t + 17.44 \text{ { m } } \quad \text{Ecuación de Posición (2)}$$

1.3.1.1.4 RESPUESTAS:

A) Se obtiene el valor de la ecuación cuando el tiempo t tiende a infinito

$$y' = 0 - 13.08 = -13.08 \text{ { m / s } }$$

La velocidad terminal es de -13.08 m / s .

B) El tiempo que tiene que transcurrir para que la esfera recorra 15 metros es:

$$15 = -17.44 e^{-0.75 t} - 13.08 t + 17.44$$

$$-15.52 = -17.44 e^{-0.75 t} - 13.08 t$$

Esta expresión se cumple cuando el valor del tiempo $t = 2.23 \text{ { s } }$ así :

$$y = -17.44 e^{(-0.75)(2.23)} - (13.08)(2.23) + 17.44 = -15.003 \text{ { m } }$$

Con las ecuaciones de Velocidad (1) y de Posición (2) que se obtuvieron anteriormente se pueden calcular los valores para la siguiente tabla.

TIEMPO	VELOCIDAD { m / s }	POSICIÓN { m }
0	0.00	0.00
1	- 6.90	- 3.87
2	- 10.18	- 12.61
3	- 11.70	- 23.63
4	- 12.42	- 35.74
5	- 12.77	- 48.37
6	- 12.93	- 61.23
7	- 13.01	- 74.21
8	- 13.04	- 87.24
9	- 13.06	- 100.30
10	- 13.07	- 113.36

1.3.1.2 SOLUCIÓN POR LA TÉCNICA DE SIMULACIÓN :

La técnica de simulación que aquí se utiliza recibe el nombre de Dinámica de Sistemas y es a partir de esta técnica en donde se elaboró un modelo de simulación el cual se muestra a continuación y cuya simbología y principios es explicada y ampliada en el Capítulo IV de este trabajo, sin embargo la intención de entrar de lleno en una aplicación de simulación es el de resaltar las diferencias entre una técnica analítica y una técnica de simulación las cuales fueron mencionadas en el párrafo del punto 1.3

A continuación, en las siguientes páginas se muestran las siguientes etapas del proceso de simulación y cuyas explicaciones se encuentran a continuación.

1.3.1.2.1 MODELO DE SIMULACIÓN :

En este punto se muestra el modelo formado por una serie de símbolos donde cada una de estos representa una variable, o una constante, o una razón de cambio. De hecho cada uno de estos símbolos contiene intrínsecamente una relación matemática que define su relación entre ellos.

A continuación se mencionará las características de cada símbolo con el fin de ampliar la comprensión del modelo así como el de su funcionamiento :

- **ACELERACION** : Corresponde a una variable de tasa (razón de cambio), la cual nos indica cual es la aceleración a la que es sometida en cada instante.

$$\text{ACELERACION} = \text{DIFERENCIA_1}$$

- **DIFERENCIA_1** : Corresponde a una variable auxiliar y cuyo cálculo se realiza iterativamente cada periodo. Su valor depende de la constante PESO y del valor de la variable de nivel VELOCIDAD.

$$\text{DIFERENCIA_1} = -(\text{PESO} + 1.5 * \text{VELOCIDAD}) / (2.08)$$

- **PESO** : Corresponde a una constante es decir, su valor nunca cambia durante todo el proceso de simulación. Su valor es igual a la masa por la aceleración de la gravedad.

$$\text{PESO} = 19.62$$

- **DIFERENCIA_2** : Corresponde a una variable auxiliar y cuyo cálculo depende de la variable auxiliar DIFERENCIA_1 y de la variable de nivel VELOCIDAD.

$$\text{DIFERENCIA_2} = \text{DIFERENCIA_1} / 19 + \text{VELOCIDAD}$$

- **RECORRIDO** : Corresponde a una variable de tasa la cual nos muestra la razón a la cual el móvil va recorriendo distancia en cada instante.

$$\text{RECORRIDO} = \text{DIFERENCIA_2}$$

- **POSICION** : Corresponde a una variable de nivel que nos muestra la posición del móvil a partir del origen en cada instante.

$$\text{POSICION} = \text{Acumulación de la variable RECORRIDO}$$

- **VELOCIDAD** : Corresponde a una variable de nivel que nos muestra la velocidad del móvil en cada instante.

$$\text{VELOCIDAD} = \text{Acumulación de la variable ACELERACION}$$

En la parte superior de la siguiente página se muestra la representación gráfica del modelo de simulación, en la parte inferior se muestran las gráficas con los resultados de la corrida y en las tres páginas posteriores se muestra las tabulaciones de los resultados.

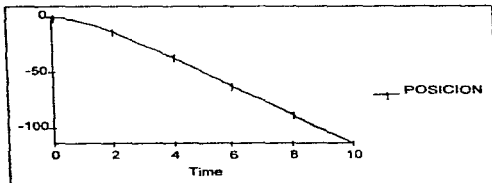
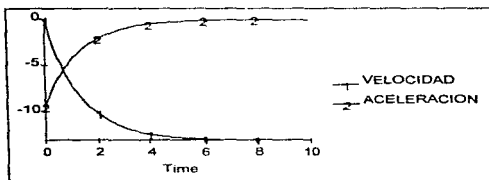
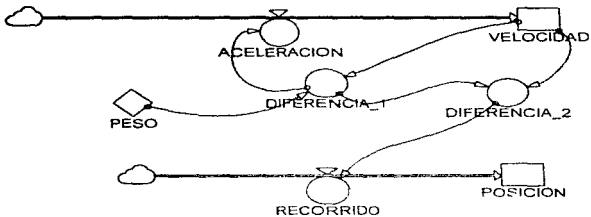


TABLA DE VALORES

Time	ACELERACION	VELOCIDAD	POSICION
0.0	-9.43	0.00	0.00
0.1	-8.75	-0.943	-0.0498
0.2	-8.12	-1.82	-0.19
0.3	-7.54	-2.63	-0.415
0.4	-6.99	-3.38	-0.717
0.5	-6.49	-4.08	-1.09
0.6	-6.02	-4.73	-1.54
0.7	-5.59	-5.33	-2.04
0.8	-5.16	-5.89	-2.60
0.9	-4.81	-6.41	-3.22
1.0	-4.46	-6.89	-3.89
1.1	-4.13	-7.34	-4.60
1.2	-3.84	-7.75	-5.35
1.3	-3.56	-8.14	-6.15
1.4	-3.31	-8.49	-6.98
1.5	-3.07	-8.82	-7.85
1.6	-2.85	-9.13	-8.75
1.7	-2.64	-9.42	-9.68
1.8	-2.45	-9.68	-10.63
1.9	-2.28	-9.93	-11.61
2.0	-2.11	-10.15	-12.62
2.1	-1.96	-10.36	-13.64
2.2	-1.82	-10.56	-14.69
2.3	-1.69	-10.74	-15.75
2.4	-1.56	-10.91	-16.84
2.5	-1.45	-11.07	-17.94
2.6	-1.35	-11.21	-19.05
2.7	-1.25	-11.35	-20.18
2.8	-1.16	-11.47	-21.32
2.9	-1.08	-11.59	-22.47
3.0	-0.999	-11.70	-23.64
3.1	-0.927	-11.79	-24.81
3.2	-0.865	-11.89	-26.00
3.3	-0.798	-11.97	-27.19
3.4	-0.74	-12.05	-28.39
3.5	-0.687	-12.13	-29.60
3.6	-0.637	-12.20	-30.82
3.7	-0.591	-12.26	-32.04
3.8	-0.549	-12.32	-33.27

TABLA DE VALORES (CONTINUACION)

Time	ACELERACION	VELOCIDAD	POSICION
3.8	-0.549	-12.32	-33.27
3.9	-0.509	-12.37	-34.50
4.0	-0.472	-12.42	-35.74
4.1	-0.438	-12.47	-36.99
4.2	-0.407	-12.52	-38.24
4.3	-0.377	-12.56	-39.49
4.4	-0.35	-12.59	-40.75
4.5	-0.325	-12.63	-42.01
4.6	-0.302	-12.66	-43.28
4.7	-0.28	-12.69	-44.54
4.8	-0.26	-12.72	-45.82
4.9	-0.241	-12.75	-47.09
5.0	-0.224	-12.77	-48.36
5.1	-0.207	-12.79	-49.64
5.2	-0.192	-12.81	-50.92
5.3	-0.179	-12.83	-52.21
5.4	-0.168	-12.85	-53.49
5.5	-0.154	-12.87	-54.78
5.6	-0.143	-12.88	-56.06
5.7	-0.132	-12.90	-57.35
5.8	-0.123	-12.91	-58.64
5.9	-0.114	-12.92	-59.93
6.0	-0.106	-12.93	-61.23
6.1	-0.0981	-12.94	-62.52
6.2	-0.091	-12.95	-63.82
6.3	-0.0845	-12.96	-65.11
6.4	-0.0784	-12.97	-66.41
6.5	-0.0727	-12.98	-67.71
6.6	-0.0675	-12.99	-69.00
6.7	-0.0626	-12.99	-70.30
6.8	-0.0581	-13.00	-71.60
6.9	-0.0539	-13.01	-72.90
7.0	-0.05	-13.01	-74.20
7.1	-0.0464	-13.02	-75.50
7.2	-0.0431	-13.02	-76.81
7.3	-0.04	-13.02	-78.11
7.4	-0.0371	-13.03	-79.41
7.5	-0.0344	-13.03	-80.71
7.6	-0.0319	-13.04	-82.02

TABLA DE VALORES (CONTINUACION)

Time	ACELERACION	VELOCIDAD	POSICION
7.6	-0.0319	-13.04	-82.02
7.7	-0.0296	-13.04	-83.32
7.8	-0.0275	-13.04	-84.63
7.9	-0.0255	-13.04	-85.93
8.0	-0.0237	-13.05	-87.23
8.1	-0.022	-13.05	-88.54
8.2	-0.0204	-13.05	-89.84
8.3	-0.0189	-13.05	-91.15
8.4	-0.0175	-13.06	-92.46
8.5	-0.0163	-13.06	-93.76
8.6	-0.0151	-13.06	-95.07
8.7	-0.014	-13.06	-96.37
8.8	-0.013	-13.06	-97.68
8.9	-0.0121	-13.06	-98.99
9.0	-0.0112	-13.06	-100.29
9.1	-0.0104	-13.07	-101.60
9.2	-0.00964	-13.07	-102.90
9.3	-0.00894	-13.07	-104.21
9.4	-0.0083	-13.07	-105.52
9.5	-0.0077	-13.07	-106.83
9.6	-0.00715	-13.07	-108.13
9.7	-0.00663	-13.07	-109.44
9.8	-0.00615	-13.07	-110.75
9.9	-0.00571	-13.07	-112.05
10.0	-0.0053	-13.07	-113.36

1.3.1.2.2 GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CORRIDA :

Aquí se muestran dos gráficas en las cuales se observa el valor a través del tiempo que toman las variables principales en estudio (aceleración y velocidad vs tiempo, posición vs. tiempo de la esfera en estudio). Es en este tipo de gráficas se aprecia la tendencia que toma cada una de las variables en el tiempo, aunque es difícil apreciar el valor exacto que van tomando cada una de ellas.

1.3.1.2.3 TABULACIONES :

Aquí se muestran tres páginas que contienen tablas en donde aparece el valor exacto que toma cada una de las variables de interés a través del tiempo, aunque es difícil apreciar la tendencia que toman estas variables.

Un punto muy importante a considerar con respecto a la solución analítica es el hecho de que cada segundo correspondiente a la solución analítica corresponde a 10 pasos dentro del proceso de simulación, de esta manera la tabla de los resultados de la solución analítica que consta de 10 unidades de tiempo {s}, corresponde a una tabla de 100 pasos dentro del proceso de simulación.

1.3.1.2.4 RESULTADOS :

Las respuestas a las preguntas del problema se infieren en forma directa con solo ver los parámetros de Velocidad y Posición que se encuentran en las tablas de valores en las tres páginas anteriores :

A) La velocidad terminal de la esfera se obtiene observando primeramente la tendencia del parámetro de velocidad en la gráfica que se encuentra justamente debajo del modelo de simulación en la cual se observa que la velocidad de la esfera tiende a una curva asintótica. Posteriormente viendo las tablas de valores se induce que la velocidad terminal de la esfera es de $- 13.07$ m/s.

B) A partir de las tablas de valores y observando el parámetro de Posición, se puede inferir que la esfera tardará entre 2.2 sec. y 2.3 sec. el recorrer los 15 m, resultado que es muy preciso para el propósito que se persigue en comparación con el método analítico.

1.3.1.2.5 CONCLUSIÓN:

Con el método analítico se puede conocer el estado del sistema sin la necesidad de realizar cálculos previos sin embargo, para problemas complejos generalmente se presentan ecuaciones complicadas de resolver y tal vez no validadas. Con la simulación se tiene que calcular todos los periodos previos y el modelo se puede ir ajustando de tal forma de obtener un modelo confiable.

1.4 ESTUDIO DE LOS SISTEMAS BAJO LA TÉCNICA DE SIMULACIÓN:

A continuación se presentan una serie de definiciones las cuales son muy usuales dentro del lenguaje sistémico y que nos ayudan a comprender mejor los conceptos relacionados con la simulación de sistemas, ya que estos conceptos son ampliamente utilizados para el modelado de sistemas por los paquetes de simulación.

1.4.1 DEFINICIONES:

SISTEMA: Se define como agregado o conjunto de objetos reunidos bajo alguna interacción o interdependencia regular. Esta definición incluye también a los sistemas estáticos, sin embargo el interés principal radica en los sistemas dinámicos donde las interacciones provocan cambios en el tiempo.

ENTIDAD: Es un objeto de interés dentro de un sistema.

ATRIBUTO: Este denota una propiedad de una entidad y desde luego, pueden haber muchos atributos para una entidad dada.

ACTIVIDAD: Es todo proceso que provoque cambios en el sistema en estudio.

ESTADO DEL SISTEMA: Este indica una descripción de todas las entidades, atributos y actividades de acuerdo con su existencia en algún punto del tiempo. El progreso del sistema se estudia siguiendo los cambios en el estado del sistema.

SIMULACIÓN: Es una técnica numérica que sirve para conducir experimentos en una computadora. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y

lógicas, las cuales pueden describir el comportamiento de sistemas empresariales, económicos, sociales, biológicos, físicos, químicos y también describen la estructura de problemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo.

SIMULACIÓN DE SISTEMAS: Es la técnica para resolver problemas siguiendo los cambios en el tiempo del modelo dinámico de un sistema. Esta definición es suficientemente amplia para que incluya el uso de modelos físicos dinámicos, en cuyo caso se evalúan las variables del modelo a través de mediciones físicas en vez de cálculos directos.

El cuadro siguiente muestra cuatro ejemplos de diferentes sistemas con sus respectivos atributos, entidades y actividades.

SISTEMA	ENTIDADES	ATRIBUTOS	ACTIVIDADES
BANCO FÁBRICA AEROPUERTO ATMÓSFERA	CLIENTES DEPARTAMENTOS AVIONES REGIONES	SALDOS PRODUCTOS PASAJEROS CONTAMINANTES	DEPÓSITOS PROCESOS DESPEGUES PRODUCCIÓN

Un paso importante en la modelación de sistemas es el establecer el límite entre el sistema y su medio ambiente. El criterio de éste depende del propósito del estudio que se requiera y por esta razón las actividades se clasifican de la siguiente forma:

ACTIVIDAD ENDÓGENA : Es toda actividad que ocurre dentro de un sistema en estudio.

ACTIVIDAD EXÓGENA : Es toda actividad que ocurre en el medio ambiente en que se desenvuelve el sistema.

Al sistema para el cual no existe por lo menos una actividad exógena se le conoce como un sistema cerrado en comparación con un sistema abierto que si tiene actividades exógenas.

ACTIVIDAD DETERMINISTA : Es aquella actividad en donde se puede describir completamente el resultado de su salida con base en la entrada que se haya suministrado.

1.3.1.2.5 **CONCLUSIÓN:**

Con el método analítico se puede conocer el estado del sistema sin la necesidad de realizar cálculos previos sin embargo, para problemas complejos generalmente se presentan ecuaciones complicadas de resolver y tal vez no validadas. Con la simulación se tiene que calcular todos los periodos previos y el modelo se puede ir ajustando de tal forma de obtener un modelo confiable.

1.4 ESTUDIO DE LOS SISTEMAS BAJO LA TÉCNICA DE SIMULACIÓN:

A continuación se presentan una serie de definiciones las cuales son muy usuales dentro del lenguaje sistémico y que nos ayudan a comprender mejor los conceptos relacionados con la simulación de sistemas, ya que estos conceptos son ampliamente utilizados para el modelado de sistemas por los paquetes de simulación

1.4.1 DEFINICIONES

SISTEMA: Se define como agregado o conjunto de objetos reunidos bajo alguna interacción o interdependencia regular. Esta definición incluye también a los sistemas estáticos, sin embargo el interés principal radica en los sistemas dinámicos donde las interacciones provocan cambios en el tiempo.

ENTIDAD: Es un objeto de interés dentro de un sistema.

ATRIBUTO: Este denota una propiedad de una entidad y desde luego, pueden haber muchos atributos para una entidad dada

ACTIVIDAD: Es todo proceso que provoque cambios en el sistema en estudio.

ESTADO DEL SISTEMA: Este indica una descripción de todas las entidades, atributos y actividades de acuerdo con su existencia en algún punto del tiempo. El progreso del sistema se estudia siguiendo los cambios en el estado del sistema.

SIMULACIÓN: Es una técnica numérica que sirve para conducir experimentos en una computadora. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y

lógicas, las cuales pueden describir el comportamiento de sistemas empresariales, económicos, sociales, biológicos, físicos, químicos y también describen la estructura de problemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo.

SIMULACIÓN DE SISTEMAS: Es la técnica para resolver problemas siguiendo los cambios en el tiempo del modelo dinámico de un sistema. Esta definición es suficientemente amplia para que incluya el uso de modelos físicos dinámicos, en cuyo caso se evalúan las variables del modelo a través de mediciones físicas en vez de cálculos directos.

El cuadro siguiente muestra cuatro ejemplos de diferentes sistemas con sus respectivos atributos, entidades y actividades.

SISTEMA	ENTIDADES	ATRIBUTOS	ACTIVIDADES
BANCO FÁBRICA AEROPUERTO ATMÓSFERA	CLIENTES DEPARTAMENTOS AVIONES REGIONES	SALDOS PRODUCTOS PASAJEROS CONTAMINANTES	DEPÓSITOS PROCESOS DESPEGUES PRODUCCIÓN

Un paso importante en la modelación de sistemas es el establecer el límite entre el sistema y su medio ambiente. El criterio de éste depende del propósito del estudio que se requiera y por esta razón las actividades se clasifican de la siguiente forma:

ACTIVIDAD ENDÓGENA : Es toda actividad que ocurre dentro de un sistema en estudio.

ACTIVIDAD EXÓGENA : Es toda actividad que ocurre en el medio ambiente en que se desenvuelve el sistema.

Al sistema para el cual no existe por lo menos una actividad exógena se le conoce como un sistema cerrado en comparación con un sistema abierto que si tiene actividades exógenas.

ACTIVIDAD DETERMINISTA : Es aquella actividad en donde se puede describir completamente el resultado de su salida con base en la entrada que se haya suministrado.

ACTIVIDAD ESTOCÁSTICA : Es aquella actividad cuyo carácter se puede medir y expresar en forma de una distribución de probabilidad. Si la ocurrencia de la actividad aleatoria es independiente del control del sistema, entonces se considera también como una actividad exógena.

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS:

De manera general los sistemas desde el punto de vista de la simulación se clasifican de la siguiente forma :

- Sistemas Discretos
- Sistemas Continuos

Dentro de los sistemas predomina un tipo de cambio que influye en el estado del sistema, por esta razón los sistemas se pueden clasificar como continuos cuando sus cambios son predominantemente suaves tal como podría ser el análisis de la concentración de contaminantes en la atmósfera. Por otro lado, los sistemas se clasifican como discretos cuando los cambios se presentan en forma discontinua. Por lo general, una descripción de un sistema continuo tiene la forma de ecuaciones continuas que muestran la manera en que los atributos del sistema cambian con el tiempo. Una descripción de un sistema discreto se refiere a los eventos que producen cambios en el estado del mismo. El estudio de los sistemas continuos a veces se simplifica considerando que los cambios ocurren como una serie de pasos discretos. Por ejemplo, generalmente los modelos de los sistemas económicos no siguen el flujo de dinero y de bienes de una manera continua de hecho consideran los cambios a intervalos regulares. Además con frecuencia se simplifica la descripción de los sistemas discretos. Considerando que los cambios ocurren continuamente por lo tanto, se da más importancia a la descripción del sistema que a su naturaleza.

1.4.3 CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LOS SISTEMAS

El análisis de los sistemas está enfocado a estudiar al sistema como un conjunto y no tanto en la concentración de alguna de sus partes. A partir de esto se ha observado que si se

optimiza cada elemento o subsistema desde el punto de vista de su diseño u operación, en realidad el desempeño puede no ser el óptimo debido a las interacciones entre sus partes. Debido a la creciente complejidad de los sistemas que se presentan hoy en día y a la necesidad de seguir adelante a pesar de esta complejidad, la necesidad de un pensamiento metodológico sobre los sistemas ha llegado a ser cada vez más importante. Todos los sistemas complejos tienen ciertas características que producen muchas de las fallas y frustraciones que experimentan al tratar de mejorar su desempeño, para lo cual se mencionan a continuación estas características:

1.4.3.1 CAMBIO : La condición presente o el estado de un sistema es el resultado integrado del pasado y la base para el futuro. Ningún sistema del mundo real permanece estático a través del tiempo, de hecho existen elementos que entran y salen del sistema aún durante su proceso de surgimiento o de finalización.

1.4.3.2 AMBIENTE : Cada sistema tiene su propio ambiente y es en realidad un subsistema de algún otro sistema más amplio. El ambiente de un sistema es un conjunto de elementos con sus atributos relevantes, aunque estos últimos no forman en sí parte del sistema. Así, el ambiente de un sistema consiste básicamente en todas aquellas variables externas que afectan su estado.

1.4.3.3 COMPORTAMIENTO CONTRAINTUITIVO . Al llevar a cabo un análisis superficial acerca de los sistemas complejos se notará la necesidad de implementar una acción correctiva, la cual es muchas veces poco efectiva y aún adversa en sus resultados. La causa y el efecto no están ligados mutuamente en el tiempo y espacio, de hecho, algunos síntomas pueden aparecer tiempo después de las causas primarias y a veces aún las soluciones obvias pueden intensificar un problema en lugar de resolverlo.

1.4.3.4 TENDENCIA HACIA UN BAJO DESEMPEÑO . Los sistemas complejos generalmente tienden hacia una condición de desempeño ineficiente conforme transcurre el tiempo.

1.4.3.5 INTERDEPENDENCIA : Ninguna actividad en un sistema complejo tiene lugar en un aislamiento total. Cada evento es influenciado por sus predecesores y afecta a sus sucesores. En resumen, las actividades del mundo real generalmente paralelas se influyen mutuamente.

1.4.3.6 ORGANIZACIÓN : En esencia todos los sistemas complejos consisten en elementos o componentes altamente organizados. Algunas partes se combinan dentro de una jerarquización de subsistemas, los cuales interactúan para llevar a cabo la función del sistema.

1.5 LOS MODELOS BAJO EL CONCEPTO DE SIMULACIÓN

1.5.1 DEFINICIONES :

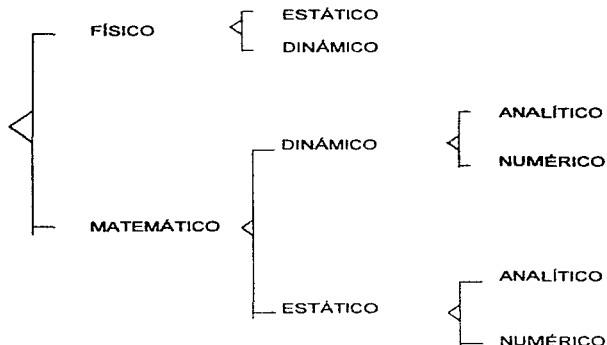
MODELO : Se define como la representación de un objeto, sistema o una idea. Su propósito es generalmente el de ayudar al analista a explicar, entender y mejorar un sistema.

La estructura de un modelo es un conjunto de información relativa a un sistema que se recaba con el fin de estudiarlo y así poder determinar la naturaleza de la información. Pueden existir varios modelos para representar un sistema y esto depende en mucho de la comprensión que tenga el analista acerca del sistema.

La función principal de un modelo es la de predecir y comparar para así poder pronosticar los resultados que surgen al tomar alguna acción alternativa y por supuesto para indicar la preferencia entre todas éstas. Por otro lado, la construcción de modelos otorga una información sistemática, eficiente y explícita para que expertos o personas que tomen decisiones puedan enfocar su juicio e intuición.

Una característica muy importante de la mente humana es que ésta se adapta muy bien para construir y usar modelos que pueden relacionar objetos e ideas. Pero la mente humana presenta fallas en sus análisis o abstracciones que surgen cuando se enfrenta a sistemas complejos porque debido a su naturaleza, la mente no puede construir e interpretar modelos dinámicos es decir, modelos que presenten consecutivamente cambios en los atributos de las entidades de los sistemas conforme pasa el tiempo.

1.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS :



1.5.2.1 MODELOS FÍSICOS: Estos representan el comportamiento del sistema que se estudia, en donde los atributos de las entidades del sistema se representan mediante medidas físicas como pueden ser un voltaje o la posición de un cuerpo en donde las actividades del sistema se reflejan en las leyes físicas que subyacen al modelo

1.5.2.2 MODELOS FÍSICOS ESTÁTICOS: Los mejores ejemplos de éstos son los modelos a escala que se utilizan en túneles de viento y tanques de agua para estudiar el diseño de aeronaves y naves acuáticas. Las leyes bien establecidas de la similitud permiten realizar deducciones exactas relativas al comportamiento de un sistema a escala natural a partir del modelo a escala. Dentro de esta clasificación entran también los modelos de las estructuras moleculares formados a partir de esferas que representan a los átomos y varillas que representan sus enlaces atómicos.

1.5.2.3 MODELOS FÍSICOS DINÁMICOS: A diferencia de los modelos físicos estáticos es que los modelos físicos dinámicos se apoyan en un sistema análogo de naturaleza distinta y no en que guarde su similitud con el sistema real. Un ejemplo de este tipo de modelo puede ser un sistema masa, resorte y amortiguador, el cual puede representar de una manera precisa la suspensión del neumático de un automóvil.

1.5.2.4 MODELOS MATEMÁTICOS : Estos tipos de modelos muestran las relaciones entre los atributos del sistema y sus entidades las cuales se representan mediante funciones matemáticas que interrelacionan variables.

1.5.2.5 MODELO MATEMÁTICO ESTÁTICO: Este despliega las relaciones entre los atributos del sistema cuando éste se encuentra equilibrado. Si se cambia el punto de equilibrio alterando uno o más valores de todos los atributos, el modelo permite deducir los nuevos valores de todos los atributos, pero no muestra la manera en que se llegó a estos nuevos valores.

Dependiendo de la naturaleza del modelo, es posible resolverlo analíticamente o puede ser necesario resolverlo numéricamente. Un ejemplo de esto puede ser un modelo econométrico como el que se muestra a continuación:

C = CONSUMO

T = IMPUESTOS

I = INVERSIÓN

Y = INGRESO NACIONAL

G = GASTO GUBERNAMENTAL

$$C = 20 + 0.7(Y - T)$$

$$I = 2 + 0.1Y$$

$$T = C + I + G$$

Donde todas las cantidades están expresadas en cientos de millones de pesos. Puesto que hay cuatro ecuaciones con cinco variables, si se da una cantidad cualquiera, es posible resolver analíticamente las ecuaciones para obtener el valor de las otras cantidades. Por otra parte, si el problema es encontrar los niveles de gasto gubernamental "G" y las tasas de interés "T" que maximicen el ingreso nacional "Y", es necesario resolver numéricamente el problema.

1.5.2.6 MODELO MATEMÁTICO DINÁMICO : Un aspecto muy importante de un modelo dinámico es el que permite deducir los cambios del sistema en función del tiempo. Esto significa que las variables características de un modelo aparecen acompañadas de la variable tiempo. Dependiendo de la complejidad del modelo, la deducción puede hacerse con una solución analítica o con un cómputo numérico, así los modelos matemáticos dinámicos que se pueden resolver analíticamente y que dan por resultados prácticos no son muy comunes de hecho es más frecuente que tengan que resolverse mediante métodos numéricos, donde la simulación es uno de los tantos métodos que existen.

Un modelo estático representa a un sistema en un punto en particular sobre el tiempo, un modelo dinámico representa a un sistema que cambia en el tiempo, un ejemplo de esto es el régimen de trabajo en una fábrica.

1.5.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MODELOS :

1.5.3.1 LINEALIDAD : Esta es una característica de los modelos que representan a los sistemas, ya que estos pueden ser de naturaleza lineal o no lineal.

En un sistema lineal, los efectos externos en el sistema son puramente aditivos, como ejemplo se tiene que en la representación lineal de una línea de producción en una fábrica donde al duplicar la tasa de órdenes de trabajo un 100 %, producirá exactamente, diez veces más los cambios que ocurren cuando la tasa se eleva solo 10 %, en dicho modelo la fuerza de trabajo, el equipo y los materiales harían cada uno su propia contribución para satisfacer la tasa de producción independientemente del estado de los otros dos, lo que significaría por ejemplo, que la fuerza de trabajo y el equipo podrían producir un producto aún si no hay materiales. Por este motivo los modelos lineales son solo adecuados para trabajos en ciencias físicas ya que estos fallan al tratar de representar características esenciales de los fenómenos industriales y sociales.

Salvo en algunas excepciones, el análisis matemático es incapaz de obtener soluciones generales a sistemas no lineales, como consecuencia los modelos lineales son utilizados para aproximar fenómenos que no son lineales, sin embargo los métodos de simulación pueden obtener soluciones particulares tanto para sistemas lineales como no lineales.

1.5.3.2 ESTABILIDAD : En los modelos dinámicos que se presentan cambios en sus condiciones también se subdividen en estables e inestables, de la misma manera los sistemas reales se pueden caracterizar por ser estable o inestables.

Un sistema estable es aquel que tiende a regresar a sus condiciones iniciales una vez que ha sido perturbado de hecho, éste puede excederse y oscilar pero las perturbaciones declinan hasta suprimirse.

En un sistema inestable que comienza en reposo, al someterse a una perturbación inicial ésta es amplificada provocando que crezca y con esto las oscilaciones cuya amplitud se va incrementando. Un sistema no lineal que es inestable bajo condiciones normales puede presentar fluctuaciones que crecen hasta que se presentan influencias tales como escasez de fuerza de producción, capacidad de producción o disponibilidad de mano de obra, es en este punto cuando se puede considerar que se ha alcanzado una amplitud estable del pico y valle.

En sistemas económicos se ve claramente como los niveles superiores de actividad están limitados por recursos y los niveles inferiores están caracterizados por cero actividad, este tipo de comportamiento también se presentan en sistemas industriales.

1.5.3.3 TIPO DE RESPUESTA : Los modelos pueden también ser clasificados en base a su comportamiento que puede ser de estado estable o transitorio.

Un patrón de estado estable es aquel que es repetitivo en el tiempo en el cual el comportamiento en un periodo es de la misma naturaleza que en cualquier periodo.

El comportamiento transitorio describe aquellos cambios donde el carácter del sistema cambia con el tiempo. Un sistema que presenta crecimiento mostrará un comportamiento transitorio. Las respuestas transitorias son un fenómeno de una sola ocurrencia y que no puede repetir. Muchos de los problemas relacionados con la administración tiene un carácter transitorio sobre todo cuando se presenta un crecimiento en la compañía, cuando se construye una nueva planta o simplemente cuando se presenta un desarrollo del mercado.

1.6 ETAPAS QUE CONFORMAN UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN :

1.6.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA :

Todo estudio debe comenzar con una definición del problema. Si la definición del problema es dada al analista de sistemas, entonces es muy importante que éste lo comprenda claramente y totalmente.

En el caso en que la definición del problema sea desarrollada por el analista mismo, entonces será muy importante que los encargados de desarrollar políticas comprendan y estén de acuerdo con la formulación.

1.6.2 OBTENCIÓN DE LOS OBJETIVOS Y EL PLAN COMPLETO DEL PROYECTO :

Los objetivos de la simulación nos indicarán las preguntas que deberán ser contestadas. En este punto donde se debe tomar la decisión de utilizar o no técnicas de simulación para el problema formulado y los objetivos establecidos, una vez que se ha optado por el uso de la simulación, se debe proceder con la elaboración del plan del proyecto el cual debe de contener una definición de los sistemas a ser considerados y un método para evaluar la efectividad de estas alternativas, debe incluir los planes para el estudio y el número de días requeridos para completar cada fase del trabajo con resultados anticipados al final de cada etapa.

1.6.3 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO :

La construcción de un modelo comprende un tanto ciencia así como un tanto de arte. El arte de modelar es fortalecido por la habilidad de abstraer las características esenciales de un problema, para seleccionar y modificar suposiciones básicas que caractericen el sistema y así poder enriquecer y elaborar el modelo hasta que se logre obtener una aproximación útil, por esta razón es conveniente comenzar con un modelo simple el cual pueda irse complicando poco a poco hasta el nivel que sea necesario.

1.6.4 RECOLECCIÓN DE DATOS :

Existe siempre una relación estrecha entre la construcción de un modelo y la recolección de datos de entrada, de hecho conforme cambie la complejidad del modelo, también los elementos de datos cambiarán. En realidad son los objetivos del estudio los que marcarán en groso modo el tipo de datos que se necesitan y son estos mismos datos los que se utilizarán para validar un modelo de simulación.

1.6.5 CODIFICACIÓN : En esta etapa será necesario el elegir el tipo de lenguaje a utilizar el cual puede ser de propósito general o de propósito especial. Un lenguaje de propósito general requiere más tiempo para su desarrollo sin embargo, su ejecución en la computadora es mucho más veloz que si se hiciera en un lenguaje de propósito especial.

1.6.6 VERIFICACIÓN :

Consiste básicamente en preparar al programa para el modelo de simulación en la computadora y ver si su desempeño es correcto.

1.6.7 VALIDACIÓN :

Consiste básicamente en cotejar que el modelo sea una representación precisa del sistema real. La validación se logra a través de la calibración del modelo, de un proceso iterativo de comparar el modelo con el comportamiento real del sistema y utilizando las discrepancias entre ambos para así poder mejorar el modelo, así este proceso es repetido hasta que se juzgue correcta la precisión del modelo.

1.6.8 DISEÑO EXPERIMENTAL :

Las alternativas que van a ser simuladas deben ser determinadas, comúnmente la decisión acerca de que las alternativas de simular pueden estar en función de las corridas que han sido completadas y analizadas. Para cada diseño de simulación, las decisiones necesitan ser hechas tomando en cuenta el tiempo de inicialización del periodo, la duración de las corridas y el número de respuestas por cada corrida.

1.6.9 REALIZACIÓN DE LAS CORRIDAS Y ANÁLISIS

La realización de corridas y sus subsecuentes análisis, son utilizados como índices de desempeño de los sistemas que son simulados.

1.6.10 NÚMERO DE CORRIDAS :

A partir de las corridas del punto anterior, el analista debe determinar si necesita más corridas adicionales así como el diseño que deben seguir los experimentos adicionales.

1.6.11 DOCUMENTAR EL PROGRAMA Y LOS RESULTADOS DE LOS REPORTE :

La utilidad de documentar un programa surge cuando el programa va a ser utilizado de nuevo por el mismo o por diferentes usuarios, esto es necesario para entender como trabaja el programa, esto le dará al programa confianza de tal modo que los usuarios y los encargados de diseñar políticas de acción, podrán tomar decisiones basadas en el análisis.

También si el programa va a ser modificado, esto se puede hacer por el mismo analista o por otro diferente sin mayor problema. Otra buena razón para documentar un modelo es que los usuarios pueden cambiar los parámetros del modelo para determinar las relaciones entre los parámetros de entrada y los índices de desempeño de la salida, o determinar los parámetros de entrada con el fin de optimizar algún índice de salida.

Con respecto a los resultados de los análisis, éstos deben ser reportados en forma clara y concisa, esto permitirá a los usuarios el revisar la formulación final, los sistemas alternativos, el criterio bajo el cual fueron comparadas las alternativas, los resultados de los experimentos y la solución recomendada al problema.

1.6.12 IMPLEMENTACIÓN :

El éxito de la fase de implementación depende de como se realizaron las once etapas descritas anteriormente, más aún, se tendrán mejores logros si las personas encargadas de tomar decisiones estuvieron bien involucradas en el desarrollo del sistema, ya que así podrán comprender mejor la naturaleza del modelo y sus resultados.

BIBLIOGRAFÍA:

- Simulación de sistemas, Geoffrey Gordon, ed. Diana
- Systems Simulation, Robert E. Shanon ed. Prentice Hall
- Discrete-Event system simulation, W.J. Fabrycky, ed. Prentice Hall
- Systems Engineering Management, James A. Lacy, ed. Mc Graw Hill
- Técnicas de simulación en computadoras, Naylor, Limusa
- Investigación de Operaciones, Ackoff
- El Enfoque de Sistemas en la Solución de Problemas, la Elaboración del Modelo Conceptual, Arturo Fuentes Zenón, Facultad de ingeniería.
- Pensamiento de Sistemas, Práctica de sistemas, Peter Checkland, ed. Noriega

CAPÍTULO II

LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA SIMULACIÓN Y SUS CAMPOS DE APLICACIÓN

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS LENGUAJES :

En este capítulo se analizarán las distintas técnicas de simulación que existen, así como las características de los principales lenguajes de simulación que hay en el mercado. Por último se mencionarán los casos más comunes en las que se ha hecho uso de la simulación con el fin de resolver problemas.

2.1.1 PANORAMA DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE SIMULACIÓN :

Actualmente en el sentido más general, existen tres técnicas de simulación por computadora dependiendo del tipo de máquina en la que se lleve a cabo (hardware). Así, la simulación puede realizarse en computadoras de tipo digital, analógicas y más recientemente en computadoras híbridas.

En términos generales las computadoras analógicas representan las variables de un problema por medio de cantidades físicas que se generan o controlan fácilmente, tales como los voltajes eléctricos y desarrolla una solución mediante operaciones simultáneas. Por el contrario, las computadoras digitales realizan el procesamiento en forma secuencial. Esto da por resultado una considerable velocidad de procesamiento en la computadora analógica, en particular cuando el modelo consta de ecuaciones de difícil resolución a través de métodos numéricos como en el caso de las ecuaciones diferenciales.

Por otra parte, la computadora digital es capaz de una precisión y un alcance dinámico mucho mayores, debido a su habilidad para contar, efectuar operaciones lógicas, efectuar cálculos aritméticos de punto flotante y utilizar palabras de larga longitud.

Por último, la atractiva posibilidad de combinar la velocidad de la computadora analógica, con la precisión y control de la computadora digital, ha dado como resultado el surgimiento de los métodos híbridos.

Para los propósitos de este trabajo, se enfocará hacia las técnicas de simulación digital, debido a que son las computadoras digitales las que más comúnmente encontramos en los centros de trabajo. A su vez la simulación digital desde el punto de vista del funcionamiento del programa (software), se divide en simulación discreta y en simulación continua, ambos son aplicados con un enfoque hacia sistemas discretos y continuos

respectivamente cuyas definiciones y explicaciones se encuentran en el Capítulo I del presente trabajo.

Un caso particular de los métodos híbridos son los simuladores para adiestramiento. El caso más conocido de un simulador para adiestramiento es el destinado a capacitar pilotos de diferentes tipos de aviones. Sin embargo, existen muchas aplicaciones de simuladores para adiestramiento : para operadores de instalaciones industriales de alto riesgo (plantas nucleares, plantas termoeléctricas y petroquímicas), de vehículos de transporte (de trenes urbanos, trenes suburbanos de alta velocidad), etc.

En un simulador de tipo híbrido para adiestramiento se combinan relaciones analógicas que permiten una traducción inmediata de las señales de los controles con otras rutinas de tipo digital en donde se determinan diferentes alternativas de acción.

Una particularidad de un simulador para adiestramiento es la necesidad de obtener respuestas en tiempo real debido a que tienen que representar, de manera inmediata, el comportamiento del fenómeno o sistema modelado.

Por el contrario, existe una amplia variedad de sistemas que no requieren una respuesta inmediata y que además, el modelo correspondiente no reviste el nivel de complejidad de un simulador para adiestramiento. Es en estos casos cuando la simulación digital presenta una mayor aplicación.

Asimismo, existen diversos lenguajes de simulación de tipo digital que pueden ser utilizados para modelar fenómenos reales. Estos lenguajes se pueden dividir en dos grandes grupos que son los lenguajes de propósito general y los lenguajes de propósito específico, cuyas características se mencionarán posteriormente.

Para los propósitos de este trabajo, se enfocará hacia las técnicas de tipo digital debido a que son las computadoras digitales las que más comúnmente encontramos en la vida diaria.

2.1.2 TIPOS DE SIMULACIÓN DIGITAL :

Como ya se había mencionado anteriormente, existen básicamente dos tipos de simulación digital que son la continua y la discreta, obviamente esto está de acuerdo a si el sistema es continuo o discreto, sin embargo es importante hacer notar estas características para poder elegir el lenguaje de simulación a utilizar ya que algunos de estos solo trabajan simulación discreta o simulación continua y algunos otros pueden trabajar con ambos.

La simulación continua se lleva a cabo al tratar con sistemas continuos los cuales se caracterizan porque sus actividades predominantes provocan cambios suaves en los atributos de las entidades de los mismos además en estos sistemas las relaciones describen las tasas a las que cambian los atributos, de manera que el modelo consiste en un conjunto de ecuaciones diferenciales.

Los modelos más simples de ecuaciones diferenciales corresponden a un conjunto de ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes, en estos casos es posible resolver el modelo sin utilizar la simulación sin embargo, cuando las ecuaciones no son lineales, con frecuencia es muy difícil o imposible resolver el modelo de manera analítica y es aquí donde puede entrar la simulación como una técnica alternativa.

Se pueden considerar dos puntos de vista generales acerca de como se identifiquen los eventos discretos. En uno de los puntos de vista, al que se refiere como orientado a la partícula o basado en el material, la atención se centra en las entidades del sistema y se considera a la simulación como la tarea de seguir los cambios al sistema conforme las actividades pasan de actividad en actividad. En este caso se considera a los tiempos en que ocurren los cambios en el sistema, es decir, cambios en los atributos de las entidades. En el otro punto de vista, el que se refiere como orientado al evento o basado en la máquina, la atención se centra en las actividades conforme se aplica a distintas entidades.

2.1.3 CARACTERÍSTICAS COMUNES EN LOS LENGUAJES PARA SIMULACIÓN :

A diferencia de cualquier lenguaje de programación, los lenguajes diseñados específicamente para llevar a cabo simulaciones por computadora proporcionan las siguientes características :

- Reducen la tarea de programación.
- Proporcionan una guía conceptual.
- Ayudan a definir las clases de entidades dentro del sistema.
- Proporcionan flexibilidad de cambios.
- Suministran un medio de diferenciación entre entidades de la misma clase mediante características o propiedades.
- Describen la relación de las entidades entre si y con su ambiente común.
- Ajustan el número de entidades conforme varían las condiciones dentro del sistema.

Así los lenguajes de simulación en términos generales requieren de ciertas funciones que los diferencian de un lenguaje de programación general entre las cuales destacan las siguientes características:

-
- Tienen la capacidad de crear números aleatorios.
 - Tienen la capacidad de crear variables aleatorias.
 - Pueden variar el tiempo, ya sea por unidad fija o hasta que ocurra el evento.
 - Pueden registrar datos de salida.
 - Pueden efectuar análisis estadísticos sobre datos registrados.
 - Pueden arreglar salidas dando el formato que se requiera.
 - Pueden detectar e informar inconcistencias lógicas al igual que otras condiciones de error.
 - Llaman a subrutinas para que ajusten las variables de estado, como resultado del evento.

2.1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS LENGUAJES PARA SIMULACIÓN DIGITAL :

Como ya se había mencionado anteriormente, los lenguajes para simulación digital se clasifican en lenguajes de propósito general y en lenguajes de propósito especial. A continuación se mencionarán las características principales, así como las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

2.1.4.1 Lenguajes de Propósito General : Son lenguajes que poseen la flexibilidad de poder ser aplicados a una gran variedad de aplicaciones en donde el programador puede diseñar de manera personal un modelo de simulación para la aplicación que persiga.

Ventajas :

- Número mínimo de restricciones impuestas al formato de salida.
- Se cuenta generalmente con un conocimiento amplio del lenguaje.

Desventajas :

- El tiempo de programación es mucho más largo

2.1.4.2 Lenguajes de Propósito Especial : Son lenguajes diseñados para ser utilizados en aplicaciones muy precisas como en el caso de los lenguajes enfocados a flujo de materiales, a procesos industriales, a estudio de colas, etc. Por el otro lado, existen los paquetes de software que en muchos casos ya contienen el modelo de simulación de fábrica con alguna aplicación en específico en donde el usuario solo tiene que alimentar al modelo con la información que éste le va pidiendo, como en el caso del software utilizado en simuladores de vuelo, en estudios ambientales en donde se calacule la concentración de contaminantes en un medio, análisis de circuitos electrónicos, etc.

Ventajas :

- Requieren menos tiempo de programación debido a que contienen módulos y comandos que simplifican la elaboración de un modelo o simplemente basta con introducir la información que nos pide.
- Proporcionan técnicas de comprobación de errores superiores a aquellas provistas en los lenguajes de propósito general.
- Ofrece un medio conciso y directo para expresar los conceptos que surgen en un estudio de simulación.
- Tiene la habilidad de construir y proporcionar las subrutinas del usuario que se requieren como parte de cualquier rutina de simulación.
- Genera automáticamente ciertos datos que se necesitan en las corridas de la simulación.
- Facilita la recopilación y el despliegue de los datos producidos.
- Controla la administración y la asignación del almacenamiento de la computadora durante la corrida de la simulación.

Desventajas :

- Deben apearse a los requerimientos del formato de salida del lenguaje.
- La flexibilidad es reducida en los modelos y el tiempo de corrida de la computadora es más amplio.

2.1.5 MECANISMOS DE VARIACIÓN DEL TIEMPO DE LOS LENGUAJES DE SIMULACIÓN :

El método de cronometraje utilizado por un lenguaje, es uno de los factores importantes a considerar para diseñar un modelo, así como para escoger el lenguaje a utilizar.

El cronometraje en una simulación tiene dos funciones que son :

La de adelantar el tiempo o actualizar el estado de tiempo del sistema y el de proporcionar una sincronización de los varios elementos y ocurrencia de los eventos.

Debido a que las acciones de cada elemento dependen del estado así como de las acciones de otros elementos, éstas deben coordinarse o sincronizarse a tiempo. Por lo tanto, el modelo debe diseñarse para moverse en el tiempo simulado, produciendo que los eventos ocurran en el orden adecuado y con los intervalos adecuados entre los eventos sucesivos.

Existen básicamente dos mecanismos para el cronometraje, que son el método de incremento de tiempo fijo y el método de incremento variable o del siguiente evento.

El método de incremento fijo actualiza el tiempo dentro del sistema en intervalos de tiempo predeterminados, de longitud fija, (la simulación camina a través del tiempo a un ritmo fijo). Por otra parte, el método de incremento de tiempo variable o del siguiente evento actualiza el tiempo en el momento en que ocurre cada uno de los eventos significativos, independientemente del paso del tiempo entre los eventos. (la simulación camina a través del tiempo sobre los eventos).

Obviamente estos dos métodos de cronometraje se encuentran estrechamente ligados con los conceptos que ya se habían explicado en el capítulo anterior de simulación continua y de simulación discreta

2.1.6 CARACTERÍSTICAS DESEABLES DEL SOFTWARE PARA SIMULACIÓN :

2.1.6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES :

2.1.6.1.1 Facilidad de Modelado : Esta es quizás la característica más importante para un paquete de simulación. Si el paquete no tiene la capacidad para la aplicación que se persigue, entonces el sistema debe de aproximarse dando por resultado un modelo con validez desconocida. Las entidades deben tener atributos generales, los cuales pueden ser apropiadamente cambiadas. Esta capacidad está generalmente presente en los lenguajes de simulación de propósito general.

2.1.6.1.2 Facilidad de Desarrollo : Esta es otra característica importante debido al corto plazo de estructuración con que se cuenta para realizar la mayoría de los proyectos. La precisión y velocidad del proceso de modelado será mayor si el paquete cuenta con ayudas de compilación, tales como un checador de errores de entrada y un menú de ayuda.

2.1.6.1.3 Máximo Tamaño del Modelo : Este es un factor muy importante cuando el modelo va a ser corrido en una microcomputadora.

2.1.6.1.4 Rápida velocidad de ejecución del modelo : Este punto es importante cuando se van a utilizar modelos muy grandes y que se requieren correr en una microcomputadora.

También es deseable para un paquete de simulación el que sea manejable para varios tipos de computadora [microcomputadoras, workstation, mainframe] y a la vez que el software sea compatible en todos estos tipos de computadoras.

2.1.6.2 ANIMACIÓN :

En una animación, elementos claves del sistema como pueden ser máquinas y partes, son representados en una pantalla por iconos que cambian de forma, color, posición cuando hay un cambio de estado en la simulación. De esta forma un sistema puede ser apreciado gráficamente y observar como va cambiando con el transcurso del tiempo. La mayoría de los paquetes de simulación con animación operan de un modo concurrente, es decir que la animación se realiza conforme se lleva a cabo la simulación. Existen otros paquetes donde la animación se realiza una vez que ya se llevó a cabo todo el proceso de simulación.

La popularidad de la animación proviene de la capacidad para comunicar la esencia del modelo de simulación. Sobre todo a las personas claves de un proyecto que en muchas ocasiones carecen de conocimientos sobre esta disciplina y que a través de la animación se incrementa fuertemente la credibilidad del modelo.

Otros beneficios de la animación pueden ser :

- Compilación de un programa de simulación.
- Muestra si un modelo es o no válido.
- Sugiere procedimientos operacionales mejorados.
- Se comprende el comportamiento dinámico del sistema.

Por otro lado, la animación tiene ciertas desventajas, una en particular es que no es un sustituto para un análisis estadístico de los datos de salida de la simulación. Así, uno puede concluir que un sistema está bien definido solo observando por un corto periodo.

2.1.6.3 CAPACIDADES ESTADÍSTICAS :

Partiendo de que la mayoría de los sistemas del mundo real exhiben alguna clase de comportamiento aleatorio, por lo tanto, es importante que un paquete de simulación contenga buenas capacidades estadísticas. En general, cada fuente de aleatoriedad del sistema [por ejemplo los Intervalos de tiempo, los tiempos de servicio, los tiempos de

operación de las máquinas] debe ser modelado por una distribución de probabilidad. Un paquete de simulación debe contener una gran variedad de distribuciones estandarizadas tales como la Gama, Exponencial, Normal, Triangular, etc. Así como el poder utilizar dichas distribuciones basadas en datos observados en un sistema y que a la vez debe contener un generador aleatorio de múltiples rutas para facilitar la comparación de alternativas de diseño de sistemas.

2.1.6.4 APOYO AL CLIENTE :

La mayoría de los usuarios de software para simulación requieren de algún nivel de ayuda por parte del distribuidor. El vendedor de software debe presentar seminarios públicos en el uso del software así como ofrecer el soporte técnico para problemas específicos del modelado con el que se llegue a enfrentar el usuario.

2.1.6.5 REPORTES DE SALIDA :

Un paquete de simulación debe ofrecer un ahorro de tiempo en los reportes estandarizados para estadísticas de desempeño de ocurrencias [utilizaciones, tamaño de colas, retardos y de procesos de producción], pero también deben permitir la elaboración de reportes personalizados de una manera sencilla. Generalmente los reportes estandarizados no se ajustan a las necesidades de la alta dirección, por lo que es necesario obtener una presentación de calidad y con representaciones gráficas que sean más amigables para su comprensión.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS LENGUAJES DE SIMULACIÓN MAS COMUNES :

2.2.1 GPSS (GENERAL PURPOSE SIMULATION SYSTEM) :

Es un lenguaje de simulación orientado a los procesos, el cual fue desarrollado por Geoffrey Gordon en la IBM y cuya versión más reciente es el GPSS V el cual tiene un enfoque hacia la teoría de colas. Sin embargo, este lenguaje ha sido sustituido por el GPSS / H el cual es en promedio cinco veces más rápido que el GPSS V. Además contiene una serie de características que lo vuelven más potente tales como un reloj de evaluación real, la capacidad de leer y escribir archivos externos, el de ofrecer reportes personalizados, contar con declaraciones de control mejoradas, contar con funciones matemáticas y tener un número ilimitado de rutinas para generar números aleatorios a partir de distribuciones de probabilidad. Cuenta con un paquete de animación [PROOF] que tiene la cualidad de cambiar de una vista en el plano a una perspectiva isométrica.

El GPSS / H contiene más de sesenta instrucciones estandarizadas, muchas de las cuales contienen una representación pictográfica.

La forma en que se construye un modelo consiste en combinar un conjunto de bloques estandarizados dentro de un diagrama de bloques que representa la ruta tomada por la entidad típica conforme ésta progresa a través del sistema. Una vez construido el diagrama de bloques del modelo, éste es traducido por el usuario en un conjunto correspondiente de declaraciones o instrucciones para ejecutarlo en la computadora. De cualquier forma el diagrama de bloques por si solo puede ser útil para explicar la naturaleza del modelo a cualquier persona que no esté muy familiarizado con este lenguaje.

2.2.2 SIMAN / CINEMA IV :

Este es un lenguaje de simulación en el cual uno puede construir un modelo orientado a procesos o a eventos o a una combinación de ambos. En la realidad la mayoría de los modelos de simulación son desarrollados usando una orientación a los procesos. Las decisiones lógicas muy complicadas, las cuales son inconvenientes en un acercamiento a los procesos, pueden ser codificadas en rutinas de eventos y luego ser llamadas desde el modelo del proceso.

La primera versión del SIMAN fue desarrollado por Denis Pegden en 1982 y distribuido por Systems Modeling Corporation. Este lenguaje ganó una rápida aceptación debido a que fue el primer lenguaje de simulación de gran capacidad que entró en el mercado para ser utilizado en microcomputadoras y también debido a sus características especiales para manufactura, estaciones de trabajo, transportadores, bandas y vehículos de guía automatizada. Todo esto viene acompañado de una animación de gran calidad.

En este lenguaje el modelo de simulación del proceso es partido en dos estructuras una que es la estructura de experimentación y la otra que es la estructura del modelo. La estructura de experimentación es almacenada en distintos archivos. En la estructura del modelo, los elementos del modelado llamados bloques, son utilizados para describir la lógica a través de las cuales las entidades del modelo y los recursos interactúan dinámicamente. Cada bloque tiene una representación pictográfica y estos símbolos pueden combinarse dentro de un diagrama de tipo top-down, el cual describe gráficamente el diagrama de flujo de las entidades a través del sistema.

En la estructura experimental se utilizan estructuras de modelado llamadas elementos las cuales se utilizan para especificar los valores particulares de parámetros para la corrida de la simulación.

El procesador de salida SIMAN permite al usuario realizar ciertos procedimientos estadísticos tales como intervalos de confianza y pruebas de hipótesis en los datos de salida producidos por las corridas de simulación desde el mismo o diferentes configuraciones del sistema. Adicionalmente, puede ser usado para producir presentaciones gráficas de gran calidad como lo son los histogramas, gráficas de barras, etc. Este paquete se encuentran disponible para la mayor parte de tipos de computadoras.

2.2.3 SIMSCRIPT II.5 :

Es un lenguaje orientado a procesos y a eventos, el cual fue desarrollado por Harry Markowitz en la Rand Corporation y que actualmente es distribuido por la CACI Products Company.

El SIMSCRIPT II.5 es en realidad un lenguaje de programación general que tiene la capacidad para construir modelos de simulación de eventos discretos, continuos o combinados, también tiene la ventaja de manejar rutinas en FORTRAN, además de que su forma de programar es muy similar al del inglés escrito lo que hace que sus programas sean muy sencillos de leer y comprender. Gracias a su forma de manejar los procesos a sus sofisticadas estructuras de datos y a sus sentencias generales de control, el SIMSCRIPT II.5 está disponible para microcomputadoras, estaciones de trabajo y mainframes. La versión para PC viene acompañada de un paquete llamado SIMLAB el cual es un ambiente de programación interactivo y multiáreas para facilitar así el uso de este lenguaje.

Las versiones para microcomputadoras y estaciones de trabajo incluyen el SIMGRAPHICS el cual es un paquete de animación y de gráficas que puede ser utilizado tanto para producir gráficas estáticas y dinámicas de gran calidad tales como lo son los histogramas, gráficas de pastel, de barras y medidores de nivel.

Los elementos de modelado más importantes que maneja son las entidades de proceso, los recursos y conjuntos. Una entidad de procesos fluye a través de su proceso correspondiente y puede tener atributos.

Para construir un modelo de simulación en el SIMSCRIPT II.5 el analista debe de escribir un preámbulo, un programa principal y una rutina de proceso correspondiente a cada proceso. El preámbulo no contiene ninguna sentencia ejecutable y es utilizado para definir la simulación y las salidas estadísticas que se deseen. El programa SIMSCRIPT II.5 es donde realmente comienza el programa y es esta rutina donde se leen los parámetros de entrada para la simulación y donde se especifica el número disponible de unidades para cada evento.

2.2.4 SLAM II (Simulation Language for Alternative Modeling)

Este es un lenguaje de simulación donde se puede construir un modelo orientado a procesos, orientado a eventos u orientado hacia ambos. En este lenguaje las decisiones lógicas complicadas son codificadas en rutinas de eventos y luego son mandadas llamar desde el proceso del modelo.

El SLAM II fue desarrollado por Dennis Pegden y Alan Pritsker en la Pristker Corporation.

La construcción de un modelo de un proceso comienza comunmente cuando el analista desarrolla una red gráfica de un sistema. Este diagrama es construido combinando un conjunto de símbolos estandarizados llamados nodos y ramas dentro de una red interconectada que representa el flujo de una entidad a través de los procesos correspondientes. Un nodo puede corresponder por ejemplo a un criterio de entidad o de una cola, mientras la rama puede representar el paso del tiempo. Posteriormente el modelo del sistema es traducido en un conjunto de sentencias de programa para ser ejecutadas en la computadora. El programa podría codificarse también sin el uso de la red de una manera directa.

El SLAM II está disponible para toda clase de computadoras, pero no incluye animación al menos que se utilice el SLAMSYSTEM el cual es una versión del SLAM II que está integrado con el Microsoft Windows el cual proporciona animación, gráficas y un ambiente amigable de trabajo.

El SLAM II está también disponible para estaciones de trabajo, minicomputadoras y mainframes, el cual contiene integrado una base de datos para las entradas y salidas del modelo además con una extensión para el manejo de materiales que permite simular vehículos guiados automáticamente, grúas y almacenaje automatizado.

2.2.5 DYNAMO :

Este lenguaje corresponde a una clasificación de simulación conocida como Dinámica de Sistemas cuya teoría y conceptos básicos se encuentran en el capítulo IV de este trabajo.

A continuación, debido a que los dos últimos capítulos de este trabajo están enfocados hacia la Dinámica de Sistemas, se mencionarán brevemente las características principales de los lenguajes más conocidos actualmente en el mercado en este tipo de Simulación.

2.2.5.1 DYNAMO : Este fué el primer lenguaje de simulación enfocado a la Dinámica de Sistemas, de hecho por un largo periodo este lenguaje fué conocido como el sinónimo de la Dinámica de Sistemas. Originalmente fué desarrollado por Jack Pugh en el M.I.T. Actualmente el Dynamo puede correr en cualquier PC bajo ambiente Windows. Contiene un ambiente para el desarrollo de modelos dinámicos basados en ecuaciones.

Pugh - Roberts Associates
41 William Linskey Way
Cambridge MA 02142

2.2.5.2 Stella / Ithink . Este lenguaje fué desarrollado originalmente para máquinas Macintosh en 1984. Fué provista de un ambiente gráfico para el desarrollo de modelos a través de un menú que contiene toda la simbología utilizada por la Dinámica de Sistemas. Por otro lado el Ithink es un lenguaje muy similar al Stella, la única diferencia es que éste se encuentra enfocado hacia aplicaciones de tipo administrativas mientras el Stella es de uso más científico.

High Performance Systems
45 Lyme Road Suite 300
Hanover NH 03755

2.2.5.3 Powersim : Este lenguaje tuvo su origen a mediados de la década de los 80's gracias a un proyecto llevado a cabo por el gobierno de Noruega para introducir la enseñanza de la Dinámica de Sistemas en la educación secundaria. Posteriormente fué desarrollado para ambiente Windows y su ventaja radica en su facilidad de desarrollar sistemas demostrativos así como sistemas de tipo didáctico.

POWERSIM AS
PO Box 206, Knarvik Senter
5100 Isdalstoe, Norway

2.2.5.4 Vensim : Este lenguaje fué desarrollado a mediados de los 80's aunque apareció en el mercado en 1992. Tiene la ventaja de que cuenta con ambiente de modelado que puede deducir un modelo dinámico a partir de un diagrama causal. (Modelado por moléculas).

2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS APLICACIONES DE LA SIMULACIÓN MÁS COMUNES :

2.3.1 APLICACIONES A NIVEL INDUSTRIAL ENFOCADAS AL ÁREA DE MANUFACTURA

2.3.1.1 APLICACIÓN ENFOCADA HACIA SISTEMAS PRODUCTIVOS:

Desde el punto de vista de la simulación, un sistema productivo se define por dos elementos básicos que son los objetivos del sistema por un lado y las características de ese sistema por otro lado.

Los objetivos a su vez pueden ser de tipo primario en donde se pueden considerar tiempos del sistema, tiempo entre emisiones, trabajo en proceso. Por otro lado los objetivos pueden ser de tipo secundario en donde se consideran atrasos y utilización de recursos

Las características del sistema pueden ser elementos como los que se enuncian a continuación :

- **Parámetros del sistema :** Aquí se consideran factores tales como llegadas, salidas, servicios y productos.
- **Características Físicas :** Aquí se consideran recursos en general.
- **Control Operacional :** Aquí se consideran almacenamientos.
- **Flujo de Materiales :** Aquí se considera todo lo relacionado con el manejo de materiales.

A partir de estas características del sistema y de sus objetivos se pueden desarrollar experimentos de simulación que se enfoquen a cualquiera de las siguientes actividades :

- A) Flujo de materiales.
- B) Estudio de tiempos y movimientos.
- C) Estudios de ensamble.
- D) Actividades donde los trabajos requieran múltiples recursos.
- E) Actividades que utilicen transportes por etapas.
- F) Estudios de producción en base a la confiabilidad de las máquinas con que se cuenten.

Todas estas actividades a su vez pueden ser estudiadas bajo diferentes regímenes de trabajo que pueden ser :

- A) Congestión alta : Cuando las máquinas tienen un uso mayor al 80 %.
- B) Congestión media : Cuando las máquinas tienen un uso entre el 60 % y 80 %.
- C) Congestión baja : Cuando todas las máquinas se utilizan a menos del 60 %.

Por último se pueden utilizar dentro del modelo una serie de índices o indicadores auxiliares de productividad los cuales nos permitan evaluar a cada momento la situación de nuestro sistema en estudio.

2.3.1.2 EVALUACIÓN DE EFECTOS POR LA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN PLANTAS MANUFACTURERAS

Esta aplicación se enfoca a evaluar los efectos que se producen al variar prácticas de operación e incorporar procesos y equipo modernos en una planta ya existente que utiliza una tecnología rudimentaria y que maneje tamaños de lotes variables.

La simulación puede ser una herramienta efectiva en estos casos ya que puede cuantificar de manera económica y efectiva las ventajas y el costo de aplicar varias alternativas sin tener que interrumpir la operación de la planta evitando así costos innecesarios. En este tipo de experimentos, la simulación puede arrojar o revelar información importante acerca de la operación cotidiana de la planta, sin embargo la simulación requiere de algunas inversiones en tecnología y el personal especializado que no esté directamente relacionado con la producción, lo cual no siempre está al alcance de las empresas.

Estos estudios se pueden realizar analizando dos recursos que son el equipo y la mano de obra y ya en forma más detallada se analiza la siguiente información :

- A) Tamaño del lote y tasa de llegadas.
- B) Tiempo de proceso.
- C) Costo del equipo.
- D) Número de trabajadores.
- E) Tasa de rechazo.
- F) Tiempo de preparación.
- G) Tiempo para el manejo de materiales.
- H) Tiempo medio entre fallas.
- I) Costos del personal.
- J) Número de máquinas.

Los diferentes tipos de experimentos que se pueden llevar a cabo son :

- A) Determinar la capacidad de la planta.
- B) Maximizar la manufactura de productos a partir de la fuerza de trabajo existente.
- C) Implementar tecnologías avanzadas de manufactura.
- D) Balancear la línea de producción .
- E) Determinación de condiciones viables para la automatización.

2.3.1.3 APLICACIÓN ENFOCADA AL ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ALMACENES :

Una actividad de gran importancia dentro del campo de la Planeación es el determinar los requisitos físicos tales como el espacio, la altura, el ancho, el número de naves, la asignación de almacén, los requisitos de espacios y el tipo de almacenamiento de materias primas y de productos dentro de las empresas

En la actualidad existen básicamente tres disciplinas alternativas de asignación para el almacenamiento que son las siguientes

- A) Aleatoria.
- B) Dedicada.
- C) Mixta

El almacenamiento aleatorio minimiza los requisitos de espacio, mientras que el almacenamiento dedicado maximiza el movimiento de los materiales almacenados, la combinación de estas dos técnicas depende de las características del movimiento de los productos almacenados, de las necesidades de espacio y del compromiso que tenga la dirección para implantar este tipo de técnicas

El desarrollo de un modelo de simulación para este tipo de estudios se puede elaborar en base a un estudio con gran flexibilidad el cual nos permita investigar las ventajas y desventajas de utilizar diferentes técnicas de asignación de almacenamiento y sus efectos en el desempeño del sistema.

La información de entrada que debe manejar el modelo se puede clasificar en cuatro categorías :

- Se accesa el sistema de información acerca de las especificaciones físicas del sistema en estudio tales como las dimensiones de la estructura de almacenamiento o las características de operación de las máquinas de carga.

-
- **Clasificación de los artículos que conforman el inventario y el porcentaje de apertura asignado a cada grupo.**
 - **Obtener el conjunto de datos que determinan el nivel de actividad para cada categoría de los tiempos de inventario, donde la actividad se puede expresar en % y donde se represente también el nivel de entradas por unidad de tiempo.**
 - **Los porcentajes de tiempo que las máquinas llevan a cabo la entrada y la salida de materiales.**

Así, contando con un modelo de simulación que considere todos los puntos anteriores, se podrá realizar una evaluación confiable y amplia que nos permita evaluar al sistema.

2.3.1.4 APLICACIÓN ENFOCADA A INVENTARIOS :

En general se admite que existe un problema de inventarios cuando es necesario tener almacenado un conjunto de recursos útiles en algún periodo de tiempo, con el propósito de satisfacer unas determinadas necesidades. Las empresas almacenan diversas existencias, tales como materias primas, piezas en espera de un montaje final, material de oficina así como artículos elaborados para la venta. Estas necesidades se pueden tener cubiertas acumulando una gran cantidad de existencias, lo que conduce a tener inmovilizado cierto capital.

Los factores a controlar en un modelo de inventario son :

- **Momento en el que se decide realizar un nuevo pedido**
- **Cantidad a pedir en cada reabastecimiento.**

El objetivo principal de un estudio de inventarios es el minimizar el costo total el cual está representado por los siguientes factores :

- **Costo de la compra de existencias.**
- **Costo del pedido y recepción.**
- **Costo del mantenimiento del inventario.**
- **Costo de la falta de existencias.**

El procedimiento de simulación de un modelo de inventario consistirá en que una vez fijado el punto de pedido y una cantidad pedida en cada reabastecimiento, se debe simular el modelo para un periodo determinado de tiempo y calcular el costo total.

Posteriormente, se hace variar el punto de pedido y la cantidad pedida en cada reabastecimiento y de esta forma se analizan los costes en función tanto del punto de pedido como de la cantidad pedida en cada reabastecimiento.

2.3.2 APLICACIONES ENFOCADAS A FENÓMENOS DE ESPERA :

2.3.2.1 APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN EN EL ANÁLISIS DE REDES PERT :

La aplicación de la simulación en las redes PERT tienen como fin el alertar a los encargados de un proyecto de todos los impedimentos o problemas potenciales que pudieran sucitarse. La simulación se utiliza aquí como una herramienta de apoyo para los paquetes comerciales de software que resuelven o analizan redes, ya que estos paquetes resuelven estas redes desde un punto de vista estático y por lo tanto generan estimadores estáticos.

Así un procedimiento más completo de un análisis PERT está constituido de los siguientes pasos :

- A) Modelado de la red PERT.
- B) Simulación de la red del proyecto.
- C) Decisiones basadas en la simulación y sus salidas.
- D) Análisis estadístico basado en las salidas de la simulación.

La simulación puede desarrollar un análisis del tipo ¿Que pasaría si...? dentro de los proyectos mediante la incorporación de tiempos estimados probabilísticamente de las diferentes actividades y de las restricciones de recursos.

Los programas de simulación que se generan deben diseñarse con el fin de ser utilizados como una herramienta para ayudar a la toma de decisiones para la gente encargada de la Planeación del proyecto además de generar mejores estimadores del PERT.

2.3.2.2 APLICACIÓN A FENÓMENOS DE ESPERA .

Esta es una de las aplicaciones más frecuentes dentro de la simulación, la cual se refiere al estudio de fenómenos en los que se involucren colas y los cuales están basados en los siguientes fenómenos :

- A) Forma como llegan los clientes al punto de servicio, donde la palabra del cliente abarca a cualquier objeto que espere su turno para hacer uso del recurso. El tipo de llegada puede ser determinístico o aleatorio
- B) Forma en que se realiza el servicio, el cual también puede ser tanto determinístico como aleatorio y se relaciona con el tiempo que tarda el servidor en complementar un servicio.
- C) Modo de elegir a los clientes de la fila de espera de servicio, el cual puede ser de tipo LIFO o FIFO.

Los parámetros más importantes a analizar son :

- La longitud de la cola en diversos tiempos.
- El tiempo que el cliente se pasa esperando en el sistema.
- El tiempo que el servidor está inactivo.

El modelo de simulación bajo esta aplicación puede simular las llegadas de clientes a un servidor en base a muestreos estadísticos y donde el programa de simulación pueda manejar diferentes distribuciones que represente o se acerquen al sistema real.

2.3.3 APLICACIÓN A NIVEL GERENCIAL

2.3.3.1 APLICACIÓN A FINANZAS Y ECONOMÍA ENFOCADA A LAS EMPRESAS :

Esta es una aplicación de gran utilidad sobre todo para las micros y pequeñas empresas, donde la simulación es utilizada para evaluar alternativas de estrategias de administración la cual es una tarea difícil y que requiere bastante tiempo para su evaluación, así los administradores pueden emplear criterios en conflicto tales como el rendimiento de la inversión, sobrevivencia de la compañía, análisis de riesgos y análisis de impuestos. A partir de los puntos anteriores se puede crear un modelo que pueda integrar toda la información proveniente de varias fuentes y monitorear el comportamiento del sistema en base a criterios relevantes del desempeño tales como lo son los riesgos económicos, los financieros, implicaciones de los impuestos en las diferentes estrategias de administración, política gubernamental y condiciones macroeconómicas.

Un modelo de este tipo puede evaluar los efectos probables de diferentes prácticas administrativas, provisiones de impuestos y condiciones económicas en el rendimiento, esto se logra haciendo que el modelo simule a la empresa en múltiples horizontes de planeación que pueden ir desde 2 hasta 10 años utilizando la información final de cada año para iniciar las variables financieras del siguiente año.

Los experimentos pueden abarcar operaciones tales como lo son la producción, las ventas, pago de deudas, depreciación de equipo y reemplazo, pago de costos variables y fijos, cálculo de impuestos y pago de mano de obra y administración.

Para estos experimentos se utiliza como índice de desempeño el valor presente neto después de impuestos para cada alternativa, el pago de impuestos, los pronósticos económicos, riesgo de la empresa y estrategias de administración. Por último puede utilizarse diferentes tasas de descuento en cada año para la evaluación del proyecto.

2.3.3.2 APLICACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES A NIVEL GERENCIAL :

Desde sus orígenes el Proceso Administrativo fué dividido por el francés Henry Fayol en las siguientes cinco etapas :

Planeación, Organización, Dirección, Coordinación y Control.

De manera general las decisiones a nivel gerencial que se presentan más frecuentemente se pueden concentrar principalmente en tres campos o niveles que son la Planeación, el Control Administrativo y el Control Operacional.

La Planeación es el proceso de elaborar planes con base en los objetivos de una organización con el fin de guiar futuras decisiones tomando en cuenta los recursos necesarios para alcanzar esos objetivos.

El Control Administrativo es un proceso mediante el cual los administradores aseguran que los recursos requeridos sean obtenidos y utilizados efectiva y eficientemente de acuerdo a los objetivos de la organización.

El Control Operacional es el proceso para asegurar que tareas específicas sean llevadas a cabo eficiente y efectivamente. Partiendo de esto se puede desarrollar un modelo de simulación que vaya enfocado hacia alguna de las siguientes tareas.

A) PLANEACIÓN :

- Diseño de nuevos procesos.
- Diseño de nuevas políticas.
- Diseño de nuevos sistemas.
- Determinación del efecto de diferentes prioridades.
- Predicción de niveles de producción.
- Determinación de recursos requeridos.
- Estimación de costo de diferentes alternativas.

B) CONTROL ADMINISTRATIVO :

- Determinación para mejorar el Throughput.
- Pronóstico del efecto de cambios en las capacidades de recursos.
- Determinación del efecto retardador en las materias primas.
- Determinación del efecto de un cambio en la demanda.
- Pronósticos de fallas en equipo de producción.
- Determinación de la eficiencia del sistema.

C) CONTROL OPERACIONAL :

- Determinación de la capacidad.
- Determinación de los cuellos de botella.
- Programación de trabajos.
- Determinación de requerimientos operacionales.
- Determinación de tasas críticas de operación.
- Evaluación de inventarios en proceso.
- Programación de recursos.

THROUGHPUT : *Indice que determina la rapidez con la cual la materia prima es transformada en producto terminado.*

BIBLIOGRAFÍA :**Simulación de sistemas, Robert Shannon,****Fundamentals of Management, Donnelly Gibson, BPI IRWIN**

CAPÍTULO III

EL PROCESO DE MODELACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN :

En el capítulo I se mencionaron los conceptos básicos concernientes a los modelos comenzando desde su definición, su clasificación, así como de las características generales que contiene un modelo.

En este capítulo se mencionarán los conceptos más importantes a considerar cuando un analista desea realizar un modelo de simulación con el fin de facilitar la elaboración del mismo, así como el establecer una metodología que permita al analista el obtener un modelo lo más válido posible con el fin de poder obtener resultados y conclusiones lo más cercanas a la realidad del problema o situación que se analiza.

3.2 LOS MODELOS VISTOS COMO UNA ABSTRACCIÓN DE LA MENTE HUMANA :

Un modelo es un sustituto de un objeto o sistema, el cual puede presentarse de muchas maneras y puede servir para varios propósitos. En realidad son los modelos de naturaleza abstracta los que se presentan más frecuentemente en nuestra vida cotidiana, ya que cualquier grupo de reglas y relaciones que describan algo es un modelo de ese algo. Así, bajo este contexto todo nuestro pensamiento se basa en modelos.

Nuestros procesos mentales utilizan conceptos los cuales manipulamos de tal forma para convertirlos en nuevos arreglos. En la realidad estos conceptos no conforman el sistema real solo lo representan. Los conceptos mentales son abstracciones basadas en nuestra experiencia. Esta experiencia ha sido filtrada y modificada por nuestra percepción individual y por nuestros procesos de organización para producir nuestros modelos mentales propios que representen el mundo a nuestro alrededor.

La mente humana se adapta muy bien para construir y usar modelos de fenómenos simples que puedan relacionar objetos en el espacio, de la misma manera la mente es excelente para manipular modelos que asocien palabras e ideas, pero en el caso de la modelación de fenómenos complejos, la mente tiende a fallar sobre todo cuando se enfrenta con este tipo de sistemas complejos, ya que la mente humana no es adecuada para construir e interpretar modelos que presenten cambios en el tiempo en los atributos de las identidades que conforman al sistema en estudio.

Muchas de estas complicaciones en los modelos de sistemas complejos pueden superarse convirtiendo esos modelos representaciones que contengan relaciones explícitas en forma de diagramas de flujo y ecuaciones.

Así un modelo se presenta en nuestra mente bajo las siguientes características:

- Nuestros modelos mentales son definidos de una manera deformada, usualmente manejamos muchos modelos que sirven para varios propósitos mientras que los objetivos que pretendemos no están claros. Por esta razón mantenemos cambiando el contenido de un modelo mental sin darnos cuenta que lo hacemos así. Cambiamos las suposiciones, la interpretación de las observaciones en la vida real, pero el hecho es que a veces estos cambios no se dan con sincronismo, lo que puede provocar un alto grado de contradicción interna.
- Las suposiciones o la manera como se generó el modelo mental no están claramente identificadas.
- No es sencillo el poder comunicar o transmitir el modelo a otras personas

En el caso de la simulación matemática, los modelos que se forman incluyen imágenes mentales, descripciones literarias, reglas de comportamiento así como códigos.

A continuación se mencionan los criterios básicos para determinar la utilidad de un modelo :

- La validez y utilidad de un modelo dinámico se debe juzgar no a partir de su perfección imaginaria, si no a partir de la comparación con los modelos mentales y descriptivos que se utilizarían en su lugar.
- Por su claridad de estructura que pueda representar un sistema complejo el cual sea muy difícil de explicar en forma verbal.

Por la certidumbre con la cual muestran una correcta variación en el tiempo.

3.3 PANORAMA GENERAL DEL PROCESO DE MODELADO :

Durante el proceso que se sigue para convertir nuestro conocimiento acerca de un sistema a un modelo matemático que represente a ese sistema, se deben realizar las siguientes cuatro tareas :

-
- A). Especificar el propósito del modelo.
 - B). Especificar los componentes que constituyen al sistema.
 - C). Especificar los parámetros y variables asociados con los componentes.
 - D). Especificar la relación funcional entre los componentes, parámetros y variables.

Las operaciones de diseñar un modelo, validarlo, diseñar experimentos y obtener conclusiones de los experimentos realizados, se encuentran estrechamente ligados al propósito mismo del modelo. De hecho, no se debe construir un modelo sin tener un objetivo experimental en mente. Desafortunadamente, el modelador no siempre comprende lo suficientemente bien el problema del mundo real desde el principio del estudio como para poder formular preguntas precisas acerca del sistema con anticipación. Por esta razón, el modelo debe contar con una estructura abierta para que de esta manera las preguntas que surgan como resultado de los primeros resultados de los experimentos puedan ser contestadas.

Una vez que se ha especificado el objetivo y propósito para el cual el modelo va a ser construido, se continúa por identificar los componentes pertinentes. Este proceso vincula todos los componentes del sistema que contribuyen a la efectividad o ineffectividad de su operación. Así, una vez complementada la lista de los componentes, éstas deberán ir incluidas en el modelo.

Una consideración pertinente para decidir que componentes incluir y cuales no incluir, es el hacerse la pregunta : ¿Cuántas variables van a ser incluidas en el modelo ?. En general, no se tiene mucha dificultad para determinar cuales serán las variables de tipo endógeno y cuales serán las de tipo exógeno. De hecho, si el trabajo de especificar las metas y propósitos del estudio se ha realizado en forma correcta, entonces las variables exógenas resultan casi ser obvias. La dificultad surge al determinar qué variables de entrada y de estado producen los efectos observados y cuales pueden ser manipuladas para producir los efectos deseados.

Una vez que se ha decidido qué componentes y variables serán incluidas en el modelo, entonces se debe de proceder a determinar las relaciones funcionales entre ellas y los valores de los parámetros que serán utilizados. Es en este punto donde llegan a surgir algunos problemas. El primero es el que sería muy difícil y a veces casi imposible el cuantificar o medir ciertas variables que son importantes para el comportamiento del

sistema. El segundo es que las relaciones entre componentes y variables podrían no estar disponibles o quizás ni siquiera existir en la forma en que se requieren.

Al intentar modelar componentes o elementos individuales de un sistema complejo, entonces uno podría enfrentarse con varios tipos de problemas los cuales se pueden clasificar como problemas directos e indirectos, por ejemplo :



Partiendo del diagrama que se muestra arriba, se nota que existen tres entidades distintas que son de interés, la entrada, el sistema y la respuesta. Para modelar este componente, se deben tener disponible o asumir algún conocimiento acerca de dos o tres entidades. Si se conocen las ecuaciones que describen el comportamiento del sistema dinámico, entonces el problema directo es encontrar la respuesta del sistema dada cierta entrada. Esto representa la situación más idealista para un modelo. Las ecuaciones pudieron haberse basado en una investigación previa acerca de sistemas similares. También el problema podría presentarse de la siguiente forma :

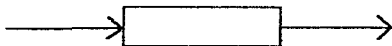
Dada la descripción de un sistema y de su respuesta, encontrar la entrada que lo causó. En este caso si, las ecuaciones que describen el sistema son conocidas y una respuesta deseada es especificada, entonces el problema de encontrar las entradas requeridas para producir dicha respuesta se maneja bajo la categoría de problemas de control.

El problema más difícil surge cuando dado un conjunto de entradas y sus correspondientes salidas del sistema, se tenga que obtener la descripción matemática del sistema. Dicho problema es conocido como problema de recuperación de estructura. La dificultad de las expresiones matemáticas surge al tratar de explicar la relación de entrada y salida, por ejemplo:

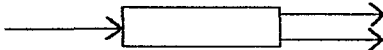
Supongamos que se ha alimentado al sistema con los siguientes números enteros .. 1,2,3,4,5,6,7,8 en este mismo orden y la respuesta o salida del mismo es .. 2,4,6,8,10,12,14 y 18 entonces sería razonable pensar en la siguiente hipótesis: Dado n como entrada, su salida será $2n$. Sin embargo, los datos originales podrían encajar muy bien en la siguiente fórmula : $2n + (n-1)(n-2)(n-3)(n-4)(n-5)(n-6)$, pero esta fórmula predecirá la siguiente secuencia 2, 4, 6, 8, 10, 12, 734, 5056 los cuales difieren mucho en las dos últimas cifras si se tomara en cuenta la primera relación.

En general, los componentes del sistema convierten las entradas en salidas y éstos pueden ser de tres tipos :

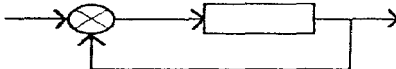
A). Elementos de transformación, donde una o más entradas son operadas con base en una forma prescrita y transformada en una o más salidas.



B). Elementos de salida, donde una o más entradas son separadas en dos o más salidas diferentes.



C). Elementos de retroalimentación, donde la entrada es modificada de alguna manera a partir de la función de salida.



Dependiendo del propósito del modelo se podría estar interesado en la naturaleza específica de la operación de los componentes o se podría solamente estar interesado en la cantidad de tiempo que le toma al componente llevar a cabo la operación. El proceso de conversión puede ser determinístico o estocástico. Para poder proceder con la identificación de la estructura o la naturaleza de este proceso de conversión para cada componente, se necesita contar con un conocimiento a priori acerca del sistema y sus componentes. La experiencia en la construcción de modelos indica que ciertos patrones o modelos son frecuentemente utilizados por el modelador o analista, entre los cuales destacan las siguientes situaciones :

- A). La estructura del sistema es lo suficientemente bien conocido o es tan simple y transparente que ésta puede ser comprendida por inspección y/o discusión con aquellas personas que diseñaron u operan el sistema.
- B). La estructura del sistema no es aparente pero parece ser análoga a algunas descripciones teóricas existentes.
- C). La estructura del sistema no es aparente y puede ser inferida a través de un análisis estadístico de datos que describen la operación del sistema. El contar con un conocimiento del papel que tienen las variables es importante para conocer el desempeño de un sistema.
- D). No es posible separar los efectos de variables individuales a través de un análisis de los datos existentes, por lo que se tendrá que recurrir a la experimentación.
- E). No existe ningún dato y no es posible experimentar directamente en el sistema.

3.4 TÉCNICAS UTILIZADAS EN EL MODELADO :

Uno de los problemas más difíciles que enfrenta el analista en simulación es el de tratar de determinar si un modelo de simulación representa al sistema real en estudio es decir, determinar si el modelo es válido ya que si no lo es las conclusiones derivadas a partir de éste serán erróneas.

3.4.1 DEFINICIONES :

- **VERIFICACIÓN** : Consiste en determinar si un programa o modelo de simulación en computadora trabaja tal como se pretende. Así la verificación analiza la traducción del modelo de simulación conceptual dentro de un programa de trabajo correcto, aunque la verificación representa un concepto muy simple, el llegar a depurar un modelo de simulación grande representa una tarea ardua y difícil.

- **VALIDACIÓN** : Este proceso se encarga de determinar si el modelo de simulación conceptual es una representación precisa del sistema bajo estudio. Si el modelo es "válido" entonces las decisiones hechas con el modelo deberán ser similares a aquellas que se harían con un experimento físico del sistema.

- **CREDIBILIDAD** : Es cuando un modelo de simulación y sus resultados son aceptados tanto por el administrador y el analista como un modelo válido.

3.4.2 PRINCIPIOS PARA LA OBTENCIÓN DE MODELOS VALIDOS :

Un analista de simulación debe de determinar qué aspectos de un sistema complejo del mundo real necesitan realmente ser incorporadas en el modelo de simulación y qué aspectos podrían ser ignorados. El realizar un modelo que tome en cuenta cada aspecto del sistema se utilizará muy esporádicamente para tomar decisiones efectivas y además no sería factible debido a las restricciones de tiempo y dinero.

3.4.2.1 LINEAMIENTOS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE DETALLE REQUERIDO POR UN MODELO DE SIMULACIÓN :

- Definir cuidadosamente los eventos que van a ser investigados, los índices de desempeño para su evaluación, la manera en que el modelo va a utilizarse y las configuraciones alternativas del sistema que sean de interés desde el principio del estudio. Los modelos

no son universalmente válidos, pero sí son diseñados para propósitos específicos. Si los eventos de interés ya han sido especificados, entonces es posible determinar un apropiado nivel de detalle del modelo. También es importante tomar en cuenta que algunos modelos pueden estimar con precisión una medida de desempeño pero algunos otros no, por esta razón es necesario especificar las medidas de interés.

- Aprovechar a gente experta así como hacer uso de técnicas como el análisis de sensibilidad para ayudar a determinar el nivel de detalle del modelo. La gente que está familiarizada con sistemas similares al sistema en cuestión puede determinar qué componentes del sistema propuesto son probablemente más importantes y así poder tomar en cuenta sus sugerencias en el modelado. El análisis de sensibilidad puede ser utilizado para determinar que parámetros, distribuciones o subsistemas tendrán el impacto más grande en las medidas de desempeño deseadas ya que dada la cantidad de tiempo limitado para el desarrollo del modelo, uno debe de concentrarse en los factores más importantes.

- Un error que es comúnmente cometido por los principiantes es el de incluir una cantidad excesiva de detalles en el modelo, por lo que se recomienda empezar con un modelo sencillo, que más tarde pueda ser ampliado conforme las necesidades lo requieran.

- Un nivel de detalle del modelo debe ser consistente con otro tipo de datos que puedan estar disponibles. Un modelo utilizado para diseñar un nuevo sistema será generalmente menos detallado que uno utilizado para afinar un sistema ya existente debido a la cantidad de datos disponibles en cada caso.

- Si el número de aspectos de interés para el estudio es grande, entonces se deberá utilizar un modelo de simulación burdo o un modelo analítico para poder identificar los factores importantes antes de desarrollar un modelo de simulación detallado

3.4.3 TÉCNICAS DE VERIFICACIÓN DE PROGRAMAS DE SIMULACIÓN POR COMPUTADORA :

- Al desarrollar un modelo de simulación, se debe de escribir y depurar el modelo en módulos o subprogramas. Posteriormente incluir subprogramas adicionales o niveles de detalle y de depuración sucesiva hasta que el modelo desarrollado represente en forma efectiva al sistema bajo estudio.

- Una de las técnicas más poderosas que se utilizan para depurar un modelo o programa de simulación discreta es el de utilizar trazas. Es decir, revisar el estado del sistema simulado imprimiendo listas que contengan un seguimiento de eventos, de las variables de estado, de ciertos contadores estadísticos, etc. e imprimir estos datos cada vez que se lleve a cabo un evento. Así es posible comparar con cálculos hechos a mano para ver si el programa está operando tal como se pretende.
- El modelo debe ser corrido siempre que sea posible bajo suposiciones simplificadas para las cuales sus características son conocidas o fácilmente calculadas.

3.5 CONCEPTOS GENERALES PARA LA VALIDACIÓN DE MODELOS :

A continuación se presentan algunas consideraciones que deben tenerse en cuenta para la realización de la validación de un modelo de un sistema del mundo real.

3.5.1 La experimentación a través de la simulación viene a sustituir a la experimentación real con un sistema propuesto o existente. Por tal motivo, un objetivo idealista en la validación es asegurar que un modelo de simulación es lo suficientemente bueno para que pueda ser utilizado para tomar decisiones. Tales decisiones deberán ser parecidas a aquellas que se tomarían si fueran factibles y costeables para experimentar con el sistema mismo.

- La factibilidad o dificultad del proceso de validación depende de la complejidad del sistema que se está modelando y de la información con que se cuenta.
- Un modelo de simulación de un sistema complejo solo puede ser una aproximación al sistema, sin importar el esfuerzo que se haya llevado a cabo para el desarrollo del modelo. Así entre más tiempo y dinero sea invertido en el desarrollo del modelo, mayor será la validez del modelo. Sin embargo, el modelo mejor validado no representa necesariamente el modelo más efectivo y costeable, ya que después de cierto nivel resultaría demasiado caro el incrementar la validez de un modelo debido a la gran cantidad de datos que requieren.
- Un modelo de simulación debe ser siempre desarrollado para un conjunto particular de propósitos. Es claro que un modelo que es válido para un propósito puede no serlo para otro.

-
- Un modelo de simulación debe ofrecer aquellas medidas o índices de desempeño que realmente serán utilizadas en la toma de decisiones en el sistema real.
 - La validación no es algo que deba alcanzarse después de que el modelo ha sido desarrollado. El desarrollo del modelo y la validación deben elaborarse a la par a través del estudio entero de simulación.

3.6 TÉCNICAS PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN VÁLIDO Y CREIBLE :

3.6.1 CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO CON ALTO NIVEL DE VALIDEZ :

El objetivo fundamental durante el primer paso del modelado es el de desarrollar un modelo con gran validez, por ejemplo al menos superficialmente un modelo parece razonable para la gente con conocimiento acerca del sistema en estudio, para desarrollar dicho modelo, los analistas deben hacer uso de toda la información existente entre las cuales se incluyen las siguientes :

- Conversaciones con los expertos en el sistema.- Un modelo no es una abstracción desarrollada por un analista trabajando aisladamente de hecho, el analista debe trabajar cerca de la gente que está familiarizada con el sistema.
- Observaciones del sistema.- Si existe un sistema similar al sistema de interés entonces se debe de recopilar toda la información posible para construir el modelo. Estos datos pueden obtenerse a partir de registros históricos o puede ser obtenida durante el tiempo de estudio, solo se debe de tener cuidado de que los datos sean correctos, de que se dispongan en el formato correcto y de que sean representativos de lo que se quiere modelar.
- Teoría existente.- Como ejemplo de esto se tiene el modelado de sistemas de servicio bancario donde la tasa de llegadas de clientes es constante en el tiempo durante algún periodo, así la teoría nos dice que los tiempos entre llegadas de clientes son muy parecidos a una distribución aleatoria exponencial.

- **Experiencia e Intuición** - Siempre será necesario que el analista cuente con **experiencia para poder hacer una hipótesis de como ciertos componentes de un sistema complejo van a trabajar.**

Es muy importante que el analista interactue con el administrador y/o cliente sobre bases firmes a lo largo del estudio de simulación lo cual tiene los siguientes beneficios :

Frecuentemente cuando un estudio de simulación es iniciado por primera vez, no existe una idea clara del problema a resolver así, conforme el estudio procede y la naturaleza del problema se hace más clara, esta información debe ser llevada al administrador, el cual puede reformular los objetivos del sistema, ya que el mejor modelo para un problema erróneo es automáticamente inválido. De esta manera se pueden alcanzar los siguientes objetivos :

- El interés del administrador y su cooperación en el estudio se mantiene vivo.
- El conocimiento del administrador acerca del sistema contribuye a la validez real del modelo.
- El modelo es más creíble si se parte de que el administrador entiende y acepta las suposiciones del modelo.
- Otra consideración importante para reforzar la validez y credibilidad del modelo es que el analista debe realizar una revisión del modelo conceptual ante una junta con la gente clave. Esto ayuda a que las suposiciones del modelo sean correctas y consistentes.

3.6.2 PROBAR LAS SUPOSICIONES DEL MODELO EMPÍRICAMENTE :

El objetivo de este segundo paso del proceso de validación es el probar cuantitativamente las suposiciones hechas durante las etapas iniciales de desarrollo del modelo. Una de las herramientas más utilizadas durante este paso es el análisis de sensibilidad, este puede ser utilizado para determinar si las salidas de la simulación tiene cambios significantes al cambiar los parámetros de entrada, cuando la distribución de probabilidad de entrada es cambiada, o cuando el nivel de detalle para un subsistema es cambiado. Si la salida es sensible a alguno de estos aspectos del modelo entonces se deberá modificar ese aspecto en forma cuidadosa.

BIBLIOGRAFIA : Simulación de Sistemas, Robert Shannon, Prentice Hall

CAPÍTULO IV

LOS SISTEMAS VISTOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS

4.1 ANTECEDENTES DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS :

En las sociedades primitivas, los sistemas existentes eran aquellos que se presentaban en la naturaleza y se pensaba que sus características provenían de voluntades divinas y que estaban fuera de la comprensión y control del ser humano. El hombre simplemente se ajustaba a los sistemas naturales, a su alrededor y a los sistemas sociales, familiares y tribales, los cuales fueron creados más bien por una evolución gradual más que por un diseño.

Conforme las sociedades industriales fueron apareciendo, los sistemas comenzaron a dominar la vida cotidiana. Así mismo los sistemas comenzaron a manifestarse en los ciclos económicos, en los disturbios de tipo político, en los recurrentes pánicos financieros, en los niveles de empleo fluctuantes y en los precios variantes de los bienes. Con el paso del tiempo estos sistemas sociales y económicos se tornaron muy complejos de una manera súbita y su comportamiento fue tan confuso que ya no existía una teoría general que pudiera dar explicación a los fenómenos que se estaban presentando.

Gradualmente, durante los últimos 100 años, los investigadores se han dado cuenta que la barrera para entender los sistemas no ha sido la ausencia de conceptos generales importantes, sino la dificultad en identificar y expresar un cuerpo de principios universales que explicarán los éxitos y fracasos de los sistemas. La economía ha identificado muchas relaciones básicas dentro del entorno industrial. La Psicología y la Religión han descrito algunas de las interacciones que suceden en los sistemas sociales. La medicina ha tratado a los sistemas biológicos. La ciencia política ha explorado a los sistemas políticos e internacionales. Sin embargo, la mayoría de dichos análisis han sido de manera verbal y cualitativa, ya que una mera descripción no ha sido suficiente para exponer la verdadera naturaleza de los sistemas. Las matemáticas han sido inadecuadas para manejar las realidades dentro de los sistemas sociales. En términos generales se puede decir que el ser humano ha adquirido una gran cantidad de conocimiento en los últimos años sin embargo, no ha sido capaz de estructurar adecuadamente todo este conocimiento.

Una estructura o teoría es esencial si se quiere interrelacionar o interpretar nuestras observaciones en cualquier campo del conocimiento. Sin esta estructura el conocimiento resultaría ser una mera colección de observaciones, prácticas e incidentes

que causan conflicto.

Un ejemplo de un estado de hechos sin relación puede ser el de los sistemas económicos y administrativos. De hecho en los sistemas administrativos se está trabajando en desarrollar una estructura básica de principios. Así, los administradores y educadores están buscando una estructura para unificar diversas manifestaciones o conceptos psicológicos, industriales y procesos económicos.

4.1.1. SURGIMIENTO DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS :

En 1956 el Sr. Jay W. Forrester aplicó los principios de retroalimentación a algunos estudios que realizó en sistemas de tipo socio-económicos. Posteriormente el Sr. Forrester fué aceptado como Profesor en la Escuela de Administración Industrial en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (M.I.T.) en donde comenzó aplicar todos estos principios de retroalimentación a problemas de administración en las empresas, lo que dió por resultado la publicación de su libro titulado Industrial Dynamics en el año de 1961.

El objetivo de la Dinámica Industrial o Dinámica de Sistemas como se le denominará a lo largo de este trabajo, tuvo su origen a partir del estudio del comportamiento de las corporaciones comerciales e industriales mediante la utilización de técnicas de simulación para observar la forma en que éstas responden bajo distintas condiciones.

Dentro de la Dinámica de Sistemas, la simulación de una empresa se realiza ejecutando una diversidad de funciones tales como pueden ser la producción, la distribución, la comercialización y el financiamiento de una empresa. Estas operaciones son identificadas dentro del sistema como actividades, donde elementos tales como los trabajadores, materiales, dinero, pedidos, equipo e información son considerados como las entidades del sistema. Para obtener o describir el comportamiento de una empresa es necesario conceptualizarla de una forma integral, es decir como un todo para apreciar las interacciones de todos los departamentos que la componen.

Originalmente los estudios de Dinámica de Sistemas abarcaban a los departamentos de producción, distribución y venta al detalle de un producto para incorporar todos los componentes del sistema comercial en que se desarrolla. Sin embargo en la actualidad se ha utilizado en un sin número de sistemas complejos de tipo social y económicos.

El objetivo principal de un estudio de Dinámica de Sistemas es el elaborar un modelo que nos permita comprender la manera como se desempeñan o comportan los diferentes

elementos que componen a una organización. De esta forma, se utilizan las técnicas de simulación para probar los resultados de aplicar distintas políticas o alternativas y así poder predecir eventos específicos.

Un estudio de Dinámica de Sistemas reúne los eventos discretos y los considera como un sistema continuo. Por otro lado se concentra en las velocidades a la que se van dando los cambios en las distintas cantidades y las expresa como variables continuas.

4.2 PRINCIPALES APLICACIONES DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS:

En función de la literatura existente, se han identificado ciertas áreas de aplicación de la Dinámica de Sistemas.

A continuación se mencionan de una manera muy breve las aplicaciones más comunes que se han realizado en diferentes instituciones alrededor del mundo, utilizando la Dinámica de Sistemas, así como el tipo de problemas o enfoques que se le han dado a estas aplicaciones o los objetivos que se persiguieron al elaborar el modelo.

- **ANÁLISIS DE DESARROLLO REGIONAL** : Esta es una aplicación cuyo propósito es el determinar la expansión y/o contracción así como el desarrollo de una región determinada dentro de un país, tomando en cuenta como base del modelo variables tales como el nivel de educación, disponibilidad de vivienda así como sus características, nivel de empleos, recursos naturales y la política regional de desarrollo.

- **ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA** : Esta es una aplicación que fue desarrollada aplicando un modelo dinámico diseñado especialmente con el fin de analizar políticas energéticas de tipo residencial, partiendo de la sustitución de equipo doméstico convencional por equipo de alta tecnología y eficiencia. El modelo toma en cuenta factores tales como la difusión de nuevas tecnologías, fenómenos de crecimiento y costo de nuevas tecnologías, demanda energética y las políticas de precios según los consumos energéticos residenciales.

- **ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES** : Esta es una aplicación enfocada a determinar el nivel de algún contaminante de interés en el aire dentro de ciudades en crecimiento, tomando en cuenta el nivel de producción de las fuentes más importantes (industria y automóviles) y considerando también variables económicas tales como el ingreso per cápita.

- ANÁLISIS DE PROCESOS DE REESTRUCTURACIÓN DE EMPRESAS :

Esta es una aplicación que se ha desarrollado con el fin de reorganizar empresas de gran tamaño tales como industrias petroleras creando un micromundo o escenario que pudiera visualizar los efectos de los cambios dentro de la estructura de la empresa, análisis de ingresos y egresos, procesos de producción , reservas, competencia y apalancamiento entre otros.

- ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN :

Esta es una aplicación enfocada a desarrollar un modelo específico según el tipo del proyecto de construcción (construcción de presas, puentes, viviendas, plantas industriales, carreteras, etc.) basándose en la ruta crítica del proyecto y buscando reducir los tiempos de entrega. El modelo fue desarrollado para evaluar el tiempo de entrega y las consecuencias del costo de alargar o acortar sus propias actividades o las de los subcontratistas y vendedores con la esperanza de que al hacer inversiones claves se pueda alcanzar una reducción en el tiempo de entrega.

- MODELOS PARA EL ANÁLISIS DE CASOS ESPECÍFICOS EN LA GESTIÓN DE EMPRESAS :

Esta aplicación se llevó a cabo construyendo un modelo que se utiliza para hacer estudios de casos específicos en forma de laboratorio en el entrenamiento de altos directivos dentro de las Escuelas de Administración. El proceso que sigue el modelo es analizar los resultados tanto cualitativamente como cuantitativamente con el fin de obtener la eficiencia de aprendizaje de experiencias en los alumnos.

Esta es una aplicación que surgió con base en los simuladores de vuelo para pilotos aviadores y que fué llevado al campo de la Administración.

- ANÁLISIS DE DIFUSIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS :

Esta es una aplicación enfocada a estudiar la penetración de una nueva tecnología dentro del mercado así como el éxito de la misma, partiendo de un modelo que integra conceptos claves tales como lo son las funciones de progreso técnico, curvas de costo/experiencia junto con decisiones de R & D de inversión, precios que intervienen en la aceptación de una nueva tecnología.

- ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA Y DE USO DEL SUELO EN UNA REGIÓN:

Esta aplicación consiste en un modelo basado en la infraestructura presente en una región determinada tales como agua, alcantarillado, servicios sociales para así pronosticar el uso del suelo partiendo de este nivel de infraestructura dentro de un ciclo cerrado y así evaluar la efectividad de las políticas de desarrollo.

- ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE UNA EMPRESA :

Esta fue una aplicación de la Dinámica de Sistemas que fue desarrollada en México partiendo de un modelo basado en el crecimiento y en la elaboración de estrategias.

El modelo toma en cuenta factores tales como el libre mercado, intervencionismo del Estado, el mercado, los objetivos internos y externos, el desempeño de la economía y situación política.

- ANÁLISIS DE FENÓMENOS MACROECONÓMICOS :

Esta aplicación consiste en la construcción de un modelo que involucre cuestiones de crecimiento macroeconómico, estabilidad, distribución del ingreso, fenómenos inflacionarios así como la evaluación de diferentes políticas económicas.

- ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD EN PLANTAS MANUFACTURERAS:

Esta es una aplicación en la cual se puede profundizar bastante debido al gran número de formas que se tienen para medir la productividad, en las cuales se relacionen todos los factores que intervienen en la producción de bienes, así como los conceptos de capacidad de producción, tecnología, demanda de productos, recursos financieros, trabajo, gestión empresarial y recursos profesionales.

4.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS :

4.3.1 DEFINICIÓN DE SISTEMA :

Según Jay Forrester corresponde a un conjunto de partes que operan de manera conjunta para alcanzar un propósito común. De esta forma un automóvil es un sistema formado por componentes que trabajan e interaccionan entre sí con el propósito de hacer factible la transportación. Un piloto automático y un avión forman un sistema para volar a una altitud específica. Un almacén y una plataforma de carga forman un sistema para mover bienes en camiones de carga.

4.3.2 SIMBOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REPRESENTACIÓN DE DIAGRAMAS DINÁMICOS DENTRO DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS:

Los símbolos que se presentan a continuación, son los utilizados para diseñar y construir un modelo dinámico. Dicho modelo es representado por una serie de símbolos interrelacionados entre sí y que en conjunto forman un Diagrama Dinámico o Modelo Dinámico. Este modelo es una abstracción de las relaciones causa - efecto entre las

entidades que conforman el sistema en estudio así como la representación de del mismo sistema.

Los lenguajes más comunes que son utilizados en la actualidad para correr este tipo de modelos dinámicos son el DYNAMO, el STELLA y el POWERSIM. Este último será el lenguaje utilizado para correr el modelo de aplicación que se encuentra al final de este trabajo.

Según lo visto en el capítulo II. Estos lenguajes son considerados como lenguajes de propósito general, ya que puede ser aplicado a un sinúmero de áreas en donde el usuario tiene que diseñar y construir su Modelo Dinámico.

4.3.2.1 SIMBOLOGÍA :

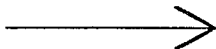
- **VARIABLE DE NIVEL** : Los niveles son las acumulaciones que se encuentran dentro del sistema. Estos pueden representar bienes, espacios, número de empleados.

Los niveles son los valores presentes de aquellas entidades en estudio que contiene nuestro sistema y que representa la cantidad de unidades que contiene estas entidades en un estado dado y que han resultado de la diferencia acumulada entre entradas y salidas.

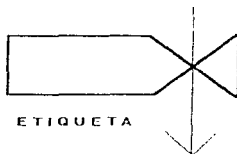
Su representación es a través de un rectángulo en el cual aparecen flechas de flujo de entrada y/o de salida. Contienen una etiqueta para su identificación.



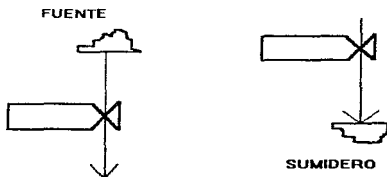
- **FLUJOS** : Estos se representan por flechas y corresponden a los flujos que entran y salen de las variables de nivel en un sistema (bienes, empleados, dinero, productos, etc.)



- **VARIABLES DE TASA** : Determinan la magnitud de los flujos de entrada y salida entre los niveles del sistema que ocurren entre dos periodos consecutivos. Las tasas corresponden a la actividad, mientras que los niveles miden los estados del sistema. Estas tasas funcionan como válvulas en los canales de flujo del sistema y también contienen una etiqueta para su identificación.



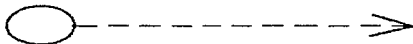
- **FUENTES Y SUMIDROS** : Estos corresponden a los elementos que quedan fuera de las fronteras del sistema y son en estos puntos donde empiezan y terminan los flujos de los elementos en estudio.



- **VARIABLES AUXILIARES** : Son elementos que han sido subdivididos fuera de las variables de tasa porque cuentan con un significado independiente. Estas variables se encuentran interconectadas entre los canales de información, las variables de nivel y las variables de tasa. Estas pueden ser sustituidas algebraicamente dentro de las ecuaciones de tasa y se representan mediante círculos y contienen una etiqueta de identificación.



- **FLUJO DE INFORMACIÓN** : Estos también se representan por flechas pero tienen la característica de que contienen un pequeño círculo en su origen y que tienen una flecha en su destino la cual apunta generalmente a una variable auxiliar o a una variable de tasa cuya función es el transmitir un valor con el fin de realizar cálculos.



- **CONSTANTES** : Contienen los valores numéricos que describen las características de un sistema que permanecen inmutables durante la duración de una corrida de la simulación, se representan mediante un rombo y también contienen una etiqueta de identificación.



4.3.3 ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS BÁSICAS QUE INTERVIENEN EN LA DINÁMICA DE SISTEMAS :

Desde el punto de vista de análisis de entradas y salidas, los sistemas pueden clasificarse en abiertos o cerrados (con retroalimentación).

Un sistema abierto se caracteriza porque sus salidas responden o dependen solamente de sus entradas. Sin embargo, las salidas son aisladas y carecen de alguna influencia sobre las entradas. En un sistema de este tipo, las acciones pasadas no tienen ninguna influencia o control sobre las acciones futuras.

Un sistema cerrado es decir, con retroalimentación, es influenciado por su propio comportamiento pasado. Este se caracteriza por poseer una estructura con un ciclo [loop] cerrado en el cual los resultados o salidas se ven afectados por acciones pasadas las cuales a su vez controlan acciones futuras.

4.3.3.1 EL FENÓMENO DE LOS ATRASOS DENTRO DE LOS CANALES DE FLUJO :

Antes de comenzar a analizar las estructuras básicas de la Dinámica de Sistemas es importante explicar la importancia de los atrasos. Son una parte esencial dentro las estructuras o ciclos de retroalimentación, ya que son los que imprimen las características dinámicas de los ciclos de retroalimentación, por consiguiente, son los que imprimen el orden de ese ciclo de retroalimentación.

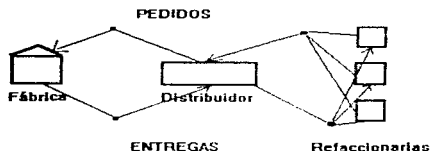
En principio los atrasos se encuentran presente en todos los canales de flujos dentro de los sistemas del mundo real. Sin embargo, en el modelado siempre se utilizan simplificaciones con el fin de ahorrarse mucho trabajo de detalle que influirá poco en los resultados de ese modelo.

Un atraso dentro de la simbología de la Dinámica de Sistemas sirve para representar los retardos tanto de información como de bienes, artículos, objetos (elementos de estudio) dentro de un sistema real.

Para ejemplificar la aplicación de los atrasos se tomará en cuenta el caso de la venta de aceite para automóviles en un sistema formado por una Fábrica, un Distribuidores local y las pequeñas Refaccionarias locales, cuya representación aparece en la siguiente página, la cual representa una cadena de pequeñas refaccionarias las cuales se surten a partir de distribuidores locales y estas a su vez son surtidas por una fábrica. Entre cada nivel de la cadena existen atrasos tanto en la generación de pedidos de aceite hacia los niveles inferiores (fábrica), así como en la entrega de los pedidos hacia los niveles

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

superiores (refaccionarias) lo cual no permite a la fábrica conocer la demanda real de su producto de manera instantánea, de esta forma si llegara a presentarse una declinación o una alza en las ventas de aceite al público, la fábrica no lo detectaría de manera instantánea lo cual provocaría inestabilidad dentro del sistema.



Un atraso es una categoría especial y simplificada del concepto general de inventarios o de los niveles. Todos los niveles existen para que surgan tasas de entrada que difieran sobre rango de las tasas de salida. Así como ejemplo dentro de un inventario (nivel), la tasa de flujo de salida puede estar en función del nivel que tenga ese inventario en ese momento y del nivel de pedidos que se estén solicitando en ese momento.

4.3.3.2 LAS ESTRUCTURAS DE RETROALIMENTACIÓN :

La naturaleza de la retroalimentación puede presentarse de dos formas, las cuales se explican a continuación :

- **RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA** : En este tipo de retroalimentación se busca que el sistema alcance un equilibrio o un propósito el cual surge a partir de una falla o fracaso para alcanzar dicho propósito. Este tipo de retroalimentación provoca que el sistema tienda hacia una estabilidad.
- **RETROALIMENTACIÓN POSITIVA** : En este tipo de retroalimentación se generan procesos de crecimiento donde una acción produce un resultado que genera una acción aún más grande. Este tipo de retroalimentación provoca inestabilidad.

ESTRUCTURA BÁSICA DE UN CICLO DE RETROALIMENTACIÓN



La información disponible, tal como se presenta en cualquier momento, es la base para la toma de decisiones que controlen la tasa. La tasa altera el nivel del sistema. El nivel del sistema es el generador de información acerca del sistema.

La acción presente corresponde a la tasa presente, la cual depende de la información presente. Sin embargo, el nivel presente del sistema no depende de la acción presente sino que es producto de una acumulación de acciones pasadas.

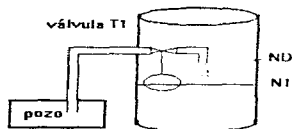
Según la figura superior si R (retroalimentación) es positiva entonces la Tasa tiende a ser cada vez más grande, de la misma forma si R es negativa, entonces la tasa tiende a ser cada vez más pequeña.

4.3.3.2.1 CICLO DE RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA DE PRIMER ORDEN :

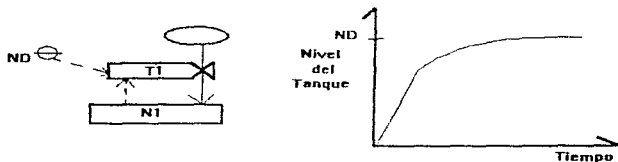
Los ciclos de retroalimentación se pueden presentar con diferentes órdenes es decir entre más alto sea un orden más lenta será el paso de información.

El ciclo de retroalimentación negativa más sencillo que existe, está constituido por una decisión sobre la entrada a la variable de interés del sistema. A continuación se esquematiza un sistema hidráulico, cuyo estudio se ve en la materia de Dinámica de Sistemas Físicos. Este esquema consta de un tanque cuyo nivel de líquido se desea regular controlando el flujo de líquido a través de una válvula la cual a su vez es controlada por un flotador. Así mientras el nivel de líquido en el tanque no toque al flotador, el flujo a través de

la válvula será constante. En el momento en que el nivel del líquido toque al flotador comenzará el ciclo de retroalimentación negativa, ya que conforme aumenta el nivel del líquido, entonces el flotador irá cerrando el paso de líquido a través de ella de una manera proporcional al nivel del líquido hasta el punto en que quede totalmente cerrada.



A continuación se presenta el Diagrama de Dinámica de Sistemas, el cual representa a este sistema y junto la graficación de como va variando el nivel del tanque con el paso del tiempo, en dicha gráfica se puede apreciar la forma asintótica que toma la curva, la cual es debida a la retroalimentación negativa



$T1 = \text{Unidades} / \text{Periodo}$
 $N1 = \text{Unidades}$

$T1 = 1 / AT (ND - N1)$
 $ND : \text{nivel deseado}$ $N1 : \text{nivel real}$

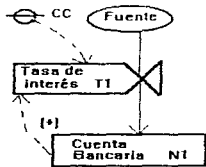
Un ciclo de retroalimentación negativa se caracteriza porque las tasas intentan ajustar algún nivel o variable del sistema a un valor previamente determinado desde el exterior.

El término de retroalimentación negativa proviene de la característica principal de la decisión de control, ya que entre mayor sea el valor que tenga el nivel del sistema, menor será la tasa a la que funcione la decisión de control.

4.3.3.2.2 CICLO DE RETROALIMENTACIÓN POSITIVA :

Tal como se había explicado anteriormente, un ciclo de retroalimentación positiva no busca alcanzar un objetivo externo que haya sido predeterminado previamente. Más bien, el comportamiento de este ciclo es de tipo divergente es decir, que tiende a alejarse del nivel o resultado de donde partió. A diferencia del ciclo negativo, éste carece de un signo de reversión.

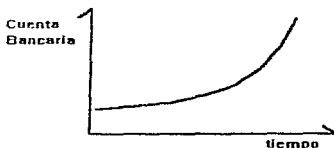
A continuación, con el fin de ejemplificar la situación anterior se muestra la esquematización de una cuenta bancaria representada a través de un Diagrama Dinámico. La tasa del diagrama representa a una tasa de interés constante, el nivel del diagrama representa al monto del capital. Junto al diagrama se muestra la gráfica que representa el comportamiento de este sistema el cual es el característico del Interés Compuesto.



$$T1 = 1/CC (N1)$$

$$N1 = \text{Unidades}$$

$$CC = \text{Periodo}$$



$$T1 = \text{Unidades} / \text{Periodo}$$

El comportamiento exponencial es tal como el que se muestra en la gráfica anterior, el cual es característico del comportamiento de fenómenos de crecimiento bacteriano, de inmigración, de explosión demográfica y del crecimiento del conocimiento técnico.

4.3.3.2.3 INTERACCIÓN DE LOS DOS CICLOS DE RETROALIMENTACIÓN :

Generalmente los procesos de crecimiento muestran ciclos de retroalimentación positiva. Sin embargo, este tipo de crecimiento daría por resultado el que los niveles del sistema (variables de estado), así como las tasas que intervienen en los canales de flujo tengan magnitudes fuera de proporción cuando este crecimiento no es afectado por otras variables que inhiban el crecimiento. Esta situación no coincidiría con los niveles de crecimiento de un sistema real.

Como ejemplo se puede tener el crecimiento de una población animal, la cual duplique su número de individuos cada 6 meses. Así haciendo la consideración de que una pareja de estos animales ocupa 1 ft², al final de los primeros 6 meses ocupará 2 ft², después de año ocuparán 4 ft², en 80 años ocuparán 1/16 de la superficie terrestre, en un año más cubrirían 1/4 de la superficie y al año siguiente cubrirían toda la superficie terrestre, esto siempre y cuando la tasa natural de crecimiento se mantuviera invariable. Sin embargo en la realidad, el crecimiento interactúa con algunas partes del sistema las cuales modifican el proceso de crecimiento dando por resultado un crecimiento similar al de la gráfica siguiente:



BIBLIOGRAFIA : PRINCIPLES OF SYSTEMS, JAY FORRESTER 30 VIII 95
LA QUINTA DISCIPLINA, PETER SENGE
INDUSTRIAL DYNAMICS, JAY FORRESTER
SYSTEM DYNAMICS, ITESM

CAPITULO V **DESARROLLO DE UN MODELO DINÁMICO DE SIMULACIÓN** **DEL SISTEMA EDUCATIVO MEXICANO**

5.1 INTRODUCCIÓN :

El concepto de la educación se ha transformado a lo largo de este siglo en un punto de gran importancia para los gobiernos de los diferentes países. La educación es un factor decisivo no solo para la superación personal del individuo sino también para el progreso social y económico de las naciones. Por estas razones, la Planeación de los servicios educativos tiene una gran importancia ya que nos permite prever los requerimientos de infraestructura así como las necesidades futuras con base en las metas que persigue el Sistema de Educación Mexicano.

En este capítulo se presenta un modelo dinámico que relaciona la demanda potencial en cada uno de los diferentes niveles que conforman al Sistema de Educación Mexicano. Para ello en primer lugar se analiza el desarrollo demográfico de la República Mexicana, el cual se relaciona con una segunda parte del modelo el cual analiza los diferentes índices de desempeño en cada uno de los niveles educativos. El objetivo de este estudio es el de conocer y evaluar la infraestructura necesaria así como el profesorado y recursos requeridos para elevar el nivel de educación en nuestro país mediante una proyección a 20 años.

Este estudio pretende hacer un análisis de tipo cuantitativo de los niveles básicos que comprenden al sistema educativo nacional con base en indicadores tales como lo son la Atención a la Demanda, Deserción, Absorción y Eficiencia Terminal y la relación que guardan estos con la infraestructura existente en dicho periodo. Este estudio no pretende de ninguna manera el evaluar o analizar aspectos de tipo cualitativos, pedagógicos o contenidos de los programas de estudio que se aplican en cada uno de los niveles de educación que conforman el sistema de educación nacional

5.2 ESTRUCTURA DE LA EDUCACIÓN EN MÉXICO :

En México, el sistema de educación se divide en ocho grupos principales que a continuación se describen :

5.2.1 EDUCACIÓN PREESCOLAR : La educación preescolar se inicia en México con la creación de dos jardines de niños en la Cd. de México en 1904. Estos colegios basaban su práctica docente en los conceptos del pedagogo alemán Federico Froebel (1782 - 1852).

La información acerca de este nivel se encuentra disponible a partir de 1904. Para 1992 se atendía una matrícula de 3,128,166 niños.

5.2.2. EDUCACIÓN PRIMARIA : El intento por implantarla a nivel nacional fue a partir de las resoluciones tomadas por el Primer Congreso Nacional de Instrucción Pública en 1889. La enseñanza primaria debía recibirse de los 6 a los 12 años y su objetivo fue el que los niños adquirieran nociones científicas básicas y el adiestramiento en aspectos sociales y culturales que les facilitara la resolución de situaciones de su vida cotidiana, así como el desarrollo de sus habilidades.

5.2.3. EDUCACIÓN DE CAPACITACIÓN : Este tipo de capacitación para el trabajo surgió en 1963 cuando se crearon en México los centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (CECATI) y para el trabajo agropecuario (CECATA). Es a partir de la creación de estos dos centros cuando se concibe a la capacitación para el trabajo como un ciclo educativo dentro del Sistema Educativo Nacional.

5.2.4 EDUCACIÓN SECUNDARIA : Tiene su origen en la educación primaria superior instituida en 1889, durante el Primer Congreso Nacional de Instrucción Pública, como un nivel intermedio entre la instrucción primaria y los estudios de Preparatoria. Desde 1925 hasta la fecha, la educación secundaria se imparte a nivel nacional y tiene como antecedente obligatorio la primaria. A partir de 1995 pasa a formar parte de la educación básica obligatoria de nueve grados.

5.2.5 EDUCACIÓN PROFESIONAL MEDIA : Este tipo de educación tiene por objetivo capacitar al educando en actividades productivas y de servicios a fin de que pueda incorporarse al mercado de trabajo.

Este ciclo se cursa en un periodo de tres a cuatro años y su ciclo antecedente es la secundaria. Tiene la característica de ser un ciclo terminal y no propedeúico.

En México se crearon los Centros de Estudios Tecnológicos (CET) con este tipo de característica. Luego surgió el Consejo Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) en 1979. A la fecha siguen formando profesionistas capacitados para integrarse a la actividad industrial, comercial o de servicios.

5.2.6 BACHILLERATO : Este se vió favorecido con la creación de la Ley Orgánica de Instrucción Pública en el D.F. de 1867 donde se definen los alcances preparatorios y fue en 1868 cuando comenzaron los cursos en la Escuela Nacional Preparatoria en la Cd. de México.

Este ciclo educativo tiene el fin de preparar al estudiante en todas las ramas del conocimiento y de estimularle el interés por una especialidad ya sea a nivel superior o medio terminal. De esta manera el bachillerato es un ciclo educativo de carácter propedeúico y se cursa en tres años.

5.2.7 EDUCACIÓN NORMAL: Es la encargada de formar educandos para el ejercicio de la docencia en los distintos ciclos educativos del S E N. (Sistema de Educación Nacional).

Este tipo de servicio educativo es uno de lo soportes mas importantes, ya que de él se nutren las distintas instituciones para llevar a cabo su labor educadora.

Las escuelas de educación normal en México surgen en 1822 con la Compañía Lancasteriana. En 1887 se inaugura en la Cd. de México la Escuela Normal de Profesores y en 1960 se fundan los centros regionales de educación normal (CREN).

5.2.8 EDUCACIÓN SUPERIOR : En México se remonta al año 1551 con la creación de la Real y Pontificia Universidad de México

Desde entonces la educación superior ha pasado por varias reformas entre las que destacan la de 1833 en la que se abolió la Universidad de México, 1834 se restablece con carácter Nacional, se suprime en 1865 y resurge gracias a Justo Sierra en 1910.

En 1950 se constituye la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior de la República Mexicana (ANUIES), la cual agrupa a todas las instituciones que imparten en México este nivel educativo, incluyendo el nivel de Posgrado.

5.3 SITUACIÓN DEMOGRÁFICA Y DE LA EDUCACIÓN EN MÉXICO :

Antes de entrar al estudio de la educación en México, es conveniente establecer una serie de términos y sus definiciones los cuales serán utilizados a largo de este estudio.

5.3.1. GLOSARIO DE DEFINICIONES :

- **ABSORCIÓN** : Se define como la relación porcentual entre el nuevo ingreso en el primer grado de un nivel educativo, en un ciclo escolar dado, y el ingreso del nivel educativo inferior del ciclo escolar anterior.
- **ATENCIÓN A LA DEMANDA** : Es la relación porcentual entre la matrícula total de inicio de cursos de un nivel educativo determinado y la población que por su edad está en posibilidad de solicitar la atención de ese servicio educativo.
- **CRECIMIENTO NATURAL** : Es la diferencia entre el número de nacimientos y de defunciones, generalmente referida a un año. Cuando el crecimiento natural se relaciona con la población media del periodo se obtiene la tasa de crecimiento natural.
- **CRECIMIENTO TOTAL** : Variación del volumen de la población entre dos fechas determinadas, generalmente referida al cambio anual. Este crecimiento resulta de la suma del crecimiento natural y la migración neta. El cociente que se obtiene al dividir el crecimiento total sobre la población media del periodo se denomina tasa de crecimiento total.
- **DESERCIÓN** : Este coeficiente se entiende como el porcentaje de alumnos que abandonan las actividades escolares antes de terminar un nivel de estudio
- **EFICIENCIA TERMINAL** : Se define como el porcentaje de alumnos que terminan un nivel educativo dentro del tiempo establecido.
- **EMIGRACIÓN** : Desplazamiento que implica el cambio de residencia habitual desde una unidad político-administrativa hacia otra, en un momento dado, visto desde la óptica del lugar donde se origina el movimiento.
- **ESPERANZA DE VIDA** : El promedio de años que espera vivir una persona al momento de su nacimiento sobre la base de las tasas de mortalidad por edad para un año determinado. En México se estima que la esperanza de vida es de 69.4 años para los hombres y de 75.8 años para las mujeres en 1994.

- **INMIGRACIÓN** : Desplazamiento que implica el cambio de residencia habitual desde una unidad político-administrativa hacia otra, en un momento dado, visto desde la óptica del lugar de llegada.

- **MIGRACIÓN NETA** : Es la diferencia entre el número de inmigrantes y de emigrantes en un territorio y período dados. Se le conoce también como balance migratorio o saldo neto migratorio.

- **PIRÁMIDE DE POBLACIÓN** : Representación gráfica de la composición por edad y sexo de una población, que generalmente utiliza grupos quinquenales de edad.

- **TASA BRUTA DE MORTALIDAD** : Número de defunciones por cada mil habitantes.

- **TASA DE ANALFABETISMO** . Es el porcentaje de personas de 15 años y más, que no son capaces de leer y escribir una breve y sencilla exposición de hechos relativos a su vida cotidiana

5.3.2 SITUACIÓN DEMOGRÁFICA EN MÉXICO

La situación demográfica del país es un factor importante ya que ésta tiene una fuerte repercusión en el crecimiento o disminución de la demanda potencial de los diferentes servicios y productos que se ofrecen dentro de un país. Así los servicios educativos se encuentran ligados a este fenómeno.

La población de México para el año de 1995 fue de 91.6 millones de habitantes. El monto de nacimientos ascendió a 2,300,000 y el monto de las defunciones fue de 420,000, lo cual implica que el incremento absoluto anual (crecimiento natural) fue de 1,880,000 de mexicanos en números cerrados.

Esto implica una tasa de crecimiento natural de 2.05 %. Por otro lado, el saldo neto migratorio internacional de México es negativo y asciende aproximadamente a 290,000 habitantes/año. Si se descuenta este monto del crecimiento natural de la población, resulta que el crecimiento neto en números absolutos asciende a cerca de 1,600,000 habitantes, lo que da por resultado a una tasa de crecimiento total de 1.73 % total.

La actual situación demográfica de México se caracteriza por el rápido crecimiento que tuvo la población hasta los años sesenta lo cual, paradójicamente aunque la tasa de crecimiento de la población ha seguido disminuyendo significativamente, el crecimiento de la población en números absolutos se ha mantenido casi constante.

De hecho, mientras la tasa de crecimiento natural de la población disminuyó en los últimos 30 años de 3,4 % a 2,05 % anual, en este mismo lapso la población pasó de 42.5 millones de habitantes a 91.6 millones de habitantes. Esta tendencia seguirá teniendo lugar en el futuro próximo en números absolutos, aunque a tasas de crecimiento son cada vez menores.

El rápido crecimiento del pasado ha propiciado que exista en la actualidad una elevada proporción de niños y jóvenes. De ello resulta en gran medida la actual inercia del crecimiento de la población. De hecho, mientras en los últimos 20 años el número de hijos por mujer (fecundidad) se redujo a la mitad de 6 a solo 3 hijos, por otro lado, el número de mujeres en edad reproductiva se duplicó. Es por esta razón que los incrementos absolutos a niveles de población se han mantenido prácticamente constantes en las últimas décadas.

En las siguientes dos páginas se muestran gráficas del nivel de población, así como de las tasas de natalidad, mortandad y migración del país y son estos tres puntos los factores más importantes a considerar para determinar el crecimiento de la población en el país.

Por otro lado las tendencias recientes de mortalidad y de fecundidad no solo determinan el crecimiento de la población; también marca los cambios en la composición por edades. Por un lado, la disminución de la mortalidad origina un progresivo aumento de la sobrevivencia (esperanza de vida) la cual se refleja en la pirámide de la población por un número cada vez mayor de personas que llegan con vida a edades adultas. Por otro lado, la disminución de la fecundidad se traduce en un estrechamiento de la base de la pirámide, puesto que, a medida que este proceso se profundiza, el número de nacimientos tiende a ser cada vez más reducidos proporcionalmente. Ambos fenómenos conducen a un gradual envejecimiento de la población, caracterizado por una menor proporción de niños y jóvenes, así como un paulatino aumento del peso relativo de las personas en edades adultas y avanzadas.

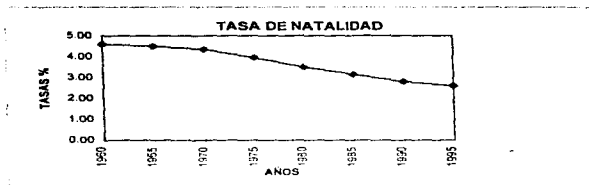


GRAFICO 1: Tasa de natalidad en México 1960 - 1995.

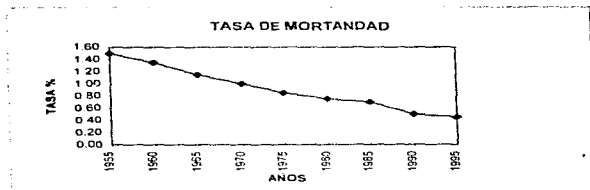


GRAFICO 2 : Tasa de mortandad en México 1955 - 1995.

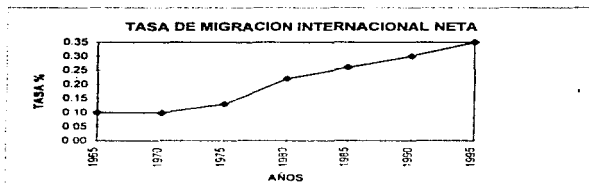


GRAFICO 3: Tasa de migración negativa en México 1965 - 1995.

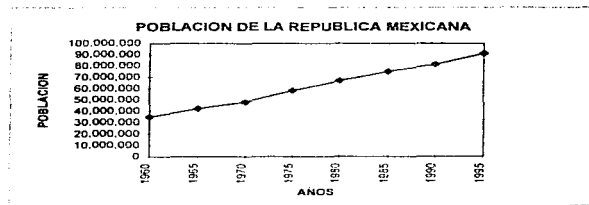


GRAFICO 4: Población Nacional en México a partir de 1960, I.N.E.G.I.

5.3.3 SITUACIÓN DE LA EDUCACIÓN EN MÉXICO :

A lo largo del siglo XX se han alcanzado metas significativas referentes al nivel de preparación de la población mexicana, sobre todo en el renglón del analfabetismo cuyo nivel en el año de 1900 era de 77.7 % de la población mayor a los 15 años de edad. Este nivel de analfabetismo se redujo a 12.4 % en el año de 1990. Por otro lado se han ampliado los niveles de educación preescolar, primaria, secundaria y universidad y a la vez se han establecido nuevas modalidades educativas tales como los sistemas de capacitación para el trabajo y la educación tecnológica.

Actualmente el grado promedio de escolaridad en México es de 6.64 años. Este indicador se calcula a partir del nivel promedio de instrucción para la población mayor a los 15 años de edad.

Esta panorámica es importante para poder establecer las bases de la educación para el siglo XXI donde los objetivos primordiales son el ampliar la cobertura y ofrecer una educación de mejor calidad.

5.3.4 PERSPECTIVAS DE LA EDUCACIÓN EN MÉXICO :

A continuación se presentan los objetivos y características de las tres categorías o conjuntos educativos que conforman al sistema de educación :

5.3.4.1 EDUCACIÓN BÁSICA : Incluye los ciclos de primaria y secundaria. En cierto modo también se incluye la educación preescolar.

El fundamento de una educación de calidad para la población en este nivel, reside en inculcar una sólida formación de valores, actividades, hábitos, conocimientos y destrezas desde la primera infancia a través de los niveles de preescolar, primaria y secundaria.

La importancia estratégica de la educación básica estriba en que atiende al mayor número de estudiantes del sistema educativo, constituye la plataforma para el aprovechamiento de la educación superior y, para muchos mexicanos, representa el término de su instrucción formal.

Así los objetivos en este rubro es el de garantizar el acceso a la educación básica, elevar la eficiencia terminal y reducir disparidades en la cobertura y calidad, sobre todo en aquellas entidades geográficas de difícil acceso.

5.3.4.2 EDUCACIÓN PARA ADULTOS Y FORMACIÓN PARA EL TRABAJO :

Incluye los los niveles de educación de capacitación y el de alfabetización y educación básica para adultos.

Una condición esencial para el desarrollo con bienestar y equidad es contar con una población mayoritariamente alfabetizada y con niveles de escolaridad elevados.

Así, la alfabetización duradera y exitosa es aquella que se liga con la solución de problemas e intereses cotidianos del adulto y con sus posibilidades de superación.

En cuanto a las metas referentes a la capacitación para el trabajo serán el establecer normas de certificación de competencias laborales, así como una vinculación entre la planta productiva y la comunidad educativa y con miras a fomentar la productividad.

5.3.4.3 EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR Y SUPERIOR : Incluye los niveles de Bachillerato, Licenciatura y Posgrado.

Actualmente el conocimiento es un factor determinante del desarrollo, ya que genera oportunidades de empleo, mejores ingresos y mayores beneficios sociales. Es por esto que las instituciones de educación media superior y superior, en sus distintas modalidades, constituyen un acervo estratégico para el desarrollo del país.

Los objetivos primordiales en este rubro son el tener un sistema de educación superior más dinámico, mejor distribuido territorialmente, más equilibrado en sus opciones profesionales y técnicas.

Gran parte de la competitividad internacional de la industria y los servicios que se ofrecen en el país residirá en la capacidad de poder contar con profesionistas y técnicos competitivos.

Dentro de la etapa del bachillerato se implementarán más opciones para complementar esta etapa y así poder elevar su eficiencia terminal.

5.4 DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN :

El modelo de simulación que representa a la situación de los requerimientos de educación en México se encuentra dividido en dos partes principales o submodelos. El primer submodelo tiene como fin analizar el desarrollo demográfico que tendrá la República Mexicana en los siguientes 15 años. El segundo submodelo tiene por objetivo evaluar la situación educativa con base en la infraestructura requerida, partiendo de la información que ofrece el primer submodelo. Ambos submodelos trabajan en forma simultánea y concatenados; sin embargo, se han dividido con el fin de hacer más comprensible su entendimiento para el lector de este trabajo.

A continuación se mencionará de manera más amplia la forma en que cada uno de los submodelos han sido hechos y que información maneja cada uno de ellos.

5.4.1 MODELO DEMOGRÁFICO :

Esta parte del modelo es fundamental porque genera la información necesaria para conocer la demanda potencial de educandos pertenecientes en cada uno de los ciclos. Esto equivale a obtener la demanda potencial para cada uno de los diferentes niveles de educación.

Este modelo comienza por calcular la magnitud de la población de México año tras año partiendo desde el año de 1990 en una proyección de 20 años hasta obtener la población de los 0 a los 25 años de edad desglosada en grupos quinquenales.

El método de proyección utilizado se basa en proyectar a la población nacional a partir de los tres fenómenos demográficos que determinan su crecimiento y distribución espacial. Estos son la natalidad, la mortalidad y la migración

En el caso de nuestro país el fenómeno migratorio se ha venido presentando de manera más relevante mediante el cambio gradual de residencia de mexicanos hacia los E.U.A. en busca de mejores oportunidades de desarrollo.

El saldo neto migratorio internacional en México para el año 1993 fue negativo y del orden de 293,000 personas/ año. Esta cifra ha sido estimada mediante los datos obtenidos de los censos de población en los E.U.A. donde la población mexicana residente en ese país para el año 1980 fue de 2,500,000 habitantes y de 4,500,000 para 1990.

Mortalidad : Esta fue calculada observando su tendencia en los últimos 50 años. Así partiendo de estadísticas de la CONAPO (Consejo Nacional de Población) las cuales toman en cuenta la esperanza de vida tanto de hombres y mujeres así como el cambio dentro de la distribución de la población. Por otro lado, los grupos de niños y jóvenes tienden a ocupar un porcentaje cada vez menor mientras que en los grupos de adultos y edades avanzadas tienden a ocupar un porcentaje cada vez mayor. Esto significa que la población nacional está tendiendo paulatinamente a convertirse en una población más madura lo cual a su vez implicará un aumento en la tasa de mortandad.

Natalidad : Las tasas de natalidad fueron calculadas con base en estadísticas de la CONAPO que toman en cuenta el número de mujeres en edad reproductiva y en el índice de fecundidad el cual sería de 2.7 hijos por mujer para el año 2010. Como referencia, el índice de fecundidad para el quinquenio 1985 - 1990 fue de 3.16 hijos por mujer.

En las siguientes tres páginas se muestran gráficamente las proyecciones de las distribuciones de población para los diferentes grupos quinquenales. Finalmente aparecen las gráficas de las proyecciones de natalidad, mortandad y migración con que fue alimentado el modelo de simulación.

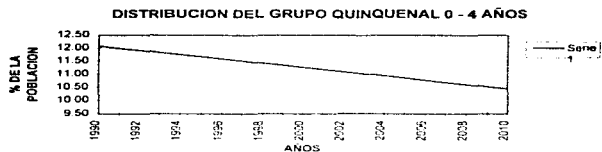


GRAFICO 5: Proyección de distribución del grupo quinquenal de 0 - 4 años, 1990 - 2010.

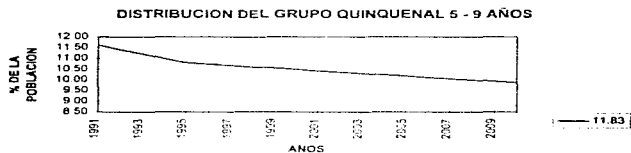


GRAFICO 6: Proyección de distribución del grupo quinquenal 5-9 años, 1990 - 2010.

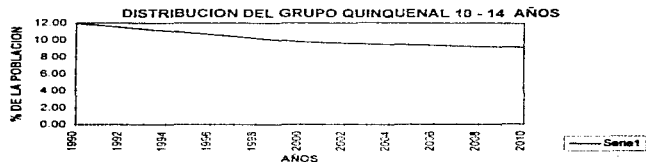


GRAFICO 7: Proyección de distribución del grupo quinquenal de 10 - 14 años, 1990 - 2010.

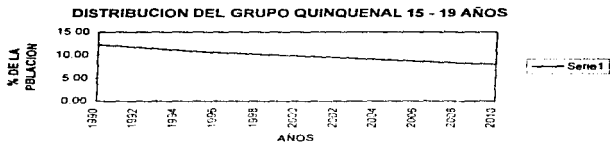


GRAFICO 8: Proyección de distribución del grupo quinquenal de 15 - 19 años, 1990 - 2010.

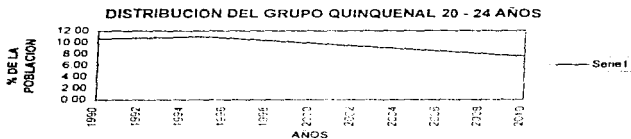


GRAFICO 9: Proyección de distribución del grupo quinquenal 20 - 24 años, 1990 - 2010.

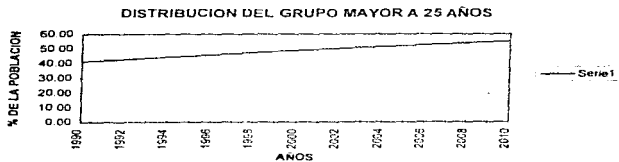


GRAFICO 10: Proyección de distribución del grupo cuya edad sea mayor de 25 años, 1990 - 2

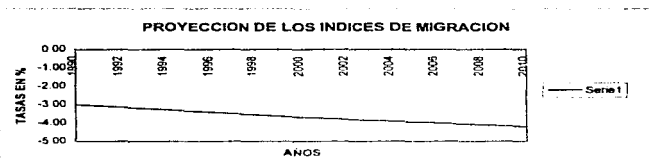


GRAFICO 11: Proyección de las tasas de migración internacional, 1990 - 2010.

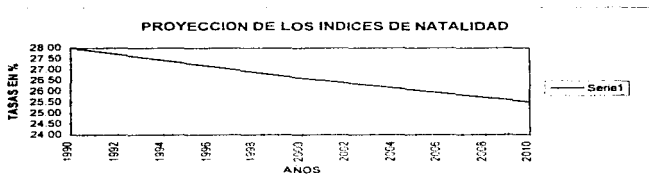


GRAFICO 12: Proyección de tasas de natalidad, 1990 - 2010

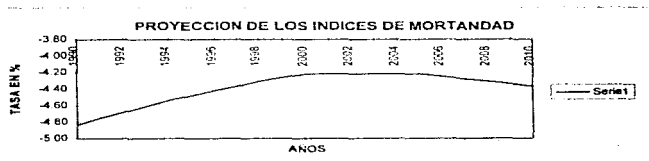


GRAFICO 13: Proyección de las tasas de mortalidad, 1990 - 2010

5.4.1.1 VARIABLES UTILIZADAS EN EL PRIMER SUBMODELO :

A continuación se enlistan el nombre y explicación de las variables que fueron utilizadas en el primer submodelo.

- **NATALIDAD :** Contiene la proyección del índice de natalidad nacional.
- **NACIMIENTOS :** Genera el número de nacimientos a nivel nacional anualmente.
- **POBLACION :** Nivel de población Nacional.
- **MIGRANTES :** Genera el número de emigrantes mexicanos hacia los E. U. A. por año.
- **MIGRACION :** Contiene la proyección del índice de migración nacional.
- **MUERTES :** Genera el número de muertes a nivel nacional anualmente.
- **MORTANDAD :** Contiene la proyección del índice de mortandad nacional.
- **POBL_AUX :** Variable que contiene el valor de población nacional.
- **POB_0_4 :** Grupo quinquenal de población de los 0 a 4 años.
- **POB_5_9 :** Grupo quinquenal de población de los 5 a 9 años.
- **POB_10_14 :** Grupo quinquenal de población de los 10 a 14 años.
- **POB_15_19 :** Grupo quinquenal de población de los 15 a 19 años.
- **POB_20_24 :** Grupo quinquenal de población de los 20 a 24 años.
- **POB_25_ :** Grupo que contiene a la población nacional mayor a los 25 años.

5.4.2 MODELO EDUCATIVO :

Partiendo de los datos arrojados por el modelo demográfico se procede a desglosar a los grupos quinquenales en grupos de edades que concuerden con los diferentes niveles de estudio a nivel nacional. De esta forma se tienen la población de preescolar entre los 4 y 5

años; la población de primaria entre lo 6 y 12 años; la población de secundaria entre los 13 y 16 años; la población de bachillerato y profesional media entre los 16 y los 19 años.

Los indicadores más importantes para la evaluación de cada nivel educativo son la atención a la demanda; la eficiencia terminal; la deserción y la absorción. Estos son los puntos más importantes en donde se pueden implementar políticas que conlleven a realizar cambios sustanciales para mejorar la educación, al menos a nivel cuantitativo (estadístico). Por otro lado cada nivel escolar está relacionado con 2 indicadores de infraestructura que son los de grupos y el de profesorado los cuales se definen a continuación :

GRUPOS : Se define como la relación del número de alumnos inscritos en un nivel de educación y el número de grupos registrados en ese mismo nivel.

PROFESORADO : Se define como la relación del número de alumnos inscritos en un nivel de educación y el número de profesores activos en ese mismo nivel.

Estos dos indicadores o índices se tomaron como constantes a lo largo de los 20 años simulados tomando como base la media de los valores históricos registrados en los últimos 5 años y que a continuación se transfieren sus valores :

Índice de Grupos en Primaria	= 22.93	alumnos / grupos
Índice de Profesores en Primaria	= 30.53	alumnos / profesores
Índice de Grupos en Secundaria	= 31.87	alumnos / grupos
Índice de Profesores en Secundaria	= 17.83	alumnos / profesores
Índice de Grupos en Bachillerato	= 37.67	alumnos / grupos
Índice de Profesores en Bachillerato	= 15.65	alumnos / profesores
Índice de Grupos en Media Profesional	= 27.22	alumnos / grupos
Índice de Profesores en Media Prof.	= 10.70	alumnos / profesores

5.4.2.1 VARIABLES UTILIZADAS EN EL SEGUNDO SUBMODELO :

A continuación se enlista el nombre y la explicación de las variables utilizadas en el segundo submodelo.

- **POB_PREESC** : Genera a la población de niños total que por su edad están en posibilidades de asistir a la educación Preescolar.

-
- **POB_PRIM** : Genera a la población de niños total que por su edad están en posibilidades de asistir a la educación Primaria.
 - **POB_SEC** : Genera a la población total que por su edad están en posibilidades de asistir a la educación Secundaria.
 - **POB_MEDPROF** : Genera a la población que por su edad está en posibilidades de asistir a la educación media superior.
 - **POB_BACH** : Genera a la población que por su edad está en posibilidades de asistir al bachillerato. (Su valor es igual al de la variable POB_MEDPROF).
 - **ATDEMD_1** : Atención a la demanda a nivel preescolar.
 - **ATDEMD_2** : Atención a la demanda a nivel primaria.
 - **ATDEMD_3** : Atención a la demanda a nivel secundaria.
 - **ATDEMD_4** : Atención a la demanda a nivel medio profesional.
 - **ATDEMD_5** : Atención a la demanda a nivel bachillerato.
 - **PREESCOLAR** : Matrícula de estudiantes inscritos en nivel preescolar.
 - **PRIMARIA** : Matrícula de estudiantes inscritos en nivel primaria.
 - **SECUNDARIA** : Matrícula de estudiantes inscritos en nivel secundaria.
 - **MED_PROF** : Matrícula de estudiantes en nivel media profesional.
 - **BACHILLERATO** : Matrícula de estudiantes en nivel bachillerato.
 - **GRUP_INDX_PRE** : Índice de grupos de preescolar a nivel nacional.
 - **GRUP_INDX_PRIM** : Índice de grupos de primaria a nivel nacional.
 - **GRUP_INDX_SEC** : Índice de grupos de secundaria a nivel nacional.
 - **GRUP_INDX_MEDPRO** : Índice de grupos de media profesional a nivel nacional.

-
- GRUP_INDX_BACH : Índice de grupos de bachillerato a nivel nacional.
 - PROF_INDX_PRE : Índice de profesores de preescolar a nivel nacional.
 - PROF_INDX_PRIM : Índice de profesores de primaria a nivel nacional.
 - PROF_INDX_SEC : Índice de profesores de secundaria a nivel nacional.
 - PROF_INDX_MEDPRO : Índice de profesores de educación media profesional a nivel nacional.
 - PROF_INDX_BACH : Índice de profesorado de bachillerato a nivel nacional.
 - GRUP_PRES : Número de grupos de preescolar generados según la matrícula existente.
 - GRUP_PRIM : Número de grupos de primaria generados según la matrícula existente.
 - GRUP_SEC : Número de grupos de secundaria generados según la matrícula existente.
 - GRUP_MEDPRO : Número de grupos de educación media profesional generados según la matrícula existente.
 - GRUP_BACH : Número de grupos de bachillerato generados según la matrícula existente.
 - PROF_PRES : Matrícula de profesores en nivel preescolar.
 - PROF_PRIM : Matrícula de profesores en nivel primaria.
 - PROF_SEC : Matrícula de profesores en nivel secundaria.
 - EFIC_TER_1 : Eficiencia terminal general a nivel preescolar.
 - EFIC_TER_2 : Eficiencia terminal general a nivel primaria.
 - EFIC_TER_3 : Eficiencia terminal general a nivel secundaria.
 - EFIC_TER_4 : Eficiencia terminal general a nivel medio profesional.

-
- EFIC_TER_5 : Eficiencia terminal general a nivel bachillerato.
 - EG_PRES : Egresados anuales a nivel preescolar.
 - EG_PRIM : Egresados anuales a nivel primaria.
 - EG_SEC : Egresados anuales a nivel secundaria.
 - FLUJO_2 : Número de estudiantes que ingresan anualmente a nivel primaria.
 - FLUJO_3 : Número de estudiantes que ingresan anualmente a nivel secundaria.
 - FLUJO_4 : Número de estudiantes que ingresan anualmente a la educación media profesional.
 - FLUJO_5 : Número de estudiantes que ingresan anualmente a bachillerato.
 - FLUJO_6 : Número de estudiantes que egresan anualmente de la educación media profesional.
 - FLUJO_7 : Número de estudiantes que egresan anualmente del bachillerato.
 - DESERCIÓN_2 : Índice de deserción a nivel primaria
 - DESERCIÓN_3 : Índice de deserción a nivel secundaria.
 - DESERTAN_2 : Número de deserciones a nivel primaria.
 - DESERTAN_3 : Número de deserciones a nivel secundaria.
 - DESERTAN_4 : Número de deserciones a nivel medio profesional.
 - DESERTAN_5 : Número de deserciones a nivel bachillerato.
 - EGRESAN_1 : Número de egresados a nivel primaria y que no continúan estudiando.
 - EGRESAN_2 : Número de egresados a nivel secundaria y que no continúan estudiando.

- AUX_2 : Variable auxiliar que solo transfiere el valor de la matrícula de primaria.
- AUX_3 : Variable auxiliar que solo transfiere el valor de la matrícula de secundaria.
- AUX_4 : Variable auxiliar que solo transfiere el valor de la matrícula de profesional media.
- AUX_5 : Variable auxiliar que solo transfiere el valor de la matrícula a nivel bachillerato.
- ABSORCION_1 : Índice de absorción a nivel secundaria.
- ABSORCION_2 : Índice de absorción a nivel bachillerato.
- ABSORCION_3 : Índice de absorción a nivel medio profesional.
- ABSORBIDOS_1 : Número de egresados de primaria que continúan a secundaria.
- ABSORBIDOS_2 : Número de egresados de secundaria que continúan a bachillerato.
- ABSORBIDOS_3 : Número de egresados de secundaria que continúan a media profesional.

5.5 OBTENCIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES :

Las corridas del modelo fueron hechas creando tres escenarios, cada uno se caracteriza por aplicar una estrategia de desarrollo diferente los cuales se explican a continuación :

- ESCENARIO I (TENDENCIAL) : Este escenario consiste en hacer solo los cambios necesarios con el fin de mantener el mismo nivel de la educación a través del periodo de simulación (20 años). Esto se logra simplemente haciendo cambios suaves de tal forma que el sistema educativo solo se adapte a las condiciones y requerimientos futuros de crecimiento de la población, pero manteniendo los indicadores de educación en un nivel muy parecido al que tienen al comienzo de la simulación.

- **ESCENARIO II (DE MEJORÍA)** : Este escenario consiste solo en realizar mejoras sustanciales en la atención a la demanda, sobre todo en los niveles básicos de educación de tal forma que estos cambios repercutirían notablemente en los niveles subsecuentes al existir más personas en condiciones de cursar niveles superiores.

- **ESCENARIO III (OPTIMISTA)** : Este escenario consiste en realizar mejoras en la atención a la demanda, así como el mejorar la eficiencia terminal en los niveles básicos.

Los puntos importantes a analizar en este estudio son la matrícula de estudiantes en cada nivel de educación; el profesorado en cada nivel y el número de grupos existentes por cada nivel.

En este estudio se analizará el nivel preescolar solo bajo un panorama que continúe bajo las condiciones que imperan al comienzo de la simulación debido a que este nivel aunque es importante para la formación de un estudiante, no forma parte de la educación básica y de hecho no es obligatorio para poder ingresar a la primaria y por otro lado es un nivel donde la inversión privada tiene una fuerte participación.

En el Anexo A que se encuentra al final de este trabajo aparece la representación gráfica del modelo de simulación donde cada una de sus variables han sido definidas en el punto 5.4.1 y 5.4.2 También aparecen las tabulaciones y gráficas obtenidas a partir de las corridas del modelo bajo los tres diferentes Escenarios.

5.5.1 RESULTADOS OBTENIDOS DEL MODELO DEMOGRÁFICO :

Tal como se puede apreciar en la tabulación de datos obtenidos del modelo de simulación, se infiere que el crecimiento natural de la Población será en números absolutos casi constante año tras año sin embargo, la tasa real de crecimiento tenderá a seguir bajando paulatinamente. Así la población nacional pasará de 83,026,124 en 1990 a 120,335,328 para el año 2010 lo que significa un crecimiento del 44.9 % en 20 años cuando en décadas pasadas se llegaron a presentar crecimientos del orden del 92 % en el mismo lapso de tiempo.

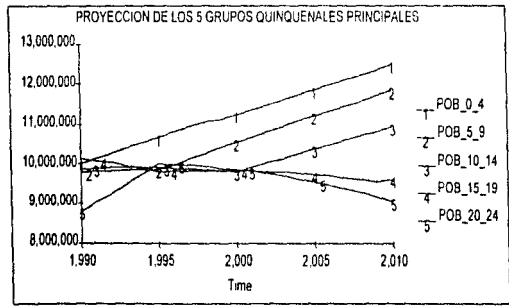
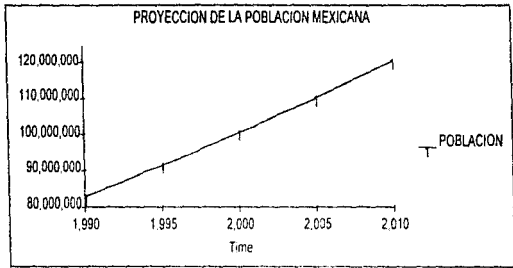
Por otro lado, tanto en la tabulación como en una de las gráficas se puede apreciar el desarrollo de los cinco grupos quinquenales comprendidos entre los 0 y 25 años los cuales corresponden a los grupos de interés para el propósito de este trabajo ya que es esta parte de la población la más susceptible para cursar algún nivel dentro del S.E.N.

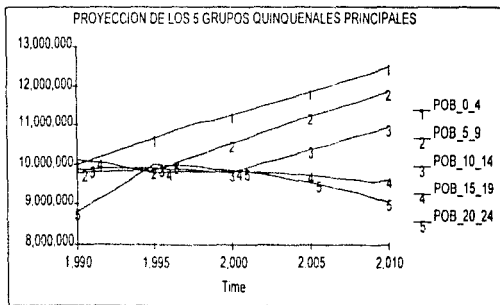
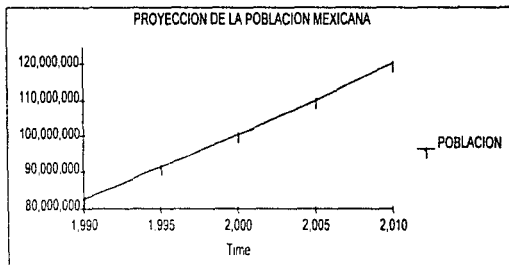
En la gráfica donde aparecen el desarrollo de los grupos quinquenales se puede observar que los tres grupos quinquenales comprendidos entre los 0 y 14 años presentan un crecimiento paulatino y constante mientras que los dos grupos quinquenales comprendidos entre los 15 y 24 años presentarán un pequeño crecimiento y posteriormente un decrecimiento para estabilizarse en el nivel que tenían en 1990.

En las dos siguientes páginas aparecen los resultados obtenidos del primer modelo de simulación, en la primera página aparece una tabulación que muestra el crecimiento de la población nacional así como de los diferentes grupos quinquenales, en la segunda página aparecen las gráficas de los mismos datos.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL
MODELO DEL SIMULACION

PROYECCION DEMOGRAFICA DE LA POBLACION MEXICANA Y DESGLOSE POR GRUPOS QUINQUENALES							
Time	POBLACION	POB_0_4	POB_5_9	POB_10_14	POB_15_19	POB_20_24	POB_25_29
1990	83,026,124 0	10,029,355 8	9,821,990 47	9,913,319 21	10,170,700 2	8,817,374 37	34,273,184 0
1991	84,700,761 0	10,155,621 2	9,842,228 43	9,926,929 19	10,113,270 9	9,046,041 27	35,616,670 0
1992	86,398,165 0	10,290,021 5	9,858,030 83	9,935,788 98	10,056,746 4	9,287,802 74	36,969,774 8
1993	88,117,489 0	10,424,299 9	9,877,970 52	9,939,652 76	9,992,523 25	9,534,312 31	38,348,731 2
1994	89,858,691 0	10,558,395 2	9,864,456 01	9,938,371 22	9,920,399 49	9,785,611 45	39,771,456 6
1995	91,621,719 0	10,692,254 6	9,895,145 65	9,940,956 51	9,840,172 62	10,041,740 4	41,211,449 2
1996	93,405,994 0	10,825,093 3	10,022,420 2	9,929,014 64	9,854,290 17	10,022,420 2	42,751,746 4
1997	95,210,190 0	10,958,692 9	10,158,927 3	9,911,390 78	9,863,775 68	9,997,069 65	44,320,343 4
1998	97,034,418 0	11,081,330 5	10,296,351 7	9,887,807 19	9,868,400 31	9,965,434 73	45,936,093 5
1999	98,879,043 0	11,133,760 2	10,431,739 0	9,858,240 59	9,868,128 49	9,927,455 92	47,580,595 5
2000	100,742,914	11,263,057 8	10,567,931 7	9,832,598 41	9,892,731 28	9,892,964 15	49,243,136 4
2001	102,624,792	11,391,351 9	10,693,503 3	9,844,342 34	9,851,600 03	9,841,717 55	50,819,797 0
2002	104,525,404	11,518,699 5	10,828,831 9	10,055,343 9	9,835,640 52	9,783,577 81	52,419,490 1
2003	106,444,491	11,645,027 3	10,963,782 6	10,176,093 3	9,814,182 07	9,718,362 03	54,041,668 1
2004	108,381,781	11,770,261 4	11,098,294 4	10,285,431 0	9,788,874 82	9,645,978 51	55,708,235 4
2005	110,336,989	11,893,293 7	11,232,305 5	10,404,778 1	9,764,623 53	9,577,250 65	57,375,234 3
2006	112,309,814	11,994,668 1	11,354,522 2	10,512,198 5	9,726,029 89	9,499,179 26	59,131,117 1
2007	114,296,575	12,115,437 0	11,466,805 8	10,618,151 8	9,688,919 90	9,395,178 47	60,908,644 8
2008	116,296,765	12,234,419 7	11,618,046 8	10,734,191 4	9,629,372 14	9,292,111 52	62,695,586 0
2009	118,309,662	12,375,211 6	11,748,169 3	10,837,183 4	9,571,267 84	9,180,845 29	64,526,198 7
2010	120,335,328	12,514,874 1	11,877,095 9	10,950,514 6	9,626,826 24	9,073,283 73	66,244,598 1





5.5.2 RESULTADOS BAJO EL ESCENARIO I (TENDENCIAL) :

Como ya se había mencionado anteriormente el Escenario I se basa en hacer cambios sutiles que solo permitan suplir los requerimientos futuros. Este panorama vendría correspondiendo a una alternativa de un escenario tendencial para el desarrollo futuro del S.E.N.

En cuanto al nivel Primaria se puede concluir que la expansión de la matrícula será de 2,357,228 educandos lo que representa un crecimiento del 15% en los 20 años. Este mismo crecimiento se verá reflejado en la matrícula de profesorado y en el número de grupos. El principal problema actual en este nivel escolar es el bajo índice en la eficiencia terminal, el cual se mantiene en el escenario I.

En el nivel de Secundaria solo se presenta una expansión en su matrícula de 300.051 educandos lo que corresponde a un crecimiento del 6.4%, mismo índice que se muestra en el nivel de profesorado y en el número de grupos. Este nivel se caracteriza por niveles regulares de atención a la demanda (73.6%), y una eficiencia terminal del 85%. Sin embargo, su matrícula se ve fuertemente influenciada por el bajo índice de eficiencia terminal en el nivel de primaria.

El nivel bachillerato muestra índices en la atención a la demanda y eficiencia terminal muy bajos, sin embargo muestra una fuerte expansión en su matrícula en 855,486 educandos lo que corresponde a un crecimiento del 47.8 %.

A nivel Profesional Medio se presenta una fuerte expansión de 311,337 educandos lo que corresponde a un crecimiento del 63.7% en su matrícula sin embargo, sus índices de atención a la demanda y eficiencia terminal son sumamente bajos.

5.5.3 RESULTADOS BAJO EL ESCENARIO II (DE MEJORIA)

El Escenario II se basa en mejorar paulatinamente la atención a la demanda en la Primaria pasando del 94% al 98% de la población total que se encuentra en condiciones de cursar este nivel y por otro lado manteniendo el mismo nivel el índice de eficiencia terminal. Este escenario corresponde a una alternativa de un escenario bueno para el desarrollo de S.E.N.

A nivel Primaria se presentó una expansión en la matrícula de 3,056,955 educandos en los 20 años lo que cooresponde a un crecimiento de 20%.

A nivel secundaria se presentó una expansión de 490,378 educandos lo que significa un crecimiento del 11.3% lo cual influyó a un crecimiento en la atención a la demanda.

A nivel Bachillerato se presentó una expansión de 930,160 educandos lo que corresponde a un crecimiento del 51.9 % acompañado de un fuerte crecimiento en la atención a la demanda.

A nivel Profesional Medio se presenta una expansión de 333,906 educandos lo que corresponde a un crecimiento del 63.4% y la atención a la demanda casi se duplicó.

5.5.4 RESULTADOS BAJO EL ESCENARIO III (OPTIMISTA)

El Escenario III se basa en mejorar paulatinamente la atención a la demanda en la Primaria pasando del 94% a 98% de la población total que se encuentra en condiciones de cursar este nivel tal como se realizó en el Escenario II. Por otro lado, se implementó una mejora paulatina en el índice de eficiencia terminal a nivel primaria siendo de 65% en 1990 y pasando a 85% para el año 2010.

Este Escenario corresponde a una alternativa optimista para el desarrollo del S.E.N.

A nivel Primaria la expansión de su matrícula fue de 3,056,955 educandos lo que corresponde a un crecimiento del 20% en los 20 años, al igual que como sucedió en el Escenario anterior.

A nivel Secundaria la expansión de la matrícula fue de 1,342,269 educandos lo que corresponde a un crecimiento del 31% que lleva a que el índice de atención a la demanda crezca hasta un valor del 95% para el año 2010.

A nivel Bachillerato se presentó una expansión de 1,672,301 educandos lo que corresponde a un crecimiento del 93% y llevó a la atención a la demanda hasta un valor del 36%.

A nivel Profesional Medio la expansión fue de 761,353 educandos, lo que corresponde a un crecimiento del 156% y llevó el índice de atención a la demanda hasta un 13 %.

5.5.5 CONCLUSIONES DERIVADAS A PARTIR DEL MODELO :

5.5.5.1 CONCLUSIONES GENERALES SOBRE LA SITUACIÓN DEMOGRÁFICA :

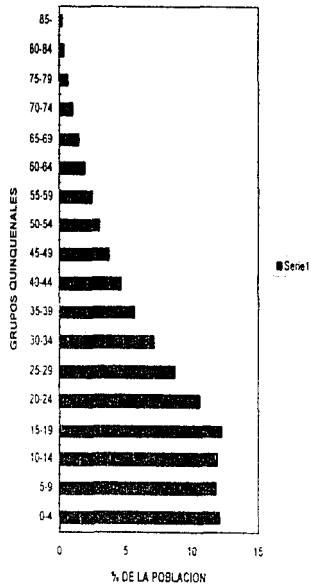
Analizando los resultados obtenidos por el modelo de simulación a través de los tres diferentes escenarios los cuales aparecen en el Anexo A, se pueden hacer las siguientes conclusiones y observaciones correspondientes a la situación demográfica actual :

- Observando que aunque el crecimiento de la Población Nacional va a ser del orden de un 45% durante los 20 años que toma en cuenta este estudio, en realidad factor demográfico va a ejercer una influencia suave en el crecimiento de la infraestructura educativa del país lo cual es debido a lo siguiente :

A pesar de que la población crece un 45% de hecho, no va existir un crecimiento o decrecimiento lo suficientemente grande dentro de los grupos quinquenales en estudio (0 a 24 años) que obliguen a tomar acciones drásticas para adecuar la oferta de los servicios educativos a la demanda potencial. De hecho, aunque la distribución en porcentajes de los diferentes grupos quinquenales si van a sufrir cambios relevantes, en realidad estos cambios son compensados por el aumento de la población en general, lo que da por resultado que estos grupos se mantengan casi constantes en números absolutos. Esto no significa que en un futuro ya no vaya a ser necesario ampliar la infraestructura educativa, simplemente que este crecimiento va a obedecer a otras razones tal como se verá más adelante.

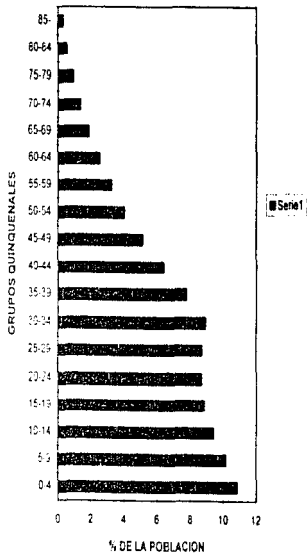
En la siguiente página aparecen dos graficas las cuales representan la distribución de la población por grupos quinquenales en el año 1990 y su estimación para el año 2010. Como se puede observar la población de 0 a 24 años que es el grupo de interés para los fines de este trabajo representó el 58.72 % de la población total para el año 1990, sin embargo, para el año 2010 se estima que este grupo representará el 48,00 % de la población total. Son estas diferencias en la distribución de la población las que compensan el crecimiento en números absolutos del grupo de la población entre los 0 y 24 años de edad y que va estrechamente relacionado con el fenómeno que se explica en el párrafo anterior.

DISTRIBUCION DE LA POBLACION EN 1990



DISTRIBUCION DE LA POBLACION NACIONAL EN 1990

DISTRIBUCION DE LA POBLACION EN 2010



DISTRIBUCION DE LA POBLACION NACIONAL EN 2010

5.5.5.2 CONCLUSIONES GENERALES SOBRE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL EN MATERIA DE EDUCACIÓN :

En el S.E.N., al menos en sus niveles básicos tal como nos lo muestra el modelo de simulación y sus resultados en el Anexo A bajo el escenario tendencial, se pueden observar tres puntos débiles que demeritan mucho la formación de habitantes que puedan alcanzar un buen nivel de preparación (Bachillerato o Profesional Media) y estos son :

A) Alto nivel de deserción a nivel Primaria: A nivel Primaria, aunque el nivel de atención a la demanda es bueno (94%), el nivel de deserción es del orden del 35%, esto significa que de cada 100 educandos que ingresan a este nivel, solo terminarán 65 y los otros 35 no concluirán este nivel y por lo tanto quedan inhabilitados para poder cursar niveles superiores de educación.

De esta forma, aunque el Gobierno Mexicano adopte una estrategia de canalizar grandes cantidades de recursos para la construcción de nuevas escuelas a nivel Bachillerato o Profesional Medio, lo más probable es que estas escuelas tengan una baja afluencia de estudiantes y se atacaría una consecuencia del problema en vez del factor que lo produce. Por lo tanto, es necesario disminuir el nivel de deserción si se quisiera incrementar la matrícula a nivel superior.

B) Alto nivel de deserción y baja atención a la demanda a nivel Bachillerato : A nivel Bachillerato el problema se presenta con dos facetas. Por un lado, la deserción en estudiantes es muy alta (40%) lo cual significa una baja eficiencia y despilfarro de recursos del sistema educativo a este nivel. Por otro lado, la atención a la demanda es muy baja (20%) lo cual es consecuencia de los problemas acarreados desde los niveles anteriores y por otro lado, porque en este nivel la infraestructura solo se encuentran en poblaciones grandes (aislamiento geográfico).

El efecto conjunto de estos dos indicadores (alto nivel de deserción y baja atención a la demanda) implican que de cada 100 habitantes que se encuentran en edad de asistir al nivel Bachillerato, solo 12 personas logran cursarlo y terminarlo.

C) Alto nivel de deserción y baja atención a la demanda a nivel Profesional Medio : A nivel Profesional Medio, el problema se presenta de igual manera que a nivel Bachillerato.

El nivel de deserción es del (70%) y la atención a la demanda es del (5%). Así, el efecto conjunto de estos dos indicadores implican que de cada 100 habitantes que encuentran en edad de asistir al nivel Profesional Medio, solo 1.5 personas logran cursarlo y terminarlo.

Los problemas mencionados en los incisos B y C provocan a la larga que el nivel general de preparación se mantenga bajo o a un nivel mediocre.

5.5.5.3 CONCLUSIONES OBTENIDAS A PARTIR DE CADA ESCENARIO :

En la siguiente página aparece un cuadro comparativo el cual contiene el crecimiento en números absolutos ocurrido en los 20 años que comprende el modelo de simulación en los indicadores de matrícula de alumnos y de matrícula de profesores.

TABLA DE DATOS COMPARATIVOS EN LOS DIFERENTES NIVELES DEL S.E.N.

	ESCENARIO I		ESCENARIO II		ESCENARIO III		DIFERENCIA DE CRECIMIENTOS ENTRE LOS ESCENARIOS I Y III REFLEJADO EN EL PROFESORADO
	MATRICUL	PROFESO	MATRICULA	PROFESO	MATRICULA	PROFESO	PROFESORADO
PRIMARIA	2.357.228	77.210	3.056.955	110.129	3.056.955	100.129	29.60%
SECUNDARIA	330.051	27.425	490.378	27.425	1.342.269	75.071	173.70%
BACHILLERATO	855.486	54.664	930.160	59.435	1.672.301	106.857	95.40%
PROF. MEDIA	311.337	29.097	333.906	31.206	761.353	71.155	144.50%

TABULACION DE LOS CRECIMIENTOS EN LA MATRICULA Y PROFESORADO PARA LOS DIFERENTES NIVELES ESCOLARES Y BAJO LOS TRES DIFERENTES ESCENARIOS EN LOS 20 AÑOS QUE QUE COMPRENDE EL ESTUDIO DE SIMULACION.

En base a los resultados que aparecen en el cuadro de la página anterior se pueden hacer las siguientes observaciones:

ESCENARIO I (TENDENCIAL) : Recordando brevemente que este escenario fue definido como aquel en el que no se implementaba ninguna mejora en ningún nivel educativo, solo se mantenía un crecimiento que ayudara a suplir los requisitos demandados por el crecimiento de la población

En este caso los crecimientos tanto en la matrícula de alumnos y profesores así como en el crecimiento de los grupos se debe principalmente a la reestructuración de los diferentes grupos quinquenales, así como a la inercia que ha venido presentando el país en un mejoramiento del nivel general de educación. Esto provoca un crecimiento fuerte sobre todo a niveles de Profesional Medio y Bachillerato con un mejoramiento en la atención a la demanda.

A nivel Primaria se registra un crecimiento alto en números absolutos lo que implica que se deben formar del orden de 3,860 profesores al año enfocados a este nivel.

ESCENARIO II (DE MEJORA) : Recordando brevemente que este escenario se definió como aquel en el que se implementaba una mejora en la atención a la demanda a nivel Primaria y toma en cuenta la reestructuración de los grupos quinquenales. Esta situación provoca una mejora en la matrícula a nivel Secundaria mientras que a nivel Profesional Medio y Bachillerato presentan un crecimiento muy similar al del primer escenario.

ESCENARIO III (OPTIMISTA) : En este escenario el cual se definió como una alternativa en la que se implementan mejoras tanto en la atención a la demanda como a la eficiencia terminal, se presentan crecimientos muy fuertes en todos los niveles pero sobre todo a nivel Secundaria el cual fue un nivel que no registró un gran crecimiento bajo los escenarios anteriores.

También a nivel Bachillerato y Profesional medio se tuvo un crecimiento muy grande. Estos crecimientos tan altos obedecen a la mejora en la eficiencia terminal a nivel Primaria, lo cual fue el detonador para que los niveles subsecuentes pudieran tener un desarrollo mucho mayor. Esto significa que el mejorar la eficiencia terminal a niveles básicos representa un punto clave para el mejoramiento del S.E.N. aunque a su vez representa un gran reto el como lograr esto en el terreno práctico.

Haciendo una comparación entre el Escenario I y el Escenario III, los cuales se encuentran en las dos situaciones extremas (tendencial y optimista) y tomando en cuenta que el objetivo sería el de llegar a la situarse en el Escenario III, se tienen las diferencias de profesorado o grupos. Algunas de estas diferencias se encuentran tabuladas en el cuadro comparativo de la página 117. Son estas diferencias las que marcan el esfuerzo extra que se tiene que hacer para poderse posicionarse en el Escenario III :

A nivel Secundaria la diferencia en la matrícula del profesorado es de 47,646 esto implicaría un esfuerzo 3 veces mayor en la formación de profesores (3,753 profesores/año) y en el caso de formación de los grupos la diferencia es de 31,761 grupos, lo que implicaría un esfuerzo 4 veces superior (2,105 grupos/año).

A nivel Bachillerato la diferencia en la matrícula del profesorado es de 52,193, esto implicaría un esfuerzo 2 veces mayor en la formación de profesores (5342 profesores/año) y en el caso de formación de los grupos la diferencia es de 21,683 grupos, lo que implicaría un esfuerzo 2 veces mayor (2219 grupos/año).

A nivel Profesional Medio la diferencia en la matrícula del profesorado es de 42,058, esto implicaría un esfuerzo 2.5 veces mayor en la formación de profesores (3557 profesores/año) y en el caso de los grupos la diferencia es de 16,533 grupos, lo que implicaría un esfuerzo 2.5 veces mayor (1398 grupos/año).

Como punto final se puede observar que esta técnica de simulación permite visualizar los puntos hacia donde se tienen que enfocar esfuerzos para mejorar el funcionamiento total de un sistema, por lo que esta técnica puede ser una herramienta de gran importancia dentro de la Plantación Estratégica.

BIBLIOGRAFÍA :

- Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1994, I.N.E.G.I.
- Proyecciones de la Población de México y las entidades federativas 1980 - 2010, I.N.E.G.I.
- Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 1992, C.O.N.A.P.O.
- Programa Nacional de Población 1995 - 2000, Poder Ejecutivo.
- Cuaderno # 1 de Estadísticas de Población, I.N.E.G.I.
- Estadísticas básicas del sistema educativo nacional, S.E.P.
- Plan Nacional de Desarrollo 1995 - 2000, Poder Ejecutivo.

ANEXO A

MODELO DE SIMULACIÓN

Y CONDENSADO DE

RESULTADOS

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES DE NIVEL
PREESCOLAR

Time	Preescolar	Prof_prees	Grup_prees	Demanda_1	Eficier_1
1,990	3,048,984.96	117,268.65	143,346.73	0.76	0.50
1,991	3,087,308.86	118,742.85	145,148.51	0.76	0.50
1,992	3,128,166.52	120,314.10	147,069.42	0.76	0.50
1,993	3,168,986.88	121,884.11	148,988.57	0.76	0.50
1,994	3,209,752.44	123,452.02	150,905.15	0.76	0.50
1,995	3,250,445.40	125,017.13	152,818.31	0.76	0.50
1,996	3,291,015.34	126,577.51	154,725.69	0.76	0.50
1,997	3,331,442.63	128,132.41	156,625.36	0.76	0.50
1,998	3,368,724.48	129,566.33	158,379.15	0.76	0.50
1,999	3,384,669.19	130,179.58	159,128.78	0.76	0.50
2,000	3,423,969.57	131,691.14	160,976.47	0.76	0.50
2,001	3,462,970.98	133,191.19	162,810.11	0.76	0.50
2,002	3,501,684.65	134,688.18	164,630.21	0.76	0.50
2,003	3,540,068.30	136,157.24	166,435.75	0.76	0.50
2,004	3,578,159.47	137,621.52	168,225.65	0.76	0.50
2,005	3,612,521.29	138,943.13	169,841.15	0.76	0.50
2,006	3,646,385.19	140,245.58	171,433.25	0.76	0.50
2,007	3,683,092.83	141,657.42	173,159.04	0.76	0.50
2,008	3,719,263.58	143,048.60	174,859.59	0.76	0.50
2,009	3,762,064.32	144,694.78	176,871.85	0.76	0.50
2,010	3,804,521.73	146,327.76	178,687.97	0.76	0.50

RESULTADOS OBTENIDOS
BAJO EL ESCENARIO I

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL PRIMARIA						
Time	Primaria	Prof_prim	Grup_prim	AlDemd_2	EficTer_2	
1,990	14,823,783 0	465,548 08	645,073 24	0,94	0,65	
1,991	14,823,783 1	465,548 08	645,073 24	0,94	0,65	
1,992	14,854,932 7	466,558 38	646,428 75	0,94	0,65	
1,993	14,872,900 6	487,156 91	647,210 64	0,94	0,65	
1,994	14,894,315 7	487,856 36	648,142 55	0,94	0,65	
1,995	14,897,015 7	487,948 80	648,260 04	0,94	0,65	
1,996	14,909,989 8	488,371 76	648,624 62	0,94	0,65	
1,997	15,039,067 5	492,615 38	654,462 47	0,94	0,65	
1,998	15,165,054 2	496,431 52	659,532 39	0,94	0,65	
1,999	15,210,737 2	500,187 92	664,522 94	0,94	0,65	
2,000	15,381,739 9	503,823 78	669,353 35	0,94	0,65	
2,001	15,495,665 6	507,555 38	674,310 95	0,94	0,65	
2,002	15,687,975 0	513,854 40	682,679 50	0,94	0,65	
2,003	15,877,372 7	520,658 05	690,821 35	0,94	0,65	
2,004	16,073,255 5	526,474 14	699,445 41	0,94	0,65	
2,005	16,280,067 2	532,593 09	707,574 73	0,94	0,65	
2,006	16,454,427 8	538,959 31	716,032 54	0,94	0,65	
2,007	16,628,748 1	544,603 60	723,531 25	0,94	0,65	
2,008	16,812,816 2	550,698 21	731,628 21	0,94	0,65	
2,009	17,002,066 6	556,897 69	739,864 52	0,94	0,65	
2,010	17,181,011 2	562,758 31	747,650 62	0,94	0,65	

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL
SECUNDARIA

Time	Secundaria	Prof_sec	Grup_sec	AtDemd_3	EficTer_3
1,990	4,319,676 00	241,589 26	135,538 63	0 72	0 85
1,991	4,260,826 45	238,361 26	133,693 96	0 711	0 85
1,992	4,221,633 42	236,109 25	132,454 18	0 705	0 85
1,993	4,198,406 85	234,810 23	131,735 36	0 703	0 85
1,994	4,184,596 47	234,037 83	131,302 05	0 702	0 85
1,995	4,177,384 73	233,634 49	131,075 77	0 703	0 85
1,996	4,172,828 45	233,379 67	130,932 60	0 702	0 85
1,997	4,170,999 69	233,277 39	130,875 42	0 703	0 85
1,998	4,181,850 67	233,864 26	131,215 51	0 705	0 85
1,999	4,199,939 70	234,855 96	131,783 49	0 711	0 85
2,000	4,222,683 48	235,167 98	132,497 13	0 715	0 85
2,001	4,246,187 76	237,594 39	133,297 36	0 714	0 85
2,002	4,275,804 66	239,138 96	134,763 94	0 714	0 85
2,003	4,312,132 79	241,170 74	135,303 82	0 715	0 85
2,004	4,353,997 08	243,512 14	136,617 42	0 717	0 85
2,005	4,400,156 36	246,033 76	138,065 76	0 72	0 85
2,006	4,446,333 83	248,788 25	139,577 47	0 723	0 85
2,007	4,498,560 08	251,597 32	141,153 44	0 728	0 85
2,008	4,548,098 74	254,367 94	142,707 84	0 731	0 85
2,009	4,598,459 86	257,184 56	144,268 04	0 736	0 85
2,010	4,649,667 65	260,048 53	145,894 81	0 737	0 85

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL
BACHILLERATO

Time	Bachillerato	Prof_Bach	Grup_Bach	AtDemnd_5	Eficier_5
1,990	1,790,043.00	114,379.74	47,519.06	0.176	0.60
1,991	2,039,119.77	130,295.19	54,131.13	0.202	0.60
1,992	2,193,660.28	140,169.99	58,233.62	0.218	0.60
1,993	2,269,013.49	146,262.64	60,764.69	0.229	0.60
1,994	2,348,034.67	150,034.16	62,331.69	0.237	0.60
1,995	2,394,678.12	152,375.60	63,304.44	0.242	0.60
1,996	2,407,695.06	153,646.93	63,915.45	0.244	0.60
1,997	2,422,147.60	154,769.81	64,299.11	0.246	0.60
1,998	2,431,424.56	155,362.99	64,545.36	0.246	0.60
1,999	2,439,733.62	155,693.53	64,765.96	0.247	0.60
2,000	2,448,815.01	155,473.80	65,007.03	0.248	0.60
2,001	2,459,322.24	157,145.19	65,295.96	0.25	0.60
2,002	2,471,320.67	157,911.66	65,604.48	0.251	0.60
2,003	2,484,726.86	158,766.49	65,860.36	0.253	0.60
2,004	2,500,777.16	159,794.07	66,366.44	0.256	0.60
2,005	2,519,674.19	161,001.55	66,688.09	0.258	0.60
2,006	2,541,309.94	162,384.02	67,462.44	0.261	0.60
2,007	2,565,166.67	163,908.41	68,095.74	0.265	0.60
2,008	2,590,905.16	165,553.05	68,779.01	0.269	0.60
2,009	2,617,763.60	167,269.24	69,492.00	0.274	0.60
2,010	2,645,529.65	169,043.43	70,229.09	0.275	0.60

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL
PROFESIONAL MEDIO

Time	Med_prof	Prof_Medpro	Grup_Medpro	AtDemnd_4	EficTer_4
1.990	488,193.00	45,625.51	17,935.08	0.048	0.33
1.991	581,071.68	54,305.76	21,347.23	0.0575	0.33
1.992	639,511.97	59,767.47	23,464.19	0.0635	0.33
1.993	676,152.95	63,191.85	24,840.30	0.0677	0.33
1.994	699,205.85	65,346.34	25,687.21	0.0705	0.33
1.995	713,757.25	66,706.29	26,221.79	0.0725	0.33
1.996	723,031.43	67,573.03	26,562.51	0.0734	0.33
1.997	728,944.60	68,125.65	26,779.74	0.0739	0.33
1.998	732,778.50	68,483.97	26,920.59	0.0743	0.33
1.999	735,976.54	68,782.85	27,038.06	0.0746	0.33
2.000	739,176.96	69,082.15	27,155.73	0.0749	0.33
2.001	742,659.75	69,407.45	27,283.61	0.0754	0.33
2.002	746,489.47	69,765.37	27,424.36	0.0759	0.33
2.003	750,676.83	70,156.71	27,578.13	0.0765	0.33
2.004	755,618.08	70,618.51	27,759.67	0.0772	0.33
2.005	761,395.54	71,157.93	27,971.69	0.078	0.33
2.006	767,968.61	71,772.77	28,213.39	0.079	0.33
2.007	775,205.52	72,449.11	28,479.26	0.0801	0.33
2.008	783,002.22	73,177.78	28,765.70	0.0813	0.33
2.009	791,131.44	73,937.52	29,064.34	0.0827	0.33
2.010	799,530.99	74,722.52	29,372.92	0.0841	0.33

RESULTADOS OBTENIDOS
BAJO EL ESCENARIO II

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL
PRIMARIA

Time	Primaria	Fofc_prim	Grup_prim	AtDemd_2	Eficter_2
1.990	14,823,783 0	485,548 08	645,073 24	0.94	0.65
1.991	14,823,783 1	485,548 09	645,073 24	0.942	0.65
1.992	14,881,795 6	487,775 82	648,032 68	0.944	0.65
1.993	14,940,561 1	489,373 77	650,155 64	0.946	0.65
1.994	14,993,925 0	491,121 13	652,477 28	0.948	0.65
1.995	15,028,323 5	492,247 74	653,974 04	0.95	0.65
1.996	15,073,135 3	493,715 53	655,924 08	0.952	0.65
1.997	15,236,074 2	499,052 55	663,014 54	0.954	0.65
1.998	15,386,360 4	503,675 12	665,554 41	0.956	0.65
1.999	15,535,276 2	508,852 81	676,034 65	0.958	0.65
2.000	15,680,930 4	513,623 66	682,372 95	0.96	0.65
2.001	15,830,040 7	518,507 72	688,861 65	0.962	0.65
2.002	16,059,655 2	526,035 22	698,662 28	0.964	0.65
2.003	16,287,529 7	533,492 62	708,789 79	0.966	0.65
2.004	16,522,665 0	541,194 53	719,002 13	0.968	0.65
2.005	16,749,303 7	548,517 87	728,664 39	0.97	0.65
2.006	16,984,516 4	556,322 29	738,100 16	0.972	0.65
2.007	17,167,774 9	563,307 40	748,380 11	0.974	0.65
2.008	17,426,000 4	570,782 85	758,311 59	0.976	0.65
2.009	17,658,348 8	578,393 34	768,422 49	0.978	0.65
2.010	17,880,738 8	585,677 65	778,100 03	0.98	0.65

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL SECUNDARIA

Time	Secundaria	Prof_sec	Grup_sec	AlDemd_3	EficTer_3	bsorcion
1.990	4,319,616.00	241,589.26	135,538.63	0.72	0.85	0.86
1.991	4,260,826.45	238,301.26	133,693.95	0.711	0.85	0.86
1.992	4,221,633.42	236,109.25	132,464.18	0.705	0.85	0.86
1.993	4,201,841.24	235,002.31	131,843.15	0.703	0.85	0.86
1.994	4,193,191.64	234,518.55	131,571.75	0.704	0.85	0.86
1.995	4,192,355.36	234,474.01	131,546.76	0.705	0.85	0.86
1.996	4,195,069.06	234,623.55	131,630.66	0.706	0.85	0.86
1.997	4,201,025.46	234,956.74	131,817.59	0.708	0.85	0.86
1.998	4,220,178.57	236,027.68	132,416.53	0.712	0.85	0.86
1.999	4,246,948.29	237,525.07	133,258.50	0.718	0.85	0.86
2.000	4,278,668.76	239,259.15	134,253.80	0.725	0.85	0.86
2.001	4,313,365.86	241,240.82	135,543.14	0.725	0.85	0.86
2.002	4,350,422.70	243,312.23	136,505.26	0.726	0.85	0.86
2.003	4,396,524.68	245,890.66	137,951.83	0.729	0.85	0.86
2.004	4,446,471.51	248,795.55	139,581.79	0.733	0.85	0.86
2.005	4,505,039.66	251,958.03	141,355.81	0.737	0.85	0.86
2.006	4,563,816.57	255,247.01	143,201.02	0.742	0.85	0.86
2.007	4,624,935.44	258,685.29	145,118.78	0.749	0.85	0.86
2.008	4,689,549.65	262,055.35	147,020.70	0.753	0.85	0.86
2.009	4,747,222.14	265,504.59	148,935.82	0.76	0.85	0.86
2.010	4,809,984.25	269,074.78	150,925.14	0.763	0.85	0.86

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL BACHILLERATO

Time	Bachillerato	Prof_Bach	Grup_Bach	AtDemnd_5	EficTer_5	Absorcion_2
1990	1,790,043.00	114,379.74	47,519.06	0.176	0.60	0.691
1991	2,039,119.77	130,295.19	54,131.13	0.202	0.60	0.691
1992	2,193,660.28	140,169.99	58,233.62	0.218	0.60	0.691
1993	2,289,013.49	146,262.84	60,764.89	0.229	0.60	0.691
1994	2,348,707.10	150,077.13	62,349.54	0.237	0.60	0.691
1995	2,366,809.29	152,511.78	63,361.01	0.243	0.60	0.691
1996	2,412,054.85	154,124.91	64,031.19	0.245	0.60	0.691
1997	2,429,408.72	155,233.78	64,491.87	0.246	0.60	0.691
1998	2,442,144.33	156,047.55	64,829.95	0.247	0.60	0.691
1999	2,454,384.72	156,829.69	65,154.89	0.249	0.60	0.691
2000	2,467,766.33	157,666.03	65,510.65	0.25	0.60	0.691
2001	2,482,951.39	158,653.76	65,912.70	0.252	0.60	0.691
2002	2,499,825.54	159,733.26	66,361.18	0.254	0.60	0.691
2003	2,518,339.92	160,916.29	66,852.67	0.257	0.60	0.691
2004	2,539,709.42	162,281.75	67,419.95	0.26	0.60	0.691
2005	2,564,126.61	163,841.96	68,068.13	0.263	0.60	0.691
2006	2,591,474.61	165,589.43	68,794.12	0.266	0.60	0.691
2007	2,621,220.69	167,490.14	69,583.77	0.271	0.60	0.691
2008	2,653,019.15	169,521.93	70,427.88	0.276	0.60	0.691
2009	2,688,064.40	171,634.79	71,305.66	0.281	0.60	0.691
2010	2,720,203.71	173,814.93	72,211.41	0.283	0.60	0.691

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL PROFESIONAL
MEDIO

Time	Med_prof	Prof_Medpro	Grup_Medpro	Aidemnd_4	EficTer_4	Absorcio_3
1,990	488,193 00	45,625 51	17,935 08	0 048	0 33	0 209
1,991	581,071 68	54,305 76	21,347 23	0 0575	0 33	0 209
1,992	639,511 97	59,767 47	23,494 19	0 0695	0 33	0 209
1,993	676,162 95	63,191 86	24,840 30	0 0577	0 33	0 209
1,994	659,409 09	65,365 34	25,654 68	0 0705	0 33	0 209
1,995	714,401 35	66,766 48	26,245 46	0 0726	0 33	0 209
1,996	724,349 07	67,696 17	26,610 91	0 0735	0 33	0 209
1,997	731,136 09	68,330 75	26,890 36	0 0741	0 33	0 209
1,998	738,618 30	68,786 76	27,039 61	0 0746	0 33	0 209
1,999	740,404 42	69,156 67	27,200 75	0 075	0 33	0 209
2,000	744,912 57	69,616 00	27,366 37	0 0755	0 33	0 209
2,001	749,795 04	70,074 30	27,545 74	0 0761	0 33	0 209
2,002	755,104 37	70,570 50	27,740 79	0 0768	0 33	0 209
2,003	760,835 55	71,165 13	27,951 34	0 0775	0 33	0 209
2,004	767,364 40	71,718 17	28,191 93	0 0784	0 33	0 209
2,005	774,824 20	72,413 48	28,465 25	0 0793	0 33	0 209
2,006	783,129 65	73,189 69	28,770 38	0 0805	0 33	0 209
2,007	792,145 46	74,032 38	29,101 63	0 0818	0 33	0 209
2,008	801,774 35	74,932 18	29,455 34	0 0833	0 33	0 209
2,009	811,779 73	75,867 26	29,822 91	0 0848	0 33	0 209
2,010	822,099 40	76,831 72	30,202 04	0 0854	0 33	0 209

RESULTADOS OBTENIDOS
BAJO EL ESCENARIO III

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL
PRIMARIA

Time	Primaria	Prof_prim	Grup_prim	AtDerm_2	EficTer_2
1,990	14 823,783 0	465,548 08	645,073 24	0 94	0 65
1,991	14 823,783 1	465,548 09	645,073 24	0 942	0 66
1,992	14 891,795 6	467,775 82	648,032 88	0 944	0 67
1,993	14 940,581 1	489 373 77	650,155 84	0 946	0 68
1,994	14 993,928 0	491,121 13	652,477 28	0 948	0 69
1,995	15 025,323 5	492,247 74	653,974 04	0 95	0 70
1,996	15 073,135 3	493,715 53	655,924 08	0 952	0 71
1,997	15 235,074 2	499,052 55	663,014 54	0 954	0 72
1,998	15 356,360 4	503,975 12	668,554 41	0 956	0 73
1,999	15 535,276 2	508,852 81	676,034 65	0 958	0 74
2,000	15 660,930 4	513,623 66	682,372 95	0 96	0 75
2,001	15 830,040 7	518,507 72	688,861 65	0 962	0 76
2,002	16 059,855 2	525,035 22	698,852 28	0 964	0 77
2,003	16 287,529 7	533,492 82	708,769 79	0 966	0 78
2,004	16 522,665 0	541,194 53	719,002 13	0 968	0 79
2,005	16 749,303 7	548,617 87	728,854 39	0 97	0 80
2,006	16 964,519 4	556,322 29	739,100 06	0 972	0 81
2,007	17 197,774 9	563,307 40	748,380 11	0 974	0 82
2,008	17 426,000 4	570,782 85	758,311 59	0 976	0 83
2,009	17 658,348 8	578,393 34	769,422 49	0 978	0 84
2,010	17 890,738 8	585,677 65	778,100 03	0 98	0 85

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL SECUNDARIA

Time	Secundaria	Prof_sec	Grup_sec	AlDem_3	Eficier_3	Absorcion_1
1,990	4,319,616 00	241,589 26	135,538 63	0 72	0 85	0 86
1,991	3,828,864 85	214,142 33	120,140 10	0 639	0 855	0 862
1,992	3,588,044 08	200,673 61	112,583 75	0 559	0 86	0 864
1,993	3,493,905 71	195,408 60	109,629 93	0 585	0 865	0 866
1,994	3,461,167 20	194,697 27	109,230 85	0 584	0 87	0 868
1,995	3,515,782 47	196,632 13	110,316 36	0 591	0 875	0 87
1,996	3,576,247 94	200,013 87	112,213 62	0 602	0 88	0 872
1,997	3,653,412 04	204,329 53	114,634 83	0 615	0 885	0 874
1,998	3,753,472 57	209,025 75	117,774 48	0 633	0 89	0 876
1,999	3,866,936 69	216,271 74	121,334 76	0 654	0 895	0 878
2,000	3,989,536 69	223,128 45	125,181 57	0 676	0 90	0 88
2,001	4,116,624 36	230,346 12	129,232 02	0 692	0 905	0 882
2,002	4,253,435 51	237,897 89	133,462 05	0 71	0 91	0 884
2,003	4,402,354 59	246,216 70	138,134 75	0 73	0 915	0 886
2,004	4,561,433 97	255,113 76	143,126 26	0 751	0 92	0 888
2,005	4,729,509 96	264,513 98	148,400 66	0 773	0 925	0 89
2,006	4,904,115 18	274,279 37	153,878 73	0 797	0 93	0 892
2,007	5,085,827 24	284,442 24	159,560 40	0 822	0 935	0 894
2,008	5,271,369 76	294,820 46	165,402 88	0 848	0 94	0 896
2,009	5,463,298 92	305,553 63	171,424 50	0 874	0 945	0 898
2,010	5,661,885 94	316,660 29	177,655 66	0 898	0 95	0 90

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL
BACHILLERATO

Time	Bachillerato	Prof_Bach	Grup_Bach	AtDemnd_5	Absorcion_2
1990	1.790.043.00	114.379.74	47.519.06	0.176	0.691
1991	2.039.119.77	130.295.19	54.131.13	0.202	0.693
1992	2.115.611.31	135.182.83	56.161.70	0.21	0.695
1993	2.125.183.24	135.794.46	56.415.80	0.213	0.697
1994	2.118.612.19	135.387.36	56.246.67	0.214	0.699
1995	2.118.011.01	135.336.17	56.225.41	0.215	0.701
1996	2.130.571.75	136.136.77	56.558.85	0.216	0.703
1997	2.157.515.49	137.860.41	57.274.10	0.219	0.705
1998	2.197.752.48	140.431.47	58.342.25	0.223	0.707
1999	2.251.944.21	143.894.20	59.780.64	0.228	0.709
2000	2.318.647.75	148.156.41	61.551.57	0.235	0.71
2001	2.396.663.10	153.103.07	63.666.67	0.243	0.712
2002	2.482.473.13	158.624.48	65.900.53	0.252	0.714
2003	2.576.604.02	164.639.23	68.399.36	0.263	0.716
2004	2.679.471.31	171.212.22	71.130.11	0.274	0.718
2005	2.790.960.92	178.336.16	74.089.15	0.286	0.72
2006	2.910.795.98	185.993.35	77.270.93	0.299	0.722
2007	3.038.291.34	194.140.02	80.655.46	0.314	0.724
2008	3.173.159.22	202.757.78	84.235.71	0.33	0.726
2009	3.314.509.16	211.789.72	87.988.03	0.346	0.728
2010	3.462.344.39	221.236.06	91.912.51	0.36	0.73

TABULACION REFERENTE A LOS PRINCIPALES INDICADORES A NIVEL PROFESIONAL MEDIO

Time	Med_prof	Prof_Medpro	Grup_Medpro	AltDemnd_4	Eficier_5	Absorcion_3
1.990	488,193 00	45,825 51	17,935 08	0 048	0 60	0 209
1.991	581,071 68	54,305 76	21,347 23	0 0575	0 615	0 212
1.992	618,617 47	57,814 72	22,726 58	0 0615	0 63	0 215
1.993	633,513 62	59,206 88	23,273 83	0 0634	0 645	0 218
1.994	641,972 79	59,997 46	23,584 60	0 0647	0 66	0 221
1.995	651,161 82	60,866 24	23,922 18	0 0662	0 675	0 224
1.996	663,933 64	62,049 89	24,391 40	0 0674	0 69	0 227
1.997	680,941 82	63,639 42	25,016 23	0 069	0 705	0 23
1.998	702,098 49	65,616 66	25,763 48	0 0711	0 72	0 233
1.999	727,841 12	68,022 53	26,739 20	0 0738	0 735	0 236
2.000	757,883 69	70,830 25	27,842 50	0 0768	0 765	0 239
2.001	791,784 31	73,996 53	29,086 33	0 0804	0 78	0 242
2.002	829,094 83	77,495 50	30,469 03	0 0843	0 795	0 246
2.003	869,489 04	81,260 86	31,943 02	0 0886	0 81	0 249
2.004	913,412 10	85,365 62	33,556 65	0 0933	0 825	0 252
2.005	960,917 46	89,805 37	35,301 89	0 0984	0 84	0 255
2.006	1,011,995 42	94,579 01	37,178 38	0 104	0 855	0 258
2.007	1,069,484 27	99,671 43	39,180 17	0 11	0 87	0 261
2.008	1,124,355 34	105,079 94	41,306 22	0 117	0 885	0 264
2.009	1,185,355 32	110,780 87	43,547 22	0 124	0 90	0 267
2.010	1,249,546 93	116,780 09	45,905 47	0 13	0 915	0 27