



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

18
Zij

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

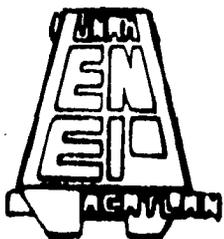
"APLICACION DE LA SIMULACION EN EL
FINANCIAMIENTO BANCARIO A LA VIVIENDA"

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN MATEMATICAS
APLICADAS Y COMPUTACION

P R E S E N T A
SALVADOR GIL OCOTECATL

ASESOR: ACT. MARIA DEL CARMEN GONZALEZ VIDEGARAY



ACATLAN, EDO. DE MEXICO

MAYO DE 1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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).

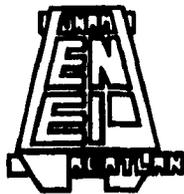
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLÁN



LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y

COMPUTACIÓN

**“APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN EN EL
FINANCIAMIENTO
BANCARIO A LA VIVIENDA”**

**TRABAJO QUE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y COMPUTACIÓN**

SALVADOR GIL OCOTÉCATL

ASESOR: ACT. MARÍA DEL CARMEN GONZÁLEZ VIDEGARAY

ACATLÁN, EDO. DE MÉXICO, MAYO DE 1996

GRACIAS:

A Dios por la vida y por todas las bendiciones que me ha dado con ella.

A mis padres Soledad y Rafael, por su gran amor y apoyo que siempre me han brindado.

A mis hermanos Rafael, David, Martín, Pablo y Aarón por el amor, amistad y cariño que hemos compartido.

A Adriana por que tú compañía es hermosa en todo momento.

A mis compañeros y amigos con quienes he compartido momentos de estudio y trabajo.

A Mary Carmen por su enseñanza y asesoría.

A la institución donde colaboro, por haberme brindado la oportunidad de desarrollar este trabajo, en especial al director Lic. Manuel Zepeda Payeras y a la Dra. Patricia Waller M.

A mis profesores de la licenciatura, por todas sus valiosas enseñanzas:

*Mary Carmen González V.
Héctor Argüelles T.
Fernando Martínez R.
Beatriz Clavel D.
Francisco Muñoz C.
Francisco Ortigosa H.
Noel Melgar S.
Mayra Olguin R.
Concepción Cardoso
Juan Torres L.
Silvia Larraza
Federico Vázquez T.
Miguel Angel Olmos
Diana Gómez G.
Antonio Covarrubias V.
Jaime Ramírez M.*

*Juan Carlos Rendón A.
Manuel Valadez R.
Efraín Meza
Jorge Luis Suárez M.
Jorge Jiménez Z.
Adriana Jiménez
Leocadio Peñaloza
Augusto Miss P.
Hugo Reyes
Javier Collín L.
Omar García E.
Benjamín Sainz
Rubén Medina G.
Jeanette López G.
Delia Montero
Manuel Ordoñez*

A mi Patria y a mi Universidad de México.

**“APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN EN EL
FINANCIAMIENTO BANCARIO A LA VIVIENDA.”**

OBJETIVO:

Aplicar una metodología para la construcción de un modelo de simulación de un crédito con financiamiento bancario a la vivienda, que permita apoyar la toma de decisiones en las políticas de crédito en las instituciones financieras que se desenvuelven en esta área.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	4
I. EL SISTEMA BANCARIO Y LOS CRÉDITOS A LA VIVIENDA.	12
1.1 El crédito y sus elementos.	13
1.2 El entorno del sistema bancario.	17
1.3 Factores que inciden en el crédito a la vivienda.	18
1.4 Los préstamos para vivienda.	26
1.5 Las instituciones de fomento.	28
1.6 Esquema de créditos.	34
II. MODELO DE SIMULACIÓN DE UN CRÉDITO CON FINANCIAMIENTO BANCARIO A LA VIVIENDA.	40
2.1 Sistemas de información y de decisiones.	41
2.2 Definición de simulación.	42
2.3 Clasificación de los modelos matemáticos.	44
2.4 Elementos de simulación.	48
2.5 Ventajas y desventajas de la simulación.	51
2.6 Metodología de la simulación.	57
2.7 Formulación del problema.	61
2.8 Conceptualización del modelo.	62
2.9 Recolección y procesamiento de datos.	63
2.10 Análisis probabilístico de la variación porcentual del I.N.P.C.	65
2.11 Simulación normal y lognormal.	70
2.12 Análisis de la variación porcentual mensual del I.N.P.C. con el promedio de ceses mensuales.	81

2.13 Análisis de la variación porcentual real del incremento del salario mínimo.	84
2.14 Planteamiento del modelo.	90
2.15 Selección del software.	95
2.16 Programación del modelo.	96
2.17 Opciones del programa en los tipos de simulación.	99

III. VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.	102
3.1 Validación del modelo.	103
3.2 Diseño de experimentos.	111
3.3 Análisis de resultados.	113
3.4 Implementación.	122
3.5 Características de una simulación exitosa.	124

CONCLUSIONES.	128
----------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA.	133
----------------------	------------



"Es mejor ser osadamente decidido y correr el riesgo de equivocarse que sopesar mil veces las cosas y tomar la decisión demasiado tarde."

Marilyn M. Kennedy

Tesis:

"Un modelo matemático de simulación implementado en computadora, puede ser una herramienta de soporte muy importante en la evaluación de políticas de crédito, apoyando la correcta y oportuna toma de decisiones en las instituciones financieras de vivienda de nuestro país."

Muchos problemas de la vida real son de una complejidad tal que no se pueden resolver a través de métodos analíticos, es necesario utilizar entonces, en tales casos, técnicas más poderosas que nos permitan resolver la problemática que se yergue ante nosotros. Una de esas herramientas poderosas es la simulación.

Desde sus inicios durante la Segunda Guerra Mundial, la simulación ha sido una técnica muy valiosa para analizar problemas que involucran incertidumbre y relaciones complejas entre variables.

Cuando existe incertidumbre con respecto a los flujos de efectivo de un proyecto, las tasas de interés, la inflación, los cambios en los impuestos, las crisis económicas, etc., se requiere utilizar alguna técnica que proporcione cierta seguridad para obtener información confiable que apoye la toma de decisiones, en cualquier proyecto de inversión o de crédito; una de estas herramientas es la *simulación*; la

cual no es sino una aproximación a la realidad del proyecto que nos permite observar más allá en las posibles consecuencias de cada alternativa de acción, ya que se carece de la suficiente información precisa para poder tomar decisiones.

Las empresas, instituciones e industrias empiezan a dedicarse a resolver problemas haciendo uso de esta herramienta para la toma de decisiones.

Por lo general al tomar decisiones es difícil determinar ciertos factores en forma analítica, por lo tanto se requiere de predicciones sobre un futuro más o menos incierto.

La simulación representa una herramienta muy atractiva para los directivos de empresas e instituciones, ya que puede ser más fácil de entender, a diferencia de los métodos analíticos, los cuales tienden a ser difíciles de comprender si no se cuenta con los conocimientos teóricos necesarios.

Sin embargo la simulación requiere para ser utilizada de otra herramienta que es la computadora, si se utiliza la simulación a la par con el gran desarrollo tecnológico que ha tenido la computación, para tratar el riesgo y la incertidumbre, se podrán obtener mayores beneficios y una solución cercana a la óptima en el proyecto que se presenta en este documento.

La tarea más importante para cualquier ejecutivo es diseñar e implantar decisiones. Muchas de ellas ya sean triviales o importantes, deberán de hacerse día con día para encaminar o dirigir la organización hacia el logro de sus objetivos.

Algunas utilizan herramientas altamente poderosas, este tipo de decisiones normalmente requieren de un análisis más detallado, y el buen desarrollo de cualquier institución necesita que muchas de ellas sean tomadas correctamente, es por esto que la simulación representa una herramienta muy valiosa para cualquier directivo.

Muchas empresas han reconocido la necesidad de incluir el factor riesgo en sus análisis económicos y han destinado recursos al desarrollo de programas donde la técnica de simulación sea aplicada al análisis de sus problemas. Sin embargo, a pesar de la relativa facilidad de comprender esta técnica, se ha encontrado que muchos gerentes y administradores se muestran escépticos en cuanto a los grandes beneficios que se pueden obtener al utilizarla en la toma de decisiones. Hay dos razones aparentes que explican esta situación. En primer lugar la simulación adolece en menor proporción de la misma desventaja que los modelos probabilísticos, en el sentido de que los ejecutivos no comprenden completamente los aspectos técnicos de la simulación. El otro problema es la inversión requerida en equipo y personal especializado que se necesitan al aplicar esta técnica.

Muchos problemas de decisión tienen en común una gran cantidad de elementos. Por ejemplo, inherentes a todo problema de decisión son los diferentes cursos de acción de entre los cuales se deberá seleccionar el más adecuado. Estos cursos de acción pueden ser comparados de acuerdo a algún criterio económico. Criterios de este tipo podrían ser: tiempo requerido para recuperar la inversión, valor presente, tasa interna de rendimiento, etc. Además, existen factores de depreciación e impuestos, también la incertidumbre en los resultados que se obtendrán en el

futuro es común en muchas decisiones, y es a menudo posible expresar esta incertidumbre en forma de distribuciones de probabilidad.

La gran similitud en los diferentes elementos que intervienen en la toma de decisiones, facilita el desarrollo de una metodología general de simulación, la cual en este caso será aplicada al análisis de un crédito con financiamiento bancario a la vivienda. Por medio de la simulación es muy sencillo establecer o desarrollar un modelo que incorpore toda la información probabilística de las diferentes variables aleatorias que intervienen en este tipo de financiamiento bancario.

Hasta hace poco tiempo, muchos negocios habían ignorado el efecto inflacionario en la evaluación de sus nuevos proyectos de inversión, por considerarla de poco impacto en los rendimientos reales obtenidos. Sin embargo, se ha demostrado que la realidad implica que se debe tomar en cuenta el factor inflacionario, puesto que la mayoría de las inversiones son castigadas duramente por la inflación y se puede decir que casi no existen inversiones de capital innunes al efecto nocivo de la inflación.

Aunque es muy recomendable considerar el impacto de la inflación en los estudios económicos, esta alternativa presenta la dificultad de predecir los niveles generales de precios que van a prevalecer en el futuro. Sin embargo si no se tiene la certeza del nivel de inflación de los próximos años, se puede utilizar la técnica de la simulación, su uso en las empresas es una herramienta muy poderosa la cual proporciona muchos beneficios. A esta técnica se le conoce como creación de escenarios.

Las condiciones de riesgo se caracterizan porque el decisor no conoce con certeza cómo se comportarán las variables que intervienen en el proceso de decisión, por lo que se deben de estimar valores aproximados que, a través del uso de una distribución de probabilidad, nos permitan conocer el valor esperado de esas variables.

En el presente trabajo se abordará desde una perspectiva estadística y científica, con un enfoque de simulación, el desarrollo de un crédito con financiamiento bancario a la vivienda en el entorno que prevalece en nuestro país, visualizando el crédito desde la perspectiva de una institución financiera de fomento a la vivienda.

A través de este análisis, se pretende obtener un modelo de simulación, que describa en esencia el funcionamiento de la operación del financiamiento bancario, tomando en consideración variables financieras y económicas, de tal manera que se puedan evaluar distintos escenarios que se pueden presentar en el futuro, permitiéndonos realizar un análisis de sensibilidad y de resultados que apoye la toma de decisiones.

En la amortización de un crédito bancario a la vivienda, intervienen varios factores, los más importantes son los siguientes: el índice de la inflación, la tasa de interés y la variación en el monto del salario mínimo. Todos estos factores serán contemplados y evaluados en el desarrollo del modelo de simulación.

Los datos del salario mínimo, I.N.P.C. y cetes se obtuvieron de los indicadores publicados por el Banco de México en las fechas correspondientes.

A continuación se proporciona un breve esquema de los temas a abordar en cada uno de los capítulos de la tesis.

En la introducción se da una breve explicación de las causas que motivaron el desarrollo del trabajo, la importancia, objetivos y alcance del mismo. Se menciona el contenido de cada uno de los capítulos.

En el capítulo I se explicarán las bases para comprender cuáles son los términos y las definiciones más utilizadas en el análisis y estudio del financiamiento bancario en nuestro país; específicamente el caso del financiamiento bancario a la vivienda. Se mencionarán los objetivos con los que fueron creadas las instituciones financieras de segundo piso. Se estudiará brevemente el funcionamiento de las instituciones financieras de fomento, su importancia e impacto en el crecimiento del país. Se explicará el esquema de créditos que se analizará en el modelo de simulación.

En el capítulo II se analizarán los conceptos y fundamentos de la simulación; se expondrá la metodología científica y estadística a utilizar para la modelación y solución del caso bajo estudio. Se seguirá esta metodología, la cual nos permitirá desarrollar un modelo de simulación adecuado al funcionamiento de un crédito bancario a la vivienda, con el que se podrá analizar el funcionamiento del mismo bajo escenarios futuros esperados, de manera que se apoye la correcta y oportuna toma de decisiones en una institución de esta rama financiera.

En el capítulo III el modelo desarrollado en el capítulo II se someterá a una serie de pruebas matemáticas y estadísticas, con el fin de determinar su confiabilidad y ajuste a la realidad. Los valores de las variables simuladas a través del modelo se someterán a prueba para determinar si su extrapolación proporciona valores confiables. Se realizará un análisis de sensibilidad que permita evaluar diversas políticas en el funcionamiento de una institución financiera de vivienda.

Finalmente se darán las conclusiones del desarrollo y funcionamiento del modelo analizado.



"Hacer nuestro máximo esfuerzo no basta; hay que estar antes seguros que lo haremos en la dirección correcta."

Deming

1.1 EL CRÉDITO Y SUS ELEMENTOS.

Desde el punto de vista económico, la operación de cambio la pueden hacer las partes intervinientes intercambiando los bienes al mismo tiempo, o bien difiriendo una de ellas para una fecha futura la entrega del bien prometido. En el segundo caso, se está hablando de un *crédito*; de allí que el crédito desde el punto de vista económico significa el cambio de un bien o servicio presente por otro en el futuro.

Debido a que la economía es un proceso dinámico, siempre existe una brecha de tiempo entre la producción y la colocación en el mercado, y el crédito procura cerrar esa brecha.

Ya que el crédito se expresa en dinero y se mide en tiempo, su precio es el *interés*, cuyos términos de medición son el factor tiempo y el factor cantidad de dinero prestado. Dinero, crédito e intereses, aparecen ligados en una economía monetaria, y constituyen el material imprescindible de un estudio de financiamiento bancario.

Los bancos, como empresas económicas, han sido siempre creadores e intermediarios de medios de pagos. Los bancos venden y compran dinero-crédito, lo crean y lo transforman. Han sido y son empresas imprescindibles en una economía nacional.

Sin crédito no habría producción y sin producción no puede haber consumo. Así se desenvuelve el ciclo económico en el mundo capitalista, y ello destaca el papel de motor del desarrollo económico que juega el crédito.

El crédito implica la existencia de dos partes, una que da y otra que recibe y promete dar algo más adelante, esto es, un acreedor y un deudor. El deudor difiere su prestación para el futuro. Aquí aparece el factor tiempo y con él el riesgo que lleva implícito el crédito. La palabra crédito proviene del latín *credere*, que significa confianza. Lo cual muestra la enorme importancia que tiene el elemento psicológico "confianza" en esta materia.

De las diversas definiciones sobre el crédito quizá la más sencilla y clara sea aquella que dice que "el crédito es el cambio de un bien presente por un bien futuro". Este concepto podría aún quedar más claro afirmando que es la transferencia temporal de poder adquisitivo a cambio de la promesa de reembolsar este más sus intereses en un plazo determinado y en la unidad monetaria convenida.

Este concepto resalta los elementos principales del crédito:

a) Implica la transferencia temporal de poder adquisitivo de un sujeto (el acreedor) a otro (el deudor). Generalmente del ahorrista al productor de bienes (empresario). Es poder de compra que se transfiere al empresario para que éste pueda convertirse en tal, esto es, en productor en la corriente circular. El ahorrista se desprende de poder adquisitivo que no necesita y se lo transfiere temporalmente al productor para que éste pueda destinarlo a la producción de bienes y/o servicios.

b) Promesa de reembolso del capital más sus intereses. Esto exhibe el elemento "confianza" ya señalado, puesto que el deudor recibe el poder adquisitivo de su acreedor y le promete la devolución de ese capital monetario con una suma adicional de interés pactado, que es la retribución por el uso de ese capital.

c) Plazo determinado. Aquí aparece el factor tiempo, que es intrínseco al crédito y que crea un elemento que está consustanciado con él: el riesgo. El riesgo en el crédito existe por el sólo hecho de ser tal, esto es, el cambio de un bien presente por uno futuro.

d) Unidad monetaria convenida. Este elemento destaca el aspecto monetario o financiero del crédito. No se trata del cambio de cualquier bien por otro, sino el cambio de unidades monetarias convenidas.

Este fenómeno de anticipación de poder de compra que significa el crédito, exhibe su enorme importancia en el desenvolvimiento de la economía contemporánea. En realidad, el gran desarrollo de las economías capitalistas está fundado en el crédito. Sólo el crédito permite incorporar a la corriente de bienes existentes, bienes aún no producidos y servicios aún pendientes de prestarse. Este verdadero milagro se realiza especialmente, mediante la actividad de los bancos y entidades financieras.

En la propia definición de crédito se encuentra que si éste es el cambio de un bien presente por uno futuro, se finca su recuperación en el factor tiempo. Este elemento está inherente en el mismo concepto del crédito, por lo que se considera

implícito el riesgo que surge, precisamente del tiempo. Riesgo que deviene no sólo de la promesa del deudor de cumplir su contraprestación en un tiempo futuro, sino también de otros factores que son complementarios de aquel. En primer lugar se tiene el riesgo de la propia vida del deudor en ese futuro, si se trata de una persona física; de la existencia y prosperidad futura de su empresa social, si es una persona moral; de las condiciones políticas y económicas generales que podrán facilitar o no el cumplimiento de esa obligación contraída por el deudor, entre otros factores.

Hay por lo tanto, muchos factores que introducen riesgos propios, adicionales al que trae aparejado el factor tiempo. El riesgo dependerá en primer lugar del plazo del crédito. A menor plazo, menor riesgo, pues es de suponerse que se concede menos tiempo a la aparición de factores que puedan modificar la situación existente en el momento de la decisión. Pero a mayor plazo, mayores son los peligros que pueden modificar esas condiciones.

También dependerá de las garantías adicionales que acompañen al crédito, siendo lógicamente más riesgosas las operaciones sin garantías colaterales o adicionales. Toda operación a una sola firma será siempre más riesgosa.

Todos estos factores son materia de estudio y análisis por parte del acreedor y le permiten determinar el beneficio a obtener. De ese modo, midiendo riesgos y beneficio esperado, se fija el *interés*.

1.2 EL ENTORNO DEL SISTEMA BANCARIO.

El sistema bancario en nuestro país se encuentra inmerso en un entorno macroeconómico que lo delimita y caracteriza, un escenario que ejerce influencia en el ahorro interno, en la inversión interna, y por tanto en el desarrollo financiero, económico y social del país. Se encuentra en un entorno económico, formado por variables tales como inflación, devaluación, salarios mínimos, deuda pública interna y externa, costo del dinero, política monetaria, cotizaciones monetarias, balanza de pagos y crecimiento del PIB, entre otros factores. Por otra parte está inmerso también en un entorno político definido por variables relacionadas con la dirección de asuntos públicos, que ejercen mayores influencias en el desarrollo financiero, económico y social de un país, tales como la forma de gobierno, relaciones exteriores, estabilidad democrática, partidos políticos, etc. Por último, el sistema bancario está determinado por un entorno legal que se define como el conjunto de leyes y reglamentos mercantiles, fiscales y de diversa índole que influyen en el desarrollo económico y financiero del país mediante el incentivo al financiamiento, ahorro, inversión y generación de empleos.

1.3 FACTORES DEL CRÉDITO BANCARIO A LA VIVIENDA.

En el esquema del financiamiento bancario a la vivienda que se considera, intervienen varios factores, los más importantes son las tasas de inflación, la de interés, que dependerá de la tasa de rendimiento de los cetes, así como de la variación real en el monto del salario mínimo.

El estudio y análisis de la inflación ha sufrido varias modificaciones desde que los economistas la estudiaron por primera vez. Para los economistas neoclásicos, la inflación significaba una pérdida de confianza en el dinero, resultante de una gran elevación de precios y probablemente, de un colapso económico completo.

Fue a partir del economista británico John M. Keynes, que los hechos se analizaron con un carácter real, más que monetario; se comenzó a tener en cuenta la relación entre oferta y demanda global, así como también el exceso de la demanda sobre la oferta, haciendo sentir la influencia de las corrientes psicológicas y el peso de los factores sociológicos.

No es correcto decir que a partir de los años cuarentas, el concepto de inflación ha cambiado, sino más bien, que algunos economistas argumentan que este mal económico tiene diferentes orígenes.

En los años cincuenta, por ejemplo, tuvo lugar un resurgimiento centrando su interés sobre el papel que desempeña la reserva monetario en el proceso

inflacionario, resurgiendo la importancia de las relaciones de sustitución entre bienes y dinero, en lugar de la sustitución keynesiana entre dinero y otros activos.

La inflación es el principal problema macroeconómico a que se enfrentan todas las economías, sin importar el sistema político que las caracteriza. La inflación es una enfermedad del dinero, el cual es el instrumento monetario que hace posible el funcionamiento del sistema económico. Este problema se presenta como un aumento generalizado en los precios de los productos y servicios. Siendo el precio la estimación del valor de una mercancía en términos de dinero, el valor recíproco del precio es la estimación del valor del dinero en términos de la correspondiente mercancía.

Se puede también definir a la inflación como un movimiento de alza dispersa de los precios que se mantiene por sí mismo y que se debe a una insuficiencia relativa en un momento dado de la oferta espontánea en comparación a la demanda formulada a precios corrientes al principio del período analizado. En todo movimiento general de precios, lo verdaderamente general es la dispersión es decir, es heterogénea.

Cualquier alza de precios no significa necesariamente que existe inflación. Para que ésta exista se requiere de un proceso dinámico; de un movimiento cuyo desarrollo posterior se comporte con cierta duración. La elevación de un solo escalón del nivel de precios no sería inflación.

Algunas veces, algún sector de la economía nacional juega el papel de promotor de la inflación: una devaluación, un alza de salarios, el precio de las

materias primas importadas; déficit presupuestal, etc. Pero como fenómeno acumulativo, la inflación se retroalimenta, continúa desarrollándose incluso habiendo desaparecido su causa principal.

La inflación provoca graves distorsiones en una sociedad, debido a que provoca entre otros resultados los que a continuación se mencionan:

° Altera la distribución del ingreso, ya que los trabajadores en épocas de estabilidad estiman su ingreso como fijo y con la inflación observan una caída en el mismo. Además, el consumo alto por la prevención al alza de precios queda frenado por la depreciación de los ingresos familiares. Estas dos tendencias desaniman el ahorro y en consecuencia el esfuerzo. Esta sensación de inseguridad produce un efecto desmoralizador en la sociedad.

° La riqueza se puede redistribuir de acreedores a deudores, puesto que muchos de los contratos de crédito se realizan en términos nominales.

° La deducibilidad del pago nominal de intereses incrementa el valor de las empresas, en detrimento de las finanzas públicas; este hecho inspiró la reforma tributaria Mexicana en 1987.

° El dinero, al ser un pasivo del gobierno, le permite financiarse, obligando al público a reducir su demanda por el mismo.

° La depreciación del tipo de cambio redistribuye el ingreso de consumidores de bienes importados hacia productos de bienes de exportación.

Cuando la economía pretende gastar por encima de su capacidad, ya sea mediante el gasto del gobierno, la inversión o el consumo de los particulares, se genera una demanda que origina inflación. En realidad, un proceso que se inicia por exceso de demanda se refleja en los costos: los factores de la producción, el trabajo y el capital, buscan ajustar sus remuneraciones con referencia a los precios del resto de los bienes que se elevan impulsando la demanda.

De los precios al consumidor, los más sensibles a la inflación parecen ser los de los productos alimenticios y los de los servicios en especial la atención médica, el transporte, la educación y la venta y la renta de casa habitación.

Si se quiere estimar a que tasa ha ido aumentando el costo de vida, se debe de proceder de manera diferente según cual sea el costo de vida que se estudie, ya que el costo de vida para una persona de elevados ingresos, es diferente al de una persona de escasos recursos; lo que interesa obtener es en que medida el alza de precios influye en el poder adquisitivo de cada una. Por tanto, sólo se tomarán en cuenta aquellos cambios en los precios que tengan que ver con cada familia en cuestión y promediarlos de manera que quede de relieve, su importancia. Interesa más la forma como va cambiando el precio a través del tiempo que su nivel absoluto.

En México el fenómeno de la inflación se registra y se mide desde el año de 1968 por el Banco de México, en base al denominado Índice Nacional de Precios al Consumidor (I.N.P.C.), el cual es el indicador promedio del crecimiento que sufren los precios de los bienes y servicios a través del tiempo; tomando un año base arbitrario al cual se le asigne el nivel de 100. Si bien, no es el único indicador de

incremento de precios en el país, sí es el más conocido y el más utilizado en los análisis de la inflación en el país.

Para definir el I.N.P.C., el Banco de México cambió la base en el año de 1978 y a través del sistema del I.N.P.C. recopila durante cada mes 140,000 cotizaciones directas en treinta y cinco ciudades, sobre los precios de aproximadamente 1,200 artículos y servicios específicos que pertenecen al consumo típico de un mexicano. Cabe señalar que para los fines de nuestro análisis utilizaremos la base de 1978, aunque en el año de 1995 el Banco de México cambio la base 100 al promedio de I.N.P.C. registrado en 1994.

Los promedios de estas 140,000 muestras de 1,200 artículos se agrupan y se promedian, dando lugar a 302 conceptos genéricos sobre bienes y servicios. Estos conceptos se promedian de una manera ponderada para conformar ocho grupos, según lo dispuesto por el artículo 20-bis del Código Fiscal de la Federación y conforme a lo señalado en el artículo 9º de su Reglamento Interior, quedando la ponderación como lo muestra el cuadro 1.1:

Alimentos, bebidas y tabaco	37.39%
Ropa, Calzado y accesorios	9.88%
Vivienda	17.77%
Muebles, aparatos y enseres domésticos	6.21%
Salud y cuidado personal	5.81
Transporte	11.25%
Educación y esparcimiento	5.76%
Otros servicios	5.93%

Cuadro 1.1

Por construcción, estas ponderaciones sólo son relevantes para los subíndices con base 1980 = 100. Por tanto, el Índice General calculado con esas ponderaciones tendrá base 1980 = 100. Para obtener el Índice General de cualquier mes con base 1978 = 100, se deberá multiplicar el correspondiente índice base 1980 = 100 por la constante $K=1.4802$. Ejemplo: El Índice General base 1980=100 en diciembre de 1988 es 10908.845; de ahí que el Índice General base 1978=100 en la misma fecha es $(1.4802) \times (10908.845) = 16147.3$.

La fórmula se aplica en todos los niveles de agregación del índice es decir, principia con los índices de precios relativos de artículos específicos por ciudades y se aplica sucesivamente para obtener índices de agregaciones de artículos cada vez más amplios tanto en número de productos y servicios como de ciudades, hasta llegar al índice general.

Se tiene un interés especial sobre este índice, ya que pretende calcular el costo de vida y el grado en que afecta a la familia promedio. Pretende también medir las variaciones del precio medio del conjunto de productos que constituyen el presupuesto normal de una familia, que para ella es su costo de vida. La elevación del índice servirá como medida de la disminución del valor del dinero.

Por sus características dicho índice es reflejo de varias situaciones, entre las que se pueden mencionar: que es un estimador del cambio del valor de la moneda, proporciona una escala para revisar sueldos y salarios; es instrumento para evaluar la efectividad de la política económica del gobierno, muestra las tendencias y ciclos de

la economía y ofrece información para indexar el valor nominal de las distintas transacciones y créditos.

Los Certificados de la Tesorería son títulos de crédito al portador, en los cuales se consigna la obligación del Gobierno Federal a pagar una suma fija de dinero en fecha determinada. Los valores referidos se emiten por conducto de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. El Banco de México actúa como agente exclusivo del Gobierno Federal para la colocación y redención de dichos títulos. El Cete, es el instrumento financiero con más comercio en el mercado de dinero de México. Los cetes están respaldados por la buena fe y crédito amplios del emisor, el gobierno federal de México, por lo cual sus rendimientos son generalmente los más bajos del mercado. Cada martes el Banco de México, en calidad de agente del gobierno federal, subasta una cantidad de cetes con vencimiento desde 28 hasta 364 días en múltiplos de 7 días. Por lo general emite cetes a 28, 91, 182 y 364 días. El rendimiento de los cetes es la tasa líder en el mercado de dinero mexicano.

El rendimiento de los Certificados se da por el diferencial entre su precio de compra bajo par, por una parte, y su valor de redención o su precio de venta, por la otra. Cuando la venta se efectúa antes del vencimiento, el precio es también bajo par; pero usualmente es mayor que el de compra. Los precios de compra y de venta se determinan libremente en el mercado. Los certificados no causan intereses.

El salario se define como una retribución de los trabajadores. El salario mínimo es aquel que está fijado por el gobierno para la remuneración salarial de una jornada laboral normal, en una determinada categoría o actividad o para el conjunto de los asalariados de la economía. Este tipo de salario trata de garantizar un nivel de

vida mínimamente aceptable, y responde, definitivamente a nociones de justicia social. En este sentido, algunas corrientes de opinión le consideran poco adecuado por los posibles efectos negativos que acarrea (puede incrementar el desempleo o encarecer los precios), pronunciándose por otros métodos de garantizar niveles de vida dignos, tales como la redistribución mediante impuestos progresivos y servicios públicos gratuitos o subsidios.

Un salario real se define como la cantidad de bienes y servicios que se pueden adquirir con el salario monetario. Por lo tanto, equivale al poder adquisitivo del salario, que aumenta cuando el nivel de precios disminuye (o aumenta menos rápidamente que el salario nominal, y viceversa). Su cálculo se realiza ponderando el salario monetario por un índice de precios adecuado, tarea que, aunque aparentemente sencilla, presenta notables problemas, derivados fundamentalmente de la elección de los bienes y servicios más representativos del consumo del asalariado que componen la canasta de servicios sobre la que se construye el índice (cuestión que normalmente se obvia utilizando para la ponderación el índice de precios de consumo). Por otra parte la comparación entre salarios reales en el espacio o en el tiempo (con el fin de conocer la evolución del nivel de vida de los asalariados en un país o la relación de este nivel con el de otros países) presenta dificultades adicionales.

1.4 LOS CRÉDITOS A LA VIVIENDA.

Un préstamo hipotecario para vivienda de interés social es un crédito que concede una institución autorizada por la ley a una persona debidamente calificada como sujeto de crédito de acuerdo con ciertas normas, para la compra o construcción de su casa habitación, siempre y cuando dicho inmueble tenga un valor estimado mediante avalúo realizado por la institución, de no más de los valores establecidos por el Banco de México, a la fecha de la operación y tenga ciertas características que la propia ley señala a un plazo no menor de 10 años, con una tasa de interés anual establecida en la fecha de la operación para ser liquidado en amortizaciones mensuales.

Las instituciones de crédito otorgan dos tipos de crédito a la vivienda, que son:

1) **CRÉDITOS INDIVIDUALES.** Son aquellos que se otorgan para la adquisición, construcción o mejoras de viviendas, y que pueden ser tanto unifamiliares, dúplex o estar formando parte de edificios multifamiliares, a personas que vayan a habitarlos con su familia. El pago del capital y de los intereses debe corresponder aproximadamente al 25% del ingreso del comprador.

2) **CRÉDITOS PUENTE.** Son aquellos que se otorgan a promotores o constructores para la construcción de viviendas, pudiendo incluir la urbanización respectiva. Este tipo de crédito, también puede ser utilizado para remodelación urbana.

El presente trabajo se enfocará al análisis de las amortizaciones de un crédito individual.

Las tasas pasivas en general se determinan por el Banco de México, no así el nivel de las tasas activas, las cuales no se determinan directamente por el Banco de México, a excepción del caso de las actividades prioritarias tales como el crédito a la agricultura, producción de alimentos básicos y la vivienda de interés social, las cuales están por debajo del nivel general de tasas activas que maneja el sistema bancario; esto es importante al momento de calcular el costo nominal del crédito para la economía como un todo; o también, si se quiere comparar con el nivel de la inflación.

El Banco de México no determina directamente las tasas activas de interés, sin embargo influye directamente a través de varios canales: por medio de las tasas pasivas, o también por las remuneraciones sobre el encaje legal, o bien de las tasas de descuento y a través de la tasa de rendimiento de los cetes.

La suma anual que se necesita para pagar los intereses y cuotas de amortización aumenta a medida que sube el tipo de interés. En general, tanto como la oferta como la demanda se ven afectadas por los cambios en los tipos de interés, no obstante estar subsidiadas.

1.5 LAS INSTITUCIONES DE FOMENTO.

Tanto en México, como en otras naciones, se ha comprobado que una acción promotora del estado estimula el progreso económico. La acción de proveer la infraestructura física, de impulsar el desarrollo de los recursos humanos y de propiciar mejores condiciones de vida, se desarrolla a través de diversas políticas, entre ellas se encuentran las financieras, las fiscales y las crediticias, las cuales son de vital importancia, ya que la actividad del estado puede propiciar una transferencia de recursos de los sectores económicamente más avanzados a los más atrasados del país.

Una de las herramientas más poderosas para este fin lo constituye la política fiscal tanto tributaria como en el gasto público. No obstante, la política monetaria y la crediticia juegan un importante papel complementario y de apoyo en el estímulo de actividades y regiones específicas. El sistema fiscal y el sistema financiero deben verse parcialmente como mecanismos de intermediación que captan y canalizan el ahorro de la economía nacional hacia la inversión en áreas prioritarias para el desarrollo. Se puede argumentarse en favor de hacer esta transferencia de recursos a través del sistema fiscal, pero la experiencia sugiere que se logra una mayor y más eficiente canalización de recursos cuando se complementan, con los mismos propósitos, los instrumentos fiscal y crediticio. Orientar el crédito hacia determinados sectores o regiones significa necesariamente limitar el monto de los recursos bancarios disponibles para las actividades de menos prioridad. Si la política selectiva estimulara a los intermediarios financieros a que aumentaran los recursos

orientados a los sectores prioritarios, sin reducir en la misma proporción el financiamiento a las actividades tradicionales, tal política provocaría una expansión crediticia, con posibles consecuencias inflacionarias. Conviene destacar que, debido a ello las autoridades monetarias mexicanas se han esforzado por diferenciar claramente sus políticas de control cuantitativo de los grandes agregados en el volumen del crédito y la liquidez en la economía de las políticas cualitativas de control selectivo del crédito, que tienen como propósito regular la dirección del flujo de los recursos financieros escasos que la economía genera.

El Banco de México ha dirigido ahorros internos de los centros urbanos más avanzados hacia las zonas con un menor desarrollo relativo y de las actividades tradicionales al financiamiento de sectores prioritarios, incluyendo las inversiones gubernamentales, mediante esta inversión el banco central ha compensado, por lo menos parcialmente, la grave escasez de recursos en las zonas alejadas de los centros financieros; asimismo, ha propiciado la conversión de fondos de corto plazo en inversiones de plazo mayor ya que, con el apoyo de las autoridades, la banca ha podido atender proyectos que requieren recursos a mediano y largo plazo.

Estos procesos de canalización han descansado en la aplicación de una firme política monetaria y crediticia, la cual regula integralmente la disponibilidad y el costo del crédito; debe señalarse, asimismo, que estos mecanismos de transferencia constituyen un complemento indispensable de los controles cuantitativos de los volúmenes totales.

A través de los años, los instrumentos de política monetaria del Banco de México han venido evolucionando para adecuarse a circunstancias cambiantes.

Recientemente las fuertes presiones inflacionarias internas y externas han obligado al banco central a utilizar sus mecanismos de control cualitativo para suavizar los efectos sectoriales de las políticas antiinflacionarias restrictivas del crédito.

Estos hechos explican por que, tanto en los períodos de expansión como de contracción crediticia, se requiere vigorizar o afinar los controles selectivos, con el fin de adecuar los objetivos de coyuntura con los de mayor plazo de la política crediticia.

El Banco de México ha venido utilizando dos tipos de instrumentos de control selectivo del crédito para inducir un mejor aprovechamiento de los factores reales de la producción.

Un primer tipo incluye aquellos que modifican las condiciones generales de crédito-montos, tasas, plazos y garantías y lo orientan hacia las actividades y zonas seleccionadas. Entre estos, el más importante es el encaje legal o la reserva bancaria obligatoria, que se complementa mediante otros instrumentos como la política de redescuento; la reglamentación para la cobertura de valores emitidos por instituciones de crédito; los topes de crecimiento; y, entre otros, los convenios especiales.

Un segundo tipo de instrumento lo constituyen los fideicomisos financieros de fomento. Estos son capaces de promover nuevas inversiones en sectores o zonas relativamente menos desarrolladas y de participar directamente en los programas tendientes a superar las carencias de infraestructura física, cultural,

técnica y empresarial. Mediante su apoyo crediticio, técnico, administrativo y promocional se procura elevar la productividad económica y social. A continuación se detalla el instrumento de los fideicomisos.

Los fideicomisos operan como bancos de segundo piso; es decir, mueven recursos financieros hacia las actividades y zonas que se trata de impulsar a través de una política de redescuento de cartera a tasas de interés preferenciales. Sin embargo, su verdadera importancia estriba en que, además de proveer recursos, estos instrumentos de promoción, ejercen influencia sobre los obstáculos que tradicionalmente han limitado el desarrollo de ciertos sectores o áreas geográficas, esto es: proporcionan la asistencia técnica y garantías que se requieren y ofrecen diversas facilidades y estímulos, complementando también la canalización de recursos a través del encaje legal, superando algunas de sus limitaciones.

Estos instrumentos de orientación selectiva de crédito recanalizan fundamentalmente, recursos provenientes de los fondos captados por el sistema bancario y complementados, con recursos presupuestales, con créditos externos y, en ocasiones, con fondos derivados de la emisión de sus propios valores (certificados de participación).

La administración de estos fideicomisos ha sido encomendada, al Banco de México y a Nacional Financiera, principalmente. Si bien estas instituciones podrían por sí mismas realizar esas funciones de banca de segundo piso, la experiencia mexicana ha demostrado la conveniencia de realizar tales operaciones a través de este mecanismo. La forma jurídica de fideicomiso permite a esas entidades una parte integrante de la institución que los administra. Por ejemplo, el Banco de México con

carácter de autoridad monetaria no puede contraer algunos tipos de pasivo que la actividad de estos fideicomisos requiere. Sin embargo, la intervención del banco central asegura que, a través del encaje legal y de otros mecanismos, la operación de los fondos se incorpore a la política crediticia general del país, la cual, además de adecuarse a problemas de coyuntura, busca cumplir propósitos de desarrollo de largo plazo. Por otra parte el hecho de que una autoridad monetaria administre esos fideicomisos facilita su coordinación con las actividades de promoción e investigación del resto del sector público y del privado.

El sistema de fideicomisos permite evaluar, en forma amplia, los distintos proyectos, considerando no sólo los aspectos económicos, sino también los tecnológicos y los sociales. Facilita, además, el establecimiento y la operación de grupos regionales de planeación y evaluación de proyectos.

Otro aspecto relevante de estos fideicomisos en que participa el banco central es que se pueden combinar recursos presupuestales y bancarios, internos y externos, para adecuar el financiamiento a las necesidades de monto, plazo y tasa de interés de los proyectos. Esto es de particular importancia en el caso de algunas inversiones agrícolas, de infraestructura turística, de construcción de hoteles y de industrias básicas, de programas de vivienda, de centros comerciales en la frontera, de instalaciones para maquila y otros. La participación de diferentes fuentes de financiamiento, aunada a los recursos canalizados por el banco central, permite programar financiamientos específicos y apoyar inversiones a plazos mayores de los que podría otorgar las instituciones bancarias actuando por sí solas.

Los fideicomisos operan con tasas de interés preferenciales fijadas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y el Banco de México, de acuerdo con la situación nacional.

La vivienda no es un sector que actúe con total autonomía ni que dependa enteramente de otros, sino un sector atractivo para las inversiones privadas y que confiere beneficios económicos y sociales tanto a las personas como a las ciudades. El suministro eficiente y equitativo de viviendas, particularmente de interés social, es pues, un objetivo importante de la política urbana, objetivo que requiere un conocimiento de las características del costo y de la oferta de viviendas en relación con los ingresos de las familias de escasos recursos.

El financiamiento de la vivienda, como la de cualquier otro bien duradero, se ve facilitada si existe un sistema que permite transferir con eficiencia fondos de los sectores económicos que tienen excedentes a los que arrojan déficits (constructores y compradores de casas). Como sucede con la producción de otros bienes cuya vida útil es relativamente prolongada, la construcción de casas resulta más fácil si se dispone de crédito a largo plazo.

Dado que la vivienda es un bien duradero, sigue teniendo valor más allá del año en que se construye. La financiación de las compras de casas obliga por lo tanto a prestamistas a colocar recursos a largo plazo en una inversión caracterizada por su gran falta de liquidez. Los prestamistas, por lo tanto, deben exigir una compensación por el riesgo que entraña la financiación de viviendas, riesgo que a menudo consideran que es mayor en el caso de viviendas de interés social.

En tales circunstancias, la financiación de la viviendas se puede facilitar si se introducen reformas que perfeccionen el funcionamiento de los mercados financieros. Una liberalización general de las tasas de interés, la adopción de medidas para fomentar la competencia entre los bancos, la eliminación de tradiciones bancarias inadecuadas, así como la promoción de las compañías de seguros de vida y de las cajas de pensiones aumentarían la disponibilidad de créditos a largo plazo y ofrecerían la posibilidad de financiar un sector de vivienda eficiente.

En términos generales, la eliminación de los obstáculos que afectan concretamente la financiación de la vivienda permitiría que ésta compitiera con eficacia con otros sectores para obtener financiación institucional a largo plazo.¹

1.6 ESQUEMA DE CRÉDITOS.

En el presente trabajo se considerará un esquema de créditos, que funciona en un fideicomiso de vivienda, que opera como banco de segundo piso; en cuál se asigna un crédito inicial, el acreditado cubre un cierto porcentaje del costo total de una vivienda de interés social; el resto del crédito lo deberá amortizar en pagos mensuales de acuerdo a la siguiente política de crédito:

- i) Se determina un factor de pago-crédito de X pesos por millar de crédito.

¹ Tercero Mendoza Luis, "Programa Financiero de Vivienda del Gobierno Federal", U.N.A.M., Acahán 1984.

- ii) El resultado obtenido, se ajustará en la misma proporción en que se incremente al salario mínimo mensual del Distrito Federal y surtirá efecto a partir del mes siguiente en que se haya dado el incremento.
- iii) En aquellas mensualidades en las que la erogación neta sea igual o menor a los intereses devengados, el pago que el acreditado estará obligado a realizar será igual a los intereses devengados.
- iv) En aquellas mensualidades en las que los intereses devengados sean inferiores a la erogación neta, el pago que el acreditado estará obligado a realizar será igual a la propia erogación neta. En estos casos, las cantidades pagadas en exceso a los intereses devengados se aplicarán a amortizar el saldo ínsoluto del crédito.
- v) En aquellas mensualidades en las que se determinen erogaciones netas a cargo del acreditado y en donde el importe de los intereses ordinarios devengados sea superior a la propia erogación neta, el acreditado podrá ejercer crédito adicional por la diferencia positiva que se obtenga de restar, al importe de los intereses ordinarios devengados, la propia erogación neta, o cubrir dicha diferencia con recursos propios.
- vi) Se considerará una tasa de interés mensual igual a :
(Promedio ponderado de cetes a 28 días del mes inmediato anterior+4) * (Días naturales del mes / 360)
- vii) Los créditos se contratarán sin establecer un plazo fijo para el pago. Dicho plazo será el necesario para que el saldo del crédito sea cero, mediante el procedimiento señalado en los puntos anteriores.

viii) De conformidad con el artículo 106, de la Ley de Instituciones de Crédito, el Banco de México amplió el plazo máximo para estas operaciones, dentro del cual si transcurridos 30 años contados a partir de la fecha de contratación del crédito, existiera un saldo insoluto a cargo del acreditado, éste no estará obligado a realizar pago adicional alguno, siempre y cuando se encuentre al corriente de sus pagos.

Es decir el esquema de pagos a considerar se fundamenta en la idea de determinar el pago mensual del acreditado en términos de su capacidad de pago. Una vez que se determina la capacidad de pago del acreditado, ésta se debe mantener constante en términos de sus ingresos. Por lo anterior se puede explicar el esquema de la siguiente manera:

a) El pago del acreditado debe ser proporcional con su ingreso. A través de análisis de costos y de mercado se ha determinado un factor de pago de 7.5 por millar de crédito, con el propósito de que personas con ingresos menores tengan acceso a este tipo de créditos; ya que anteriormente se operaba con un factor de 9.5. Por lo que si el monto del crédito inicial se denota S_0 y el factor de pago como $f = \left[\frac{7.5}{1000} \right]$. Entonces el primer pago que realiza el acreditado es igual a $P_0 = S_0 * f$

b) Por otra parte el pago inicial considerado en el inciso anterior se actualizará conforme varíe la tasa de salario mínimo. Por lo que el monto del pago se mantendrá relativamente constante durante la duración del crédito. Si se denota como s_i a la tasa nominal de incremento en el salario mínimo entonces se cumple la siguiente igualdad:

$$1 + s_i = (1 + p_i) * (1 + w_i) \quad (1.1)$$

Donde p_i denota la inflación y w_i denota la tasa real de incremento del salario mínimo en el período i .

Con lo cual se tiene que el pago que realiza el acreditado en el período t se obtiene con la siguiente fórmula:

$$P_t = fS_0 \prod_{i=1}^t [(1 + p_i) * (1 + w_i)] \quad (1.2)$$

Por otra parte se considera la tasa de interés descrita anteriormente por lo que el monto de intereses está determinado por:

$$I_t = i_t * S_{t-1} \quad (1.3)$$

La cantidad amortizada al saldo del crédito es igual a:

$$A_t = P_t - I_t \quad (1.4)$$

El saldo al período t se puede calcular como sigue:

$$S_t = S_{t-1} * (1 + i_t) - P_t \quad (1.5)$$

Con las expresiones anteriores queda determinado el esquema de pagos de créditos que se considera en el presente trabajo.

Como se observará, bajo este esquema de créditos no es posible determinar con anticipación el plazo en que se terminará de amortizar el crédito totalmente. Es claro que el tiempo de amortización dependerá del factor de pago acordado, de la tasa de interés real pactada, del comportamiento que presente durante la vida del crédito el salario mínimo nominal y real, además del comportamiento de la inflación.

El objetivo de nuestro trabajo será:

- 1) Construir el modelo matemático en computadora de un crédito que funcione bajo este esquema de pagos.
- 2) Realizar un análisis estadístico de las variables inflación, incremento en el salario mínimo, y tasa de interés de cetes a 28 días.
- 3) Incorporar el análisis de las variables financieras realizado en el punto 2) en el modelo construido en el punto 1).
- 4) Realizar un análisis de políticas de crédito con el modelo construido. Para evaluar el comportamiento del crédito bajo diferentes escenarios de crédito. Evaluando el impacto de utilizar diferentes factores de pago, tasas de interés real, pago inicial y otras variables que se requieran incluir en el estudio.
- 5) Apoyar la correcta y oportuna toma de decisiones en la determinación de esquemas de pago en créditos bancarios a la vivienda.

En este tipo de créditos no se concerta un plazo fijo para la liquidación del crédito. El plazo en que se amortiza un crédito depende del factor de pago, de la tasa de interés real y del pago inicial; las cuales son variables de decisión para los directivos de las instituciones de crédito. Pero además se observa que la evolución de la amortización del crédito será sensible a el comportamiento de la inflación y al comportamiento real del salario mínimo, las cuales no son variables de decisión,

sino variables aleatorias complejas. Como se mencionó anteriormente si al cabo de 30 años aún existe un saldo insoluto por parte del acreditado y éste está al corriente de sus pagos, entonces el acreditado tendrá el derecho de que la institución financiera que le otorgó el crédito absorba el saldo del mismo.

De aquí la importancia de evaluar el comportamiento de los créditos bajo diferentes esquemas en las variables tasa real, pago inicial y factor de pago; con el fin de determinar esquemas de operación que no requieran pagos excesivos para el acreditado y al mismo tiempo no representen un riesgo excesivo de quebranto para la institución financiera que otorga los créditos.

II. MODELO DE SIMULACIÓN DE UN CRÉDITO CON FINANCIAMIENTO BANCARIO A LA VIVIENDA

"El día no está lejano cuando una junta de directivos de una compañía estará incompleta sin la presencia de un modelo computerizado de la firma, ya sea que la empresa sea una institución financiera o una industria manufacturera. Conforme los asuntos sean tratados y discutidos, las sugerencias alimentarán al modelo, el cual presentará en una gran pantalla la variedad de resultados. La decisión final naturalmente será tomada por un humano, pero el uso del modelo deberá mejorar la calidad de dichas decisiones."

Lawrence Galitz

2.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y DE DECISIONES.

Cuando las computadoras fueron introducidas con propósitos comerciales a mediados de los 50's, fueron utilizadas mayormente en aplicaciones de movimientos contables, ordenes de entrada de inventarios, cuentas por pagar, etc. Los sistemas de información basados en computadoras que están limitados a este tipo de aplicaciones son llamados frecuentemente sistemas de procesamiento electrónico (SPE) de datos, ya que como su nombre implica, simplemente procesan grandes volúmenes de datos electrónicamente.

A mediados de los 60's muchas organizaciones comenzaron a desarrollar sistemas administrativos de información (SAI). Aunque los SPE automatizaron procesos, el objetivo de un SAI es proveer a los administradores con la información necesaria para realizar sus funciones de una manera más efectiva. La manera más frecuente de realizar este objetivo es a través de la habilidad de acceder una base de datos y proveer un conjunto de reportes comprensivos.

Aunque los sistemas de información administrativos son de ayuda para los administradores, estos son frecuentemente incapaces de apoyar exitosamente las tareas de toma de decisiones estructuradas. Debido a esta falla, a mediados de los 70's un nuevo tipo de SPE, conocidos como sistemas de apoyo a las decisiones (SAD), comenzaron a aparecer en un número creciente de organizaciones. Estos sistemas no reemplazan a un SAI, sino que coexisten y proveen un intensivo apoyo a

la toma de decisiones para una tarea específica de toma de decisiones. Un sistema de apoyo a las decisiones consta de un modelo base, una base de datos, y de un sofisticado software de interface a través del cual el tomador de decisiones puede obtener información. Es recomendable que una organización tenga múltiples sistemas de apoyo a las decisiones, cada uno diseñado para apoyar un proceso de decisión en particular.

Aunque los modelos de simulación no se asocian con los SPE, si son típicos componentes de un SAI o de un SAD. Los reportes provistos por un SAI pueden contener información dada por modelos de simulación. Consecuentemente se está incrementando la importancia de que profesionales de las áreas de sistemas de información (y otros, como asesores profesionales) sean capaces de construir modelos de simulación, así como también de que los sistemas de información de las empresas e instituciones interactúen con modelos matemáticos de soporte en la toma de decisiones.

2.2 DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN.

Antes de iniciar el estudio de la metodología del diseño de experimentos de simulación es conveniente definir con precisión el significado de la palabra simulación. Para tal efecto se mencionarán algunas de las definiciones que expertos en el área proporcionan. Las tres primeras definiciones mencionadas se tomaron del libro "Simulación un enfoque práctico" de Raúl Coss Bu, la cuarta definición se consultó del libro "Computer Simulation" de Watson y Blackstone.

Thomas Naylor proporciona la siguiente definición:

"La simulación se define como una técnica numérica empleada para realizar experimentos con ciertos tipos de modelos matemáticos que describen el comportamiento de un sistema complejo, en una computadora digital y durante periodos prolongados."

H. Maisel y G. Gnugnoli definen a la simulación como:

"Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de periodos largo de tiempo."

Por su parte Robert Shannon la define como:

"Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema."

Por último se menciona el concepto que plantean Watson y Blackstone:

"Simulación es un modelo matemático que describe el comportamiento de un sistema a través del tiempo. Un científico de la administración usa el modelo de simulación para conducir experimentos. Observando el comportamiento del modelo durante los experimentos, el analista es capaz de hacer inferencias acerca del posible comportamiento del sistema en el mundo real."

Como característica común se observa que la simulación involucra un modelo matemático implantado en una computadora, con el fin de describir el comportamiento de un sistema y realizar inferencias acerca de su comportamiento real.

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS.

Los modelos matemáticos pueden tener diversas características con respecto a su propósito, modo de análisis, tratamiento de los fenómenos aleatorios y generalidad de la aplicación. Ver figura 2.1

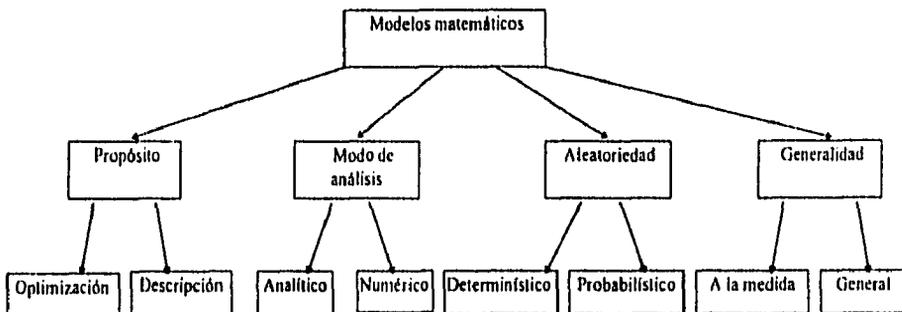


Figura 2.1

El propósito de un modelo matemático puede ser la optimización, la descripción o ambas. Un modelo de optimización es un modelo que busca identificar puntos de maximización o minimización. Por ejemplo en muchas situaciones administrativas se requiere saber que acciones llevarán a un beneficio máximo o a un costo mínimo. Los modelos de optimización responden estas incógnitas.

Un modelo descriptivo aporta información acerca del funcionamiento de un sistema. En cierto sentido todo modelo es un modelo descriptivo si es una representación válida de la realidad. Pero un modelo descriptivo sólo describe el comportamiento del sistema; éste no por si mismo nos da como resultado condiciones de optimización.

Los modelos de simulación son buenos ejemplos de modelos descriptivos porque describen el comportamiento de un sistema a través del tiempo. Aunque un modelo de simulación no es usado directamente para propósitos de optimización, gracias a una inteligente y sistemática investigación, uno puede a menudo aprender bajo ciertas condiciones como un sistema funciona más efectiva y eficientemente. Un ejemplo de este uso indirecto de un modelo con propósitos de simulación es mostrada por la habilidad de contestar preguntas del tipo ¿ Qué pasaría si ... ?. Un funcionario bancario, podría plantearse preguntas del tipo ¿Cuál sería el efecto sobre el plazo de un crédito si se aplica una tasa real de 5 % ?. A través de la investigación de preguntas similares ¿ Qué pasaría si ... ? se puede obtener información valiosa para la optimización. Aún cuando el modelo es básicamente descriptivo.

Es también posible usar un modelo de optimización y uno descriptivo juntos. Un modelo descriptivo puede tener uno o más submodelos que proveen información de optimización. Otra posibilidad es usar un modelo descriptivo para realizar un análisis de las recomendaciones provistas por un modelo de optimización. Por ejemplo, un modelo de simulación puede ser usado para explorar la solución provista por un modelo de programación lineal.

El modo de análisis de un modelo matemático puede ser analítico o numérico. El modo analítico usa las matemáticas tradicionales y técnicas estadísticas (cálculo diferencial, álgebra de matrices, análisis de regresión) para realizar el análisis para obtener información exacta acerca del sistema modelado. Un análisis numérico reemplaza frecuentemente estas operaciones matemáticas complejas y operaciones estadísticas con un gran número de cálculos simples. El resultado es a menudo sólo una estimación de las características de interés del sistema modelado, pero dependiendo del problema y del método numérico usado, esta información puede ser exacta.

Con respecto a la aleatoriedad, casi todos los sistemas son probabilísticos. Esto es, el comportamiento de un sistema no se puede predecir con certeza porque un grado de aleatoriedad está presente. Un modelo probabilístico intenta capturar la naturaleza aleatoria de un sistema requiriendo entrada de datos probabilísticos y generando, consecuentemente, resultados del mismo tipo. Aunque la mayoría de los sistemas son aleatorios, la mayoría de los modelos son determinísticos. Los modelos determinísticos emplean valores simples para las variables en el modelo y genera

valores simples de salida. Los modelos determinísticos son más populares que los probabilísticos en primer lugar porque son menos caros, menos difíciles, y requieren menos tiempo para construirse y usarse y a menudo proveen información satisfactoria para apoyar la toma de decisiones.

En términos de generalidad de aplicación, un modelo matemático puede ser desarrollado para usarse sólo con un sistema o para aplicarse a muchos sistemas. Un modelo que es usado con un solo sistema se dice que es construido a la medida del usuario (custom built), y aquellos que se aplican a más de un sistema se llaman modelos generales (ready built). En general, los modelos a la medida describen un sistema en particular y consecuentemente, proveen una mejor descripción que un modelo general. Por lo que usualmente son más caros para la organización, ya que son desarrollados desde el principio totalmente por personal de la institución.

La mayoría de los modelos son construidos a la medida. El usuario de un modelo de simulación normalmente opera o analiza sistemas complejos y los modelos generales no proveen el poder descriptivo que se necesita. Por lo tanto, los modelos a la medida son más utilizados que los modelos generales.

La simulación basada en computadoras es una excitante y práctica técnica que puede ser usada para experimentar con varios diseños de sistemas complejos en áreas tales como manufactura, finanzas, transportes, comunicación, etc.

2.4 ELEMENTOS DE SIMULACIÓN.

Para entender las razones que legitiman la simulación en computadoras como medio de análisis para modelos de sistemas de negocios y económicos, se debe señalar una similitud obvia, pero muy importante, entre la simulación en computadora y varias técnicas analíticas normales tales como el cálculo diferencial, la programación matemática y el cálculo de variaciones. En general, la razón principal para usar cualquiera de estos medios de análisis (con modelos de sistemas económicos) es la búsqueda de conocimientos científicos relacionados con el comportamiento de un sistema económico dado. Cuando se aplica a sistemas económicos, el método científico sigue el procedimiento conocido de cuatro etapas: 1) la observación de sistemas, 2) la formulación de un modelo matemático que trate de explicar las observaciones del sistema, 3) la predicción del comportamiento del sistema tomando como base el modelo, utilizando deducciones matemáticas o lógicas, es decir, mediante la obtención de soluciones al modelo y 4) la realización de experimentos para comprobar la validez de dicho modelo.

La simulación en computadoras se convierte en un medio esencial para analizar sistemas económicos cuando no se puede llevar a cabo uno o más de los cuatro pasos del método científico. Con los sistemas económicos, con frecuencia es en realidad imposible, poco práctico o poco económico realizar experimentos controlados y, cuando esto sucede, algún tipo de simulación puede constituir un sustituto aceptable para el paso (o los pasos) del método científico que representan la imposibilidad. En otras palabras, la simulación puede hacer que sea posible realizar un tipo de cuasi experimento con sistemas económicos.

Para estudiar primero la etapa de observación del método científico, con frecuencia será imposible o extremadamente costoso, observar el comportamiento real de un sistema económico. Por ejemplo, es posible que una simulación no cuente con ciertos datos históricos tales como los de intereses, costos de créditos, o bien, puede ser que los datos sobre salarios, inversiones, población y productividad sean prácticamente inexistentes en un país subdesarrollado. Sin embargo, en ambos casos se cuenta con la suficiente información para formular una hipótesis "significativa" respecto a las distribuciones de probabilidad de algunas de estas variables con respecto al tiempo o sobre los cálculos de sus tendencias con respecto al tiempo. En este caso, se puede utilizar una computadora para generar datos (pseudobservaciones) para el sistema económico de que se trate, basándose en las distribuciones de probabilidad supuestas o sus tendencias con respecto al tiempo.

El analista puede utilizar las pseudobservaciones para formular, manipular y probar modelos que describan el comportamiento del sistema como un todo. Esto es, simplemente se sustituyen los datos generales con la computadora en lugar de las observaciones reales del sistema económico. En muchos casos, estos datos simulados resultan adecuados, sobre todo si el modelo del sistema económico en estudio es sensible sólo a cambios grandes en la magnitud de los valores de los datos de entrada simulados.

Para estar seguros, en el segundo caso del método científico, se buscara evitar por completo la formalización de modelos matemáticos que describan el comportamiento de un sistema económico complejo, como una compañía, basándose exclusivamente en datos simulados. No obstante, se puede atribuir una mayor

seguridad a los modelos de la compañía que se formularon con la ayuda de los datos recabados en observaciones científicas, complementados por los datos simulados (en caso de carecer de éstos), a condición de que el modelo se someta a una comprobación estadística extensiva en el cuarto paso del método científico. Con todo, el tercer paso de este método es el que proporciona la mayoría de las razones para utilizar la simulación en computadora como un medio de análisis en la economía.

Aunque se puede formular un modelo matemático para describir un sistema económico dinámico que funcione en condiciones de incertidumbre, quizá no sea posible obtener una solución al modelo utilizando las técnicas analíticas comunes tales como el método multiplicador Lagrangiano o los métodos de programación matemática y, después de ello, hacer predicciones sobre el comportamiento del sistema. Casi todos los problemas de economía tienen una naturaleza tan compleja, que no existen técnicas apropiadas para resolverlos o, si las hay, quizá, excedan la capacidad de las computadoras actuales. Los modelos usados en el desarrollo de teorías de los ciclos de negocios y el comportamiento de mercado dan origen a dificultades de esta índole. Desde 1930 los economistas han confiado en soluciones de ecuaciones diferenciales y de diferenciación como técnicas analíticas estándar para investigar el comportamiento de los ciclos de negocios y los mercados competitivos. Sin embargo, cuando se introducen en estos modelos linealidades, ecuaciones de orden superior y variables estocásticas, las soluciones mediante técnicas analíticas directas se hacen cada vez más difíciles, cuando no imposibles. Aunque en teoría es posible formular un modelo matemático describiendo el comportamiento de una compañía dinámica que maneja procesos múltiples pero que funciona en la incertidumbre, las matemáticas actuales son incapaces de encontrar

solución a problemas de tal magnitud. En estas circunstancias, los economistas se han visto casi forzados a recurrir al análisis numérico o a la simulación en computadora como forma suplementaria de análisis.

2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN.

Los modelos de computadoras pueden hacerse tan complejos y realistas como lo permitan las teorías; ya que son innecesarias las soluciones analíticas de ellos. Sea cual fuere el grado de complejidad que tenga la formulación del modelo, las técnicas de simulación permiten encontrar sus consecuencias. Por tanto, las teorías económicas se pueden vaciar en un modelo preciso sin distorsionar el significado encerrado en las teorías y se pueden determinar las descripciones del mundo que implican dichas teorías.

Por otra parte, puede ser imposible o muy costoso realizar experimentos para comprobar la validez de los modelos matemáticos que describen el comportamiento de un sistema económico. Evidentemente, este problema es sólo un reflejo del primero que se vio relacionado con la aplicación del método científico. En ambos casos no hay datos suficientes. En el primero, los datos disponibles para formular hipótesis sobre el sistema eran insuficientes. Sin embargo, en el cuarto caso del método científico, el problema consiste en obtener datos numéricos para verificar el modelo matemático y sus soluciones. En realidad, la única diferencia entre estos dos problemas es en el uso que se hará de los datos simulados. Por ejemplo, en el primer

caso, se podría estar interesado en simular los datos de créditos del año siguiente para facilitar la formulación de un modelo matemático, describiendo el comportamiento de una institución que emplea datos de ventas como una de sus entradas. Sin embargo, en el cuarto caso se podría estar interesado en simular los datos de créditos del año siguiente por razones totalmente distintas, es decir, los datos simulados se pueden emplear para comprobar hipótesis alternativas concernientes a la operación de la compañía durante el año venidero. Estas hipótesis se denominan casi siempre reglas de decisión.

En otras palabras, la simulación proporciona un medio para descubrir los efectos de las reglas de decisión alternativas sobre el comportamiento de la compañía dentro de los límites de un experimento de laboratorio minuciosamente comprobado. Por supuesto, se puede argüir que se puede hacer lo mismo con técnicas analíticas más tradicionales; pero con la simulación en computadora se puede experimentar con más variables, más reglas de decisión, con modelos más complejos y modelos que sean muy similares al comportamiento real de las instituciones y todo esto se puede hacer a velocidades que hasta ahora no se habían alcanzado. Aunque la razón principal para escoger la simulación en computadoras puede ser su capacidad para contrarrestar las dificultades antes mencionadas en la aplicación del método científico, existen otras que justifican el uso de la simulación. Es evidente que la mayoría de estas razones no se relacionan con la exposición anterior; pero de ninguna manera se excluyen mutuamente.

1. La simulación permite el estudio y la experimentación con instalaciones internas complejas de un sistema dado, ya sea que se trate de una compañía, una industria, un sistema económico o cualquier subsistema de éstas.

2. Mediante la simulación se pueden estudiar los efectos de ciertos cambios de información, organización y ambientales en el funcionamiento de un sistema, haciendo alteraciones en el modelo de dicho sistema y observando los efectos que los cambios tienen en su comportamiento.
3. La observación minuciosa del sistema simulado puede llevar a una mejor comprensión de dicho sistema y a realizar sugerencias que lo perfeccionen y que de otra manera no se podrían obtener.
4. La simulación se puede emplear como dispositivo pedagógico para proporcionar a estudiantes y practicantes habilidades básicas en análisis teóricos, estadísticos y toma de decisiones.
5. La experiencia en el diseño de un modelo de simulación en computadora puede ser más valiosa que la simulación propiamente dicha. Los conocimientos obtenidos al diseñar un estudio de simulación sugieren a menudo cambios en el sistema simulado. Los efectos de estos cambios se pueden comprobar después mediante la simulación, antes de aplicarlos al sistema real.
6. La simulación de sistemas complejos puede ayudar a incrementar los conocimientos sobre que variables son más importantes que otras dentro del sistema y su forma de interacción.

7. La simulación se puede utilizar para experimentar con situaciones nuevas sobre las que se tengan pocos datos o ninguno, a fin de estar preparados para lo que pueda suceder.

8. La simulación puede servir como una "prueba de prevención" para comprobar nuevas normas y reglas de decisión con el fin de manejar un sistema, antes de que se corra el riesgo al experimentar en el sistema real.

9. Para ciertos tipos de problemas estocásticos, la secuencia de los sucesos puede ser de vital importancia. Es posible que la información sobre los valores y los momentos esperados no sea suficiente para describir el proceso. En estos casos los métodos de Monte Carlo pueden constituir la única forma satisfactoria de proporcionar la información requerida.

10. Es posible efectuar simulaciones tipo Monte Carlo para verificar las soluciones analíticas.

11. La simulación permite estudiar sistemas dinámicos ya sea en tiempo real, tiempo comprimido o extendido.

12. Cuando se introducen elementos nuevos a un sistema, la simulación se puede emplear para anticipar estancamientos y otros problemas que puedan surgir en el comportamiento del sistema.

Muchos problemas son tan complejos que no se pueden resolver por métodos analíticos. En tal caso, aunque la simulación puede ser un método costoso, algunas

veces constituye el único enfoque práctico para la solución de un problema. Dentro de la investigación de operaciones es común que la simulación comprenda también la construcción de un modelo cuya naturaleza sea en gran parte matemática. En lugar de describir el comportamiento general del sistema en forma directa, el modelo de simulación describe la operación del sistema en términos de eventos individuales. El sistema se divide en elementos cuyo comportamiento se puede predecir, al menos en términos de distribuciones de probabilidad, para cada uno de los estados posibles del sistema y sus insumos. Las interrelaciones entre los elementos también se incluyen en el modelo. Entonces, la simulación proporciona un medio para dividir la tarea de construir el modelo en partes más pequeñas, las cuales pueden formularse con mayor facilidad, para después combinar estas componentes en su orden natural.

Después de construir el modelo, se le puede activar utilizando números aleatorios para generar eventos simulados a través del tiempo, de acuerdo a la distribución apropiada. El resultado es una simulación de la operación real del sistema a través del tiempo, que permite registrar su comportamiento global. Al repetir este proceso para las diversas configuraciones del diseño y las distintas políticas de operación del sistema, y al comparar su desempeño, se puede identificar la configuración más prometedora. A causa del error estadístico, es imposible garantizar que la configuración que da el mejor desempeño simulado sea la óptima, pero deberá ser por lo menos cercana a la óptima si el experimento de simulación está bien diseñado.

Debe tenerse en consideración que el uso de la simulación puede involucrar algunas desventajas, tales como:

1. El proceso de desarrollo del modelo de simulación puede ser costoso en tiempo y en dinero.
2. El tiempo de las corridas del modelo en computadora puede ser excesivo.
3. La simulación puede contener errores muestrales.
4. No siempre produce resultados exactos en los datos simulados.
5. No se obtiene un resultado óptimo.

Un modelo matemático está compuesto por una serie de ecuaciones, compuestas a su vez por variables, parámetros y operadores. Las variables pueden ser de tipo endógenas, las cuales dependen de la solución del modelo o de tipo exógenas si es que no dependen de la solución del modelo.

En el presente trabajo se utilizará la técnica de simulación debido a que no fue posible obtener un modelo de pronóstico confiable para las variables bajo estudio (incremento real del salario mínimo, inflación y tasa de interés), ya que su comportamiento es poco o nada predecible bajo métodos como la regresión y las series de tiempo. En cambio desde la perspectiva de la simulación se podrá ajustar el comportamiento de estas variables a distribuciones de probabilidad teóricas, que nos permitirán simular su comportamiento futuro, dado el comportamiento que tienen en el presente y el que han tenido en el pasado.

El objetivo que se persigue con la construcción de nuestro modelo es de tipo explicativo, de pronóstico y hasta cierto punto de optimización.

Explicativo, porque se desea observar en que magnitud la amortización del crédito bancario a la vivienda, depende de las variables factor de pago, pago inicial y tasa real de interés; de pronóstico porque se quiere saber el tiempo esperado en que será finalizada la amortización del crédito bajo diferentes escenarios futuros a analizar; y es hasta cierto punto de optimización porque se debe sugerir que política es la mejor, para el funcionamiento de un crédito bancario para vivienda.

El modelo que se empleará en este desarrollo es un modelo estocástico. Un modelo estocástico es aquel en que por lo menos una de las características de operación está dada por una función de probabilidad. La suficiencia de las técnicas analíticas para solucionar modelos estocásticos, se encuentra bastante restringida debido a que estos modelos son considerablemente más complejos que los modelos determinísticos.

Se trata también de un modelo dinámico, ya que trata con las interacciones que varían con el tiempo.

2.6 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN.

Al planificar el desarrollo de un proyecto de simulación se puede utilizar la metodología planteada en la figura 2.2.²

² González Videgaray, Mary Carmen, "Modelos y Simulación".

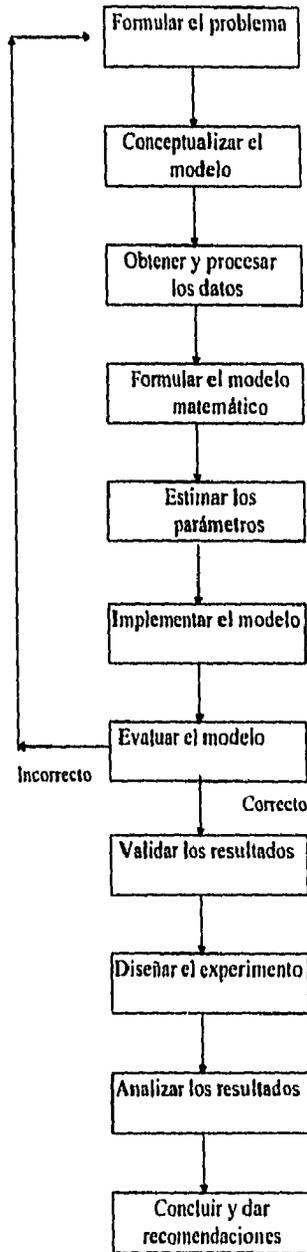


Figura 2.2

Existe otro planteamiento con respecto a las etapas de un estudio de simulación, mediante el cual se plantea el ciclo de vida de un modelo de simulación.

La idea de desarrollar o usar un modelo de simulación consiste en tres fases: definición del problema, desarrollo del modelo y apoyo a las decisiones. Los componentes y relaciones entre las fases se muestran en la fig. 2.3., estas fases en conjunto definen el ciclo de vida de un modelo de simulación.

En la fase de definición del problema, el tomador de decisiones comunica el problema al analista el cual conceptualiza y formula el problema en su mente. La habilidad de formular el problema es el resultado de entrenamiento y experiencia. El analista entonces considera varias alternativas técnicas de solución y selecciona una.

En la fase de desarrollo del modelo, el analista define el sistema y los objetivos del esfuerzo de simulación. Los elementos del sistema y sus relaciones son conceptualizados. Se obtienen los datos, el modelo es construido y el modelo es validado. Los pasos siguientes pueden repetirse varias veces antes de que un modelo satisfactorio sea creado. Se conducen experimentos usando el modelo basado en un diseño de experimentos. Los resultados del análisis entonces son compartidos con el tomador de decisiones para verificar que el problema ha sido modelado correctamente y que todos los datos deseados por el tomador de decisiones están incluidos. Dependiendo de la reacción del tomador de decisiones a las variables de salida del modelo y de las necesidades de información, puede ser necesario redefinir el problema y repetir la fase de desarrollo del modelo.

En la fase de apoyo a las decisiones, los resultados de la simulación son dados al tomador de decisiones, haciendo una presentación en computadora, preparando un reporte, usando animación gráfica, y/o herramientas parecidas. Esta y otra información es entonces integrada y una decisión es hecha. El modelo de simulación puede enlazarse a bases de datos corporativas para proveer continuo apoyo a la toma de decisiones.

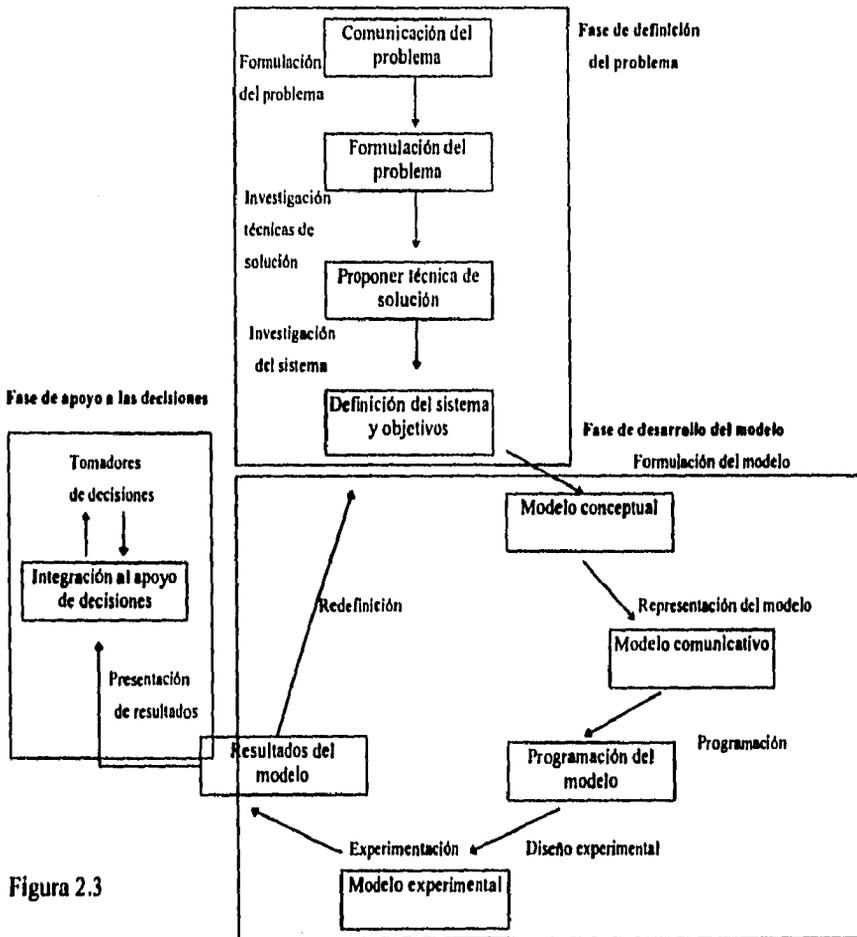


Figura 2.3

2.7 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Como se ha mencionado anteriormente, el financiamiento bancario, en específico, a la vivienda, se desenvuelve en un ambiente que ejerce alta influencia en su desarrollo. En el presente trabajo se hará un estudio del comportamiento de las variables que intervienen en un financiamiento bancario: índice de inflación (I.N.P.C.), tasa de interés (cetes) y el incremento real en el salario mínimo.

Se desarrollará un modelo matemático que dadas las variables de entrada: distribución de probabilidad de la inflación, distribución de probabilidad del incremento del salario mínimo, tasa real de interés, factor de pago, pago inicial, comisiones, etc.; nos proporcione una descripción del comportamiento esperado de la amortización de un crédito bancario; obteniendo resultados como la utilidad esperada del crédito, probabilidad de quebranto y sobre todo plazo en el que se termina de amortizar el crédito. Todo esto desde la perspectiva de una institución financiera de fomento a la vivienda.

Se obtendrá un ajuste a una distribución de probabilidad para las variables inflación y salario mínimo real, y después se estará en la posibilidad de incorporar los resultados en el modelo matemático descrito.

Con la proyección de este modelo, bajo diferentes escenarios, delimitados por el cambio en variables como pago inicial, factor de pago, comisión a la banca,

pago de seguros, etc.; se estará en la posibilidad de realizar un análisis de la influencia que tienen estas variables internas y externas en el comportamiento de la amortización de crédito bancario a la vivienda.

Gracias a este modelo se podrán plantear y responder preguntas del tipo ¿Qué pasaría si..?, ¿Cómo se comportaría el crédito si cambiara esta u otra condición? Con respuestas a este tipo de preguntas se podrá apoyar la correcta y oportuna toma de decisiones en las instituciones financieras del área.

2.8 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO.

El modelo de simulación que se desarrollará, no tendrá como objetivo principal el pronóstico; más bien será del tipo *descriptivo* y *explicativo*. Con el fin de someter a análisis la interrelación existente entre las diversas variables, que intervienen en el financiamiento bancario bajo estudio. Orientado al apoyo en la toma de decisiones.

Por otra parte se trata de un modelo *estocástico*, debido a que las variables endógenas, se analizarán desde una perspectiva estadística y probabilística, con el fin de determinar la función de densidad de probabilidad, que se ajusta mejor al comportamiento de las mismas.

2.9 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

En una simulación Monte Carlo las variables son tratadas de una manera probabilística, requiriendo que distribuciones de probabilidad sean especificadas para cada una de ellas.

Las distribuciones de probabilidad pueden ser determinadas en diferentes maneras. Una forma es analizar datos históricos de las variables en cuestión. Para muchas variables existe amplia y confiable información. Cuando se cree que el futuro será semejante al pasado, los datos históricos pueden ser usados directamente en fórmulas de distribuciones de probabilidad. La frecuencia relativa de cada valor variable debe ser computado y tratado como una probabilidad.

Este tipo de construcción de distribuciones de probabilidad asume que el futuro será como el pasado. Cuando los tomadores de decisiones saben que éste no será el caso, las probabilidades deben ajustarse para reflejar el pensamiento subjetivo de los administradores acerca de cómo diferirá el futuro del pasado. Desafortunadamente, se pueden dar pocos consejos acerca de cómo hacer esos ajustes. En algunos casos puede ser posible que no exista ningún dato histórico de alguna variable y que la estimación probabilística sea altamente subjetiva. No obstante el desacuerdo de mucha gente con respecto a la probabilidad subjetiva, las decisiones deben tomarse; las estimaciones razonadas cuidadosamente son mejores que no estimar nada.

Los datos recabados reflejan el comportamiento del Índice Nacional de Precios al Consumidor desde enero de 1979 hasta junio de 1995, es decir, se cuenta con los datos de 198 meses. Para los Certificados de la Tesorería a 28 días se tienen los datos de enero de 1978 hasta junio de 1995, o sea, son 204 meses de información. Por otra parte, se tienen datos del salario mínimo que se remontan al año de 1962.

A través de estos datos históricos, se realizará un análisis de tipo estadístico con el fin de obtener un modelo que describa el comportamiento de estas variables, el cual se pueda utilizar en nuestro modelo de un crédito bancario a la vivienda.

Se busca, entonces, ajustar un modelo con el cual se pueda proyectar, con ayuda de datos históricos, el comportamiento futuro de los mismos. Debido a la complejidad inherente a la naturaleza de las variables bajo análisis, se buscaron posibles modelos tentativos bajo metodologías como la regresión y la metodología de Box & Jenkins para series de tiempo, sin lograr obtener algún modelo que de manera eficiente cumpliera con nuestro objetivo; por lo que a continuación se empleó otro método: bondad de ajuste.

Las técnicas de bondad de ajuste consisten en que dada una serie de datos reales de una variable aleatoria, se construyen intervalos de frecuencias, para después tratar de ajustar dichas frecuencias, a alguna distribución teórica de probabilidad.

Si se desea obtener la distribución teórica de un conjunto de datos es necesario seguir los siguientes pasos:

a) Analizar las particularidades del evento:

¿ El comportamiento es discreto o continuo ?

¿Cuál es el comportamiento de los datos ?

¿ Qué parámetros son de interés ?

En síntesis se puede decir que debemos de conocer profundamente el sistema que deseamos analizar.

b) Obtener el histograma de frecuencias y compararlo con las gráficas de las funciones teóricas.

c) Efectuar las pruebas de bondad de ajuste que correspondan, en nuestro caso se empleará la prueba denominada X^2 (Chi cuadrada).

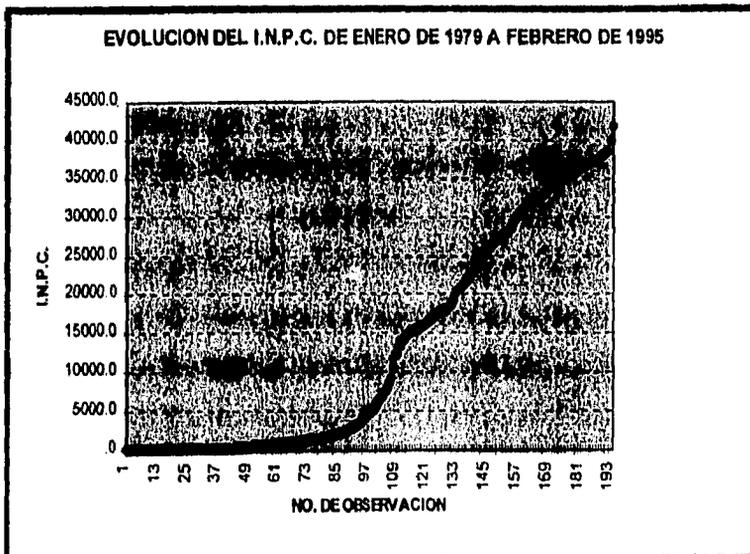
2.10 ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE LA VARIACIÓN PORCENTUAL DEL ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR.

Se comenzará por analizar la variable Índice Nacional de Precios al Consumidor (I.N.P.C.). A continuación se presenta el cuadro con los datos disponibles de dicho índice, así como la gráfica de los mismos.

MODELO DE SIMULACIÓN DE UN CRÉDITO CON FINANCIAMIENTO BANCARIO A LA VIVIENDA

	ENE 1979	FEB 1980	MAR 1981	ABR 1982	MAY 1983	JUN 1984	JUL 1985	AGO 1986	SEP 1987	OCT 1988	NOV 1989	DIC 1990
ENE	110.9	133.8	171.0	223.7	469.9	814.8	1309.8	2173.3	4440.9	12293.5	16542.6	20260.7
FEB	111.6	136.9	175.2	232.5	495.1	857.8	1361.2	2269.9	4761.3	13318.9	16767.1	20719.5
MAR	113.1	139.7	178.9	241.0	519.1	894.5	1417.1	2375.4	5076.0	14000.9	16948.8	21084.8
ABR	114.2	142.1	182.9	254.1	552.0	933.2	1460.7	2499.4	5520.1	14431.9	17202.3	21405.7
MAY	115.7	144.4	185.7	268.4	575.9	964.1	1495.3	2638.3	5936.2	14711.1	17439.1	21779.2
JUN	116.9	147.3	188.3	281.3	597.7	999.0	1532.8	2807.6	6365.7	15011.2	17650.9	22258.9
JUL	118.4	151.4	191.6	295.8	627.3	1032.0	1586.2	2947.7	6881.3	15261.8	17827.4	22664.8
AGO	120.1	154.6	195.6	329.0	651.6	1060.9	1655.5	3182.7	7473.7	15402.2	17997.3	23051.0
SEP	121.6	156.3	199.2	346.5	671.7	1092.7	1721.6	3373.7	7934.1	15490.2	18169.4	23379.6
OCT	123.7	158.6	203.6	364.5	694.0	1130.9	1787.0	3566.5	8595.2	15608.4	18438.1	23715.7
NOV	125.3	161.4	207.5	382.9	734.7	1169.7	1869.5	3807.6	9277.0	15817.3	18696.9	24345.4
DIC	127.6	165.6	213.1	423.8	766.1	1219.4	1996.7	4108.2	10647.2	16147.3	19327.9	25112.7

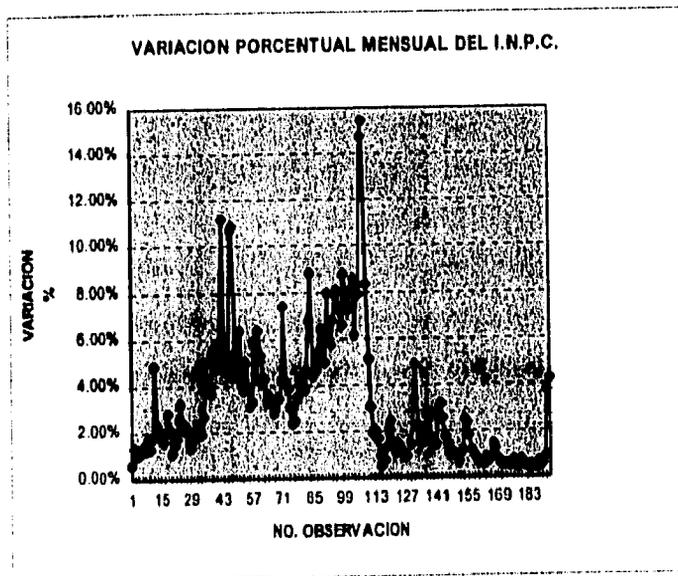
	ENE 1991	FEB 1992	MAR 1993	ABR 1994	MAY 1995
ENE	25752.8	30374.7	33112.8	36348.1	40065.2
FEB	26207.3	30734.6	34089.1	36535.1	41763.3
MAR	26576.0	31047.6	34287.7	36722.9	
ABR	26854.4	31324.1	34485.5	36902.8	
MAY	27116.9	31528.5	34682.6	37081.1	
JUN	27401.5	31744.1	34877.1	37266.6	
JUL	27643.6	31944.5	35044.7	37431.9	
AGO	27836.0	32140.8	35232.3	37606.4	
SEP	28113.3	32420.4	35493.2	37873.8	
OCT	28440.3	32653.8	35638.4	38072.7	
NOV	29146.4	32925.1	35795.6	38276.2	
DIC	29832.5	33393.9	36068.5	38611.9	



MODELO DE SIMULACIÓN DE UN CRÉDITO CON FINANCIAMIENTO BANCARIO A LA VIVIENDA

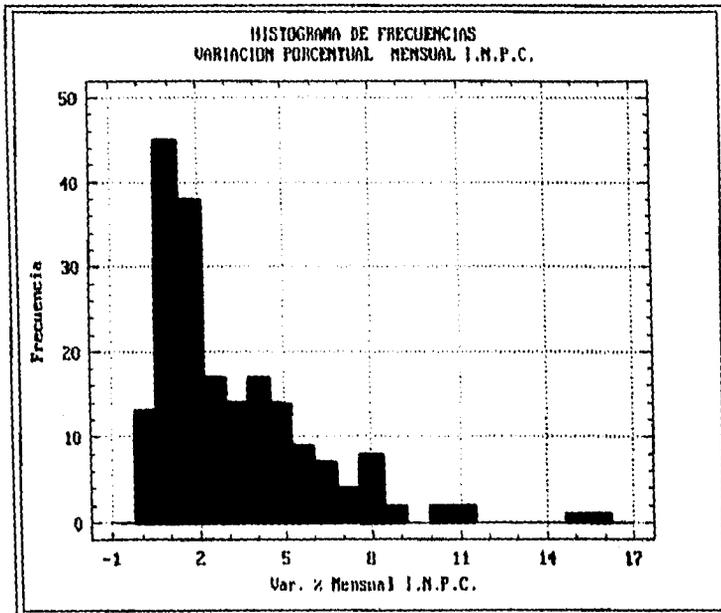
Como se observará el comportamiento del I.N.P.C., presenta un comportamiento creciente exponencial, por lo cuál parece conveniente realizar alguna transformación a la variable para analizarla de una mejor manera. Se puede observar que es lo que sucede con la variación porcentual del índice. El cuadro siguiente muestra los datos de la variable así transformada y a continuación su gráfica:

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
ENE	10	4.9	3.3	5.0	10.9	6.4	7.4	8.8	8.1	15.5	2.4	4.8	2.5	1.8	1.3	0.8	3.8
FEB	0.6	2.3	2.5	3.9	5.4	5.3	4.2	4.4	7.2	8.3	1.4	2.3	1.8	1.2	0.8	0.5	4.2
MAR	1.3	2.0	2.1	3.7	4.8	4.3	3.9	4.6	6.6	5.1	1.1	1.8	1.4	1.0	0.6	0.5	5.9
ABR	1.0	1.7	2.2	5.4	6.3	4.3	3.1	5.2	8.7	3.1	1.5	1.5	1.0	0.9	0.6	0.5	7.96
MAY	1.3	1.6	1.5	5.6	4.3	3.3	2.4	5.6	7.5	1.9	1.4	1.7	1.0	0.7	0.6	0.5	4.18
JUN	1.0	2.0	1.4	4.8	3.8	3.6	2.5	6.4	7.2	2.0	1.2	2.2	1.0	0.7	0.6	0.5	3.17
JULI	1.3	2.8	1.8	5.2	5.0	3.3	3.5	5.0	8.1	1.7	1.0	1.8	0.9	0.6	0.5	0.4	
AGO	1.4	2.1	2.1	11.2	3.9	2.1	4.4	8.0	8.6	0.9	1.0	1.7	0.7	0.6	0.5	0.5	
SEP	1.2	1.1	1.8	5.3	3.1	3.0	4.0	6.0	6.2	0.6	1.0	1.4	1.0	0.9	0.7	0.7	
OCT	1.7	1.5	2.2	5.2	3.3	3.5	3.8	5.7	8.3	0.8	1.5	1.4	1.2	0.7	0.4	0.5	
NOV	1.3	1.8	1.9	5.0	5.9	3.4	4.6	6.8	7.9	1.3	1.4	2.7	2.5	0.8	0.4	0.5	
DIC	1.8	2.6	2.7	10.7	4.3	4.2	6.8	7.9	14.8	2.1	3.4	3.2	2.4	1.4	0.8	0.9	

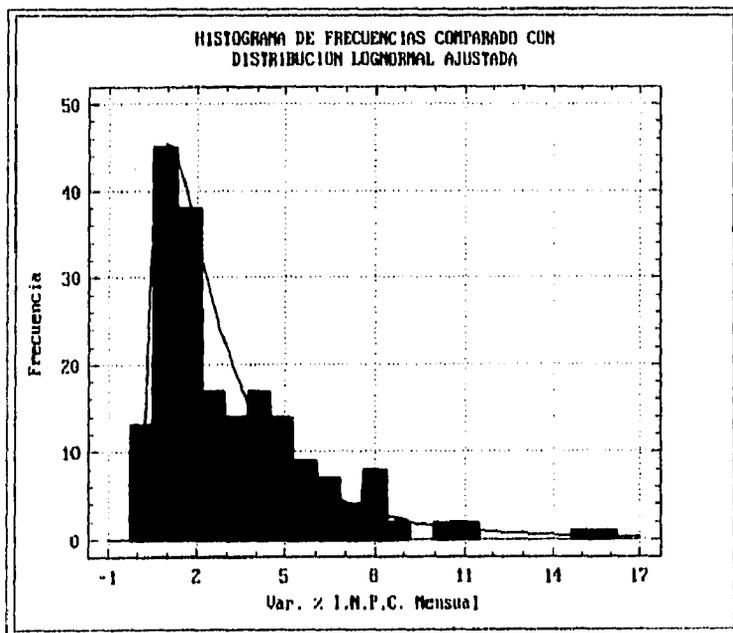


Ahora a partir de estos datos de variación porcentual mensual del I.N.P.C., se determinará cual es la distribución teórica que mejor se ajusta a el comportamiento de las frecuencias en las ocurrencias de valores. Para la realización de este análisis se utilizará el paquete estadístico de computación StatGraphics.

Se presenta a continuación la gráfica de frecuencias del promedio mensual del índice de precios para los datos disponibles.



Realizando el análisis con dicho programa de cómputo, se pudo detectar que hay una distribución de probabilidad que se ajusta con éxito al comportamiento de frecuencias de dicha variable: se trata de la distribución lognormal; lo cual indica que el logaritmo de la variable sigue una distribución normal. A continuación se muestran los resultados de la prueba X^2 . Así también la gráfica que muestra el ajuste de la frecuencias esperadas con las frecuencias observadas. En el capítulo III se encuentra la validación de dicha prueba.



Prueba Chi Cuadrada para la bondad de ajuste:

Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia Observada	Frecuencia Esperada	Chi Cuadrada
Menor	0.5652	13	11.4	.234032
0.5652	1.3478	45	43.4	.057005
1.3478	2.1304	38	38.1	.000122
2.1304	2.9130	17	27.3	3.860420
2.9130	3.6957	14	19.0	1.327496
3.6957	4.4783	17	13.4	.966899
4.4783	5.2609	14	9.6	2.015338
5.2609	6.0435	9	7.0	.567574
6.0435	6.8261	7	5.2	.621524
6.8261	8.3913	12	6.9	3.711721
8.3913	10.7391	4	5.6	.461159
Mayor	10.7391	4	7.1	1.357884

Chi cuadrada = 15.1812

9 grados de libertad.

Nivel de significancia = 0.0860782

Por lo cuál se puede decir que si es válido el ajuste de la variable a la distribución lognormal descrita; en el capítulo III se explica la validación del ajuste.

A partir del ajuste de la distribución lognormal a la variación mensual del I.N.P.C., se buscará ahora relacionar este modelo con otra variable que influye en el financiamiento bajo análisis la tasa de cetes. Pero antes se analizará la simulación de variables aleatorias normal y lognormal.

2.11 SIMULACIÓN NORMAL Y LOGNORMAL.

Una variable aleatoria tiene una distribución logarítmica normal (lognormal) si su logaritmo tiene una distribución normal. Esta distribución es continua y sesgada

y se ha utilizado para ajustar procesos aleatorios que están compuestos por varios eventos pequeños e independientes. Algunas áreas importantes en las que se ha aplicado esta distribución son el análisis de rendimientos y ganancias, análisis de ventas, la distribución del ingreso, así como también en teoría de puntos de ruptura, la cual provee criterios para identificar la distribución de ciertos tamaños de lotes.

Una distribución lognormal sería muy útil, por ejemplo, en un conjunto de datos numéricos asociados a algún concepto como el ingreso o las ventas, si se deseará estratificarlos utilizando una distribución normal, se puede utilizar esta distribución sólo que aplicada a los logaritmos de los valores numéricos que se desea jerarquizar. Por lo cual, próximos al extremo superior de la escala logarítmica se encuentran pequeñas diferencias logarítmicas asociadas a las diferencias encontradas en los argumentos (ingresos o ventas), mientras que en el extremo opuesto (de valores pequeños), las mismas diferencias en los argumentos están asociados con logaritmos cuya diferencia entre valores resulta mayor. Por consiguiente la escala logarítmica proporciona el efecto de comprimir la distribución del ingreso en los niveles altos y ampliar la distribución en los niveles bajos. Una distribución de este tipo puede resultar con gran tendencia a cambiar cualquier distribución sesgada positivamente en una distribución aproximadamente simétrica, lo cual constituye una de sus características más valiosas.

Se dice que x tiene una distribución logarítmica normal si cuando solamente se consideran los valores positivos de x , el logaritmo (en base e) de la variable aleatoria x tiene una función de densidad $f(y)$ dada por:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \quad \text{con } -\infty < y < \infty \text{ y } y = \log x. \quad (2.1)$$

Los parámetros μ_y y σ_y^2 que aparecen en la expresión, corresponden a la media y varianza de y , respectivamente.

Antes de analizar cómo simular una variable aleatoria con distribución logarítmica normal, se estudiará el caso de la simulación de una variable con distribución normal.

Si la variable aleatoria X tiene una función de densidad $f(x)$ dada como:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \right)^2} \quad -\infty < x < \infty \quad (2.2)$$

Con σ_x positiva, entonces se dice que X tiene una distribución normal, con parámetros μ_x y σ_x .

Si los parámetros de la distribución normal tienen los valores $\mu_x = 0$ y $\sigma_x = 1$, la función recibirá el nombre de distribución normal estándar, con función de densidad:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z^2} \quad -\infty < z < \infty \quad (2.3)$$

Cualquier distribución normal se puede convertir a la forma estándar, mediante la siguiente sustitución:

$$z = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \quad (2.4)$$

Existen varios métodos para generar a través de una computadora, valores de una variable aleatoria distribuidos en forma normal. Se discutirá el procedimiento llamado del límite central.

Con el fin de simular una distribución normal con media μ_x y varianza σ^2_x dadas, se debe proponer la siguiente interpretación matemática del teorema del límite central. Si r_1, r_2, \dots, r_N representan variables aleatorias independientes, cada una de las cuales posee la misma distribución de probabilidad caracterizada por $E(r_j) = \theta$ y $\text{var}(r_j) = \sigma^2$, entonces:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P \left[a < \frac{\sum_{i=1}^N r_i - N\theta}{\sqrt{N\sigma}} < b \right] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{1}{2}z^2} dz \quad (2.5)$$

donde

$$E\left(\sum_{i=1}^N r_i\right) = N\theta, \quad (2.6)$$

$$\text{Var}\left(\sum_{i=1}^N r_i\right) = N\sigma^2, \quad (2.7)$$

$$z = \frac{\sum_{i=1}^N r_i - N\theta}{\sigma\sqrt{N}} \quad (2.8)$$

Dada la definición de la distribución normal estándar y de la ecuación (2.4), se observa que z es un valor de variable aleatoria con distribución normal estándar.

El procedimiento para simular valores normales utilizando la herramienta de cómputo requiere el uso de la suma de k valores de variable aleatoria distribuidos uniformemente; o sea, la suma de r_1, r_2, \dots, r_k , con cada r_i definida en el intervalo $0 < r_i < 1$. Aplicando la notación convencional de la forma matemática del teorema del límite central, así como el conocimiento de la distribución uniforme, se encuentra que:

$$\theta = \frac{a+b}{2} = \frac{1}{2} \quad (2.9)$$

$$\sigma = \frac{b-a}{\sqrt{12}} = \frac{1}{\sqrt{12}}, \quad (2.10)$$

$$z = \frac{\sum_{i=1}^k r_i - k/2}{\sqrt{k/12}} \quad (2.11)$$

Por definición z es un valor de variable con distribución normal estándar que se puede describir en la forma sugerida por la ecuación (2.4), donde x es un valor de variable aleatoria distribuido en forma normal que se va a simular, con media μ_x y varianza σ_x^2 . Igualando las ecuaciones (2.4) y (2.11) se obtiene:

$$\frac{x - \mu_x}{\sigma_x} = \frac{\sum_{i=1}^k r_i - k/2}{\sqrt{k/12}} \quad (2.12)$$

y resolviendo para x , se tiene que:

$$x = \sigma_x \left(\frac{12}{k} \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^k r_i - \frac{k}{2} \right) + \mu_x \quad (2.13)$$

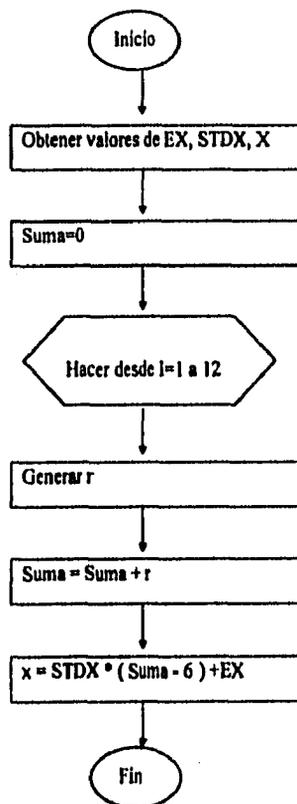
Por lo tanto mediante la ecuación (2.13) se puede proporcionar una formulación muy simple para generar valores de variable aleatoria normalmente distribuidos, con media μ_x y varianza σ_x^2 . Para generar un solo valor de x , bastará con sumar k números aleatorios definidos en el intervalo de 0 a 1. Sustituyendo el valor de esta suma en (2.13), así como también los valores de μ_x y σ_x^2 para la distribución deseada, se encuentra que se ha determinado un valor particular de x . Ciertamente, este procedimiento se puede repetir tantas veces como valores de variable aleatoria normalmente distribuidos se requieran.

Se considera un valor de $k = 12$, para lograr una cierta ventaja computacional, y para obtener un programa de razonable rapidez, sin menoscabo de precisión.

Con $k = 12$ se debe calcular el valor de y :

$$y = \left(\sum_{i=1}^{12} n - 6 \right)$$

Con lo que el diagrama de flujo, del programa para generar valores aleatorios normales queda de la siguiente manera:



Donde:

$$EX = \mu_x$$

$$STDx = \sigma_x^2$$

$$SUMA = \sum r$$

Por lo que el procedimiento en lenguaje Pascal quedaría como sigue:

```
Procedure Normal (EX, STDx):Real;
var
  suma: Real;
  i: Integer;
Begin
  Randomize;
  suma:=0;
  For i:=1 to 12 do
    Begin
      r := Random( );
      suma := suma + r;
    End;
  Normal := STDx * (suma - 6) + EX;
End;
```

El valor esperado y la varianza de los valores de la variable aleatoria x , distribuidos en forma logarítmica normal, están dados por las siguientes fórmulas:

$$EX = \exp\left(\mu_y + \frac{\sigma^2_y}{2}\right) \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} VX &= \left[\exp(2\mu_y + \sigma^2_y)\right] \left[\exp(\sigma^2_y) - 1\right] \\ &= (EX)^2 \left[\exp(\sigma^2_y) - 1\right] \end{aligned} \quad (2.15)$$

La simulación de valores de variable aleatoria logarítmica normal con una media y varianza dadas, requiere necesariamente que μ_y y σ^2_y estén expresadas en términos de EX y VX, lo cual se puede lograr con sólo resolver la ecuación (2.15) para $\exp(\sigma^2_y)$. Se tiene que:

$$\frac{VX}{(EX)^2} = \exp(\sigma^2_y) - 1 \quad (2.16)$$

$$\exp(\sigma^2_y) = \frac{VX}{(EX)^2} + 1 \quad (2.17)$$

Tomando el logaritmo de ambos miembros de la ecuación (2.17), resulta:

$$\sigma^2_y = \log \left[\frac{VX}{(EX)^2} + 1 \right] \quad (2.18)$$

A continuación, se toma el logaritmo de ambos miembros de la ecuación (2.14).

$$\log(EX) = \mu_y + \frac{\sigma_y^2}{2} \quad (2.19)$$

y se resuelve para μ_y

$$\mu_y = \log(EX) - \frac{1}{2} \log \left[\frac{VX}{(EX)^2} + 1 \right] \quad (2.20)$$

Ahora que tanto μ_y como σ_y^2 han quedado expresadas en términos de la media y la varianza de x , el valor logarítmico normal de la variable aleatoria que se va a generar, o sea, el valor de la variable aleatoria z con distribución normal estándar, se puede definir como:

$$z = \frac{\log(x) - \mu_y}{\sigma_y} \quad (2.21)$$

Resolviendo la ecuación (2.21) para $\log(x)$ y tomando el antilogaritmo de ambas partes de la ecuación, se obtiene:

$$\log(x) = \mu_y + \sigma_y z \quad (2.22)$$

$$x = \exp(\mu_y + \sigma_y^2 z) \quad (2.23)$$

Sustituyendo el valor de z de la ecuación (2.11) en la ecuación (2.23), se tiene:

$$x = \exp \left[\mu_y + \sigma_y \left(\frac{k}{12} \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^k n - \frac{k}{2} \right) \right] \quad (2.24)$$

Para propósitos del lenguaje elaborado en Pascal, cuando $k=12$;

$$x = \text{EXP}(EY + \text{STDY} * (\text{SUMR} - 6)) \quad (2.25)$$

En resumen, para generar valores de variable aleatoria logarítmica normal x_1, x_2, \dots, x_n con EX y VX dadas, se deben determinar μ_y y σ_y de las ecuaciones (2.18) y (2.20), y después sustituir estos valores ya sea en la ecuación (2.24) o en la (2.25). Una vez que están definidos los valores de EY y $STDY$ el procedimiento para simular valores logarítmicos normales quedará de la siguiente manera:

```

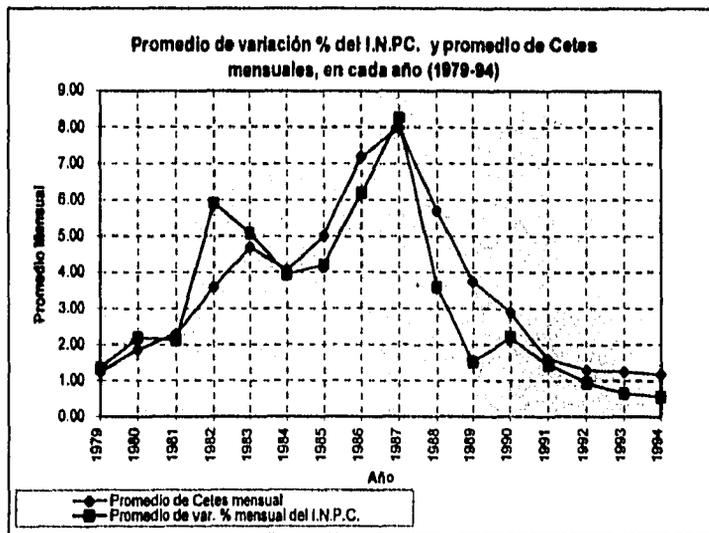
Procedure LogNormal (EY, STDY): Real;
var
  suma: Real;
  i: Integer;
Begin
  Randomize;
  suma=0;
  For i:=1 to 12 do
    Begin
      r := Random( );
      suma := suma + r;
    End;
  LogNormal = EXP( EY + STDY * (suma - 6) );
End;
    
```

2.12 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN PORCENTUAL MENSUAL DEL I.N.P.C. CON PROMEDIO DE CETES MENSUALES.

La tabla siguiente muestra el comportamiento del promedio de variación porcentual del I.N.P.C. mensual, comparado con el promedio mensual de cetes.

1979	1.25	1.34
1980	1.87	2.20
1981	2.30	2.13
1982	3.60	5.91
1983	4.70	5.08
1984	4.07	3.95
1985	5.01	4.21
1986	7.20	6.20
1987	7.99	8.26
1988	5.70	3.60
1989	3.75	1.53
1990	2.89	2.21
1991	1.60	1.44
1992	1.30	0.94
1993	1.25	0.65
1994	1.18	0.56

Gráficamente se observa el siguiente comportamiento:



Se realizará una prueba t de Student para comprobar la hipótesis de que la media de la serie determinada por los promedios anuales de variación porcentual del I.N.P.C. y la media de la serie de promedios de cetes siguen en esencia el mismo comportamiento.

Se probará $H_0: (M_1 - M_2) = 0$ frente a la alternativa $H_a: (M_1 - M_2) < > 0$.

Para lo cual se requiere de una prueba de dos colas. El estadístico de prueba es:

$$T = \frac{(\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 - D_0)}{s \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{m}}}$$

donde: $s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$

n_1 es el tamaño de la muestra de la primera serie de datos.

n_2 es el tamaño de la muestra de la segunda serie de datos.

S_1^2 es la varianza de la muestra de la primera serie.

S_2^2 es la varianza de la muestra de la segunda serie.

con $D_0 = 0$, y la región de rechazo para $\alpha = 0.05$ es $|t| > t_{\alpha/2}$, en donde

$$P[|T| > t_{\alpha/2}] = 0.05$$

En este caso $t_{0.025} = 1.96$, ya que t tiene $(n_1 + n_2 - 2) = 30$ grados de libertad.

Se tienen los siguientes datos:

ESTADÍSTICO IN.P.C.	VARIACION DE LA SIMULACIÓN
$n_1 = 16$	$n_2 = 16$
$\bar{y}_1 = 3.478$	$\bar{y}_2 = 3.138$
$\sigma^2_1 = 4.748$	$\sigma^2_2 = 5.2139$

Para obtener el valor observado del estadístico de la prueba se debe encontrar primero el valor de s^2 :

$$s = \sqrt{\frac{(15)(4.748) + (15)(5.2139)}{30}} = \sqrt{4.98} = 2.23$$

De ahí que:

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{m}}} = \frac{0.34}{0.789} = 0.4308$$

Este valor no cae en la región de rechazo ($|t| > 1.96$), y por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula. No hay suficiente evidencia para indicar una diferencia en los promedios mensual anual del índice nacional de precios al consumidor y el promedio en el rendimiento de los cetes para cada año. Por lo que se puede utilizar la distribución de probabilidad lognormal obtenida, para el comportamiento de los cetes.

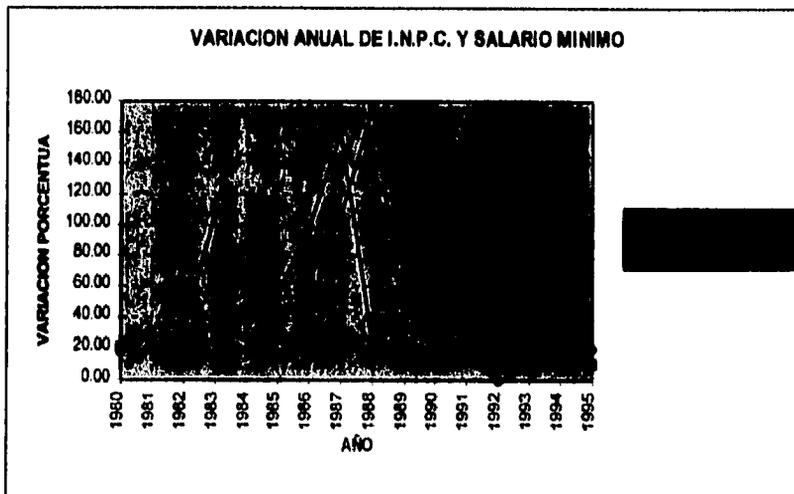
2.13 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN PORCENTUAL REAL DEL INCREMENTO EN EL SALARIO MÍNIMO.

Ahora con respecto al salario mínimo se observa la siguiente relación entre la variación porcentual del salario mínimo y del I.N.P.C.

MODELO DE SIMULACIÓN DE UN CRÉDITO CON FINANCIAMIENTO BANCARIO A LA VIVIENDA

AÑO	VALOR	VALOR
1980	18.10	20.85
1981	28.80	27.80
1982	73.30	30.82
1983	43.68	110.06
1984	56.02	73.40
1985	53.18	60.75
1986	98.40	65.93
1987	160.80	104.34
1988	23.64	178.82
1989	26.00	34.56
1990	18.05	22.48
1991	12.00	27.11
1992	0.00	17.95
1993	7.05	11.32
1994	7.00	7.50
1995	31.1	51.97
SUMAS	645.96	801.72

Gráficamente:

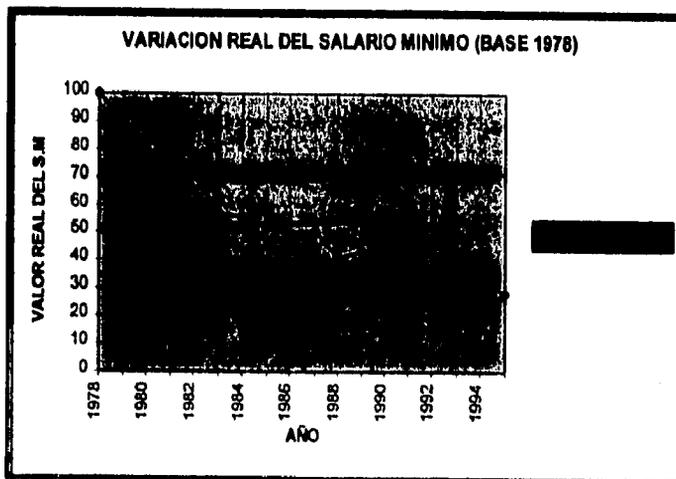


Existe una evidencia para comprobar una diferencia entre la media de la variación porcentual del I.N.P.C. y la variación porcentual del salario mínimo, se puede comprobar que el salario mínimo en términos reales ha sufrido una caída que debemos considerar en el trabajo.

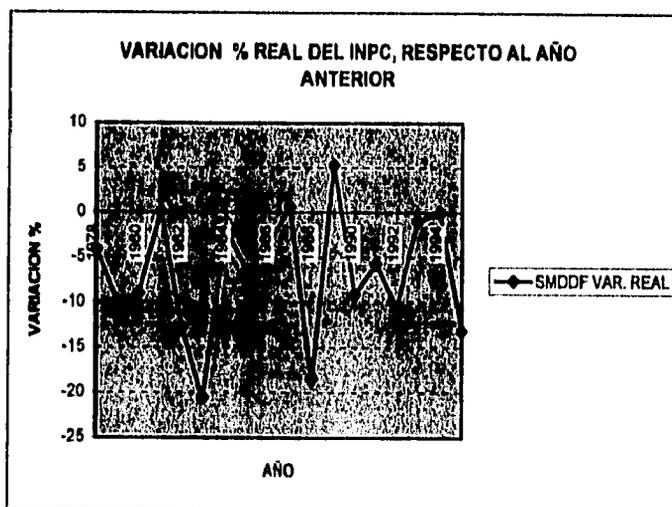
Se muestra a continuación una tabla con los datos para obtener la variación en términos reales que ha experimentado el salario mínimo.

AÑO	MONEDA	MONEDA	MONEDA	MONEDA	MONEDA
1978	120.00	100.00	100	100	-4.13533835
1979	138.00	115.00	127.6	90.1253918	-9.87460818
1980	163.00	135.83	165.8	82.0249597	-8.98795771
1981	210.00	175.00	213.1	82.1210699	0.11717187
1982	384.00	303.33	423.8	71.5746421	-12.8426358
1983	523.00	435.83	766.1	56.8898751	-20.5187173
1984	816.00	680.00	1219.4	55.7851304	-1.97705608
1985	1,250.00	1,041.67	1996.7	52.1694129	-8.44798758
1986	2,480.00	2,066.67	4108.2	50.3058923	-3.57205589
1987	6,470.00	5,391.67	10647.2	50.8392917	0.66274429
1988	8,000.00	6,666.67	16147.3	41.2865722	-18.4692938
1989	10,080.00	8,400.00	19327.9	43.4604898	5.26543494
1990	11,900.00	9,916.67	25112.7	39.4888518	-9.13898267
1991	13,330.00	11,108.33	29832.5	37.235677	-5.70637293
1992	13,330.00	11,108.33	33393.9	33.2645583	-10.664822
1993	14,270.00	11,891.67	36068.6	32.9696734	-0.86646359
1994	15,270.00	12,725.00	38611.9	32.9561612	-0.04098391
1995	20,150.00	16,791.67	56651.48	28.8295702	-13.1283219

A continuación se muestra la gráfica que refleja el comportamiento del salario mínimo real en los años que se consideran en el análisis.



Ahora se muestra la variación porcentual anual que ha sufrido el salario mínimo en términos reales.

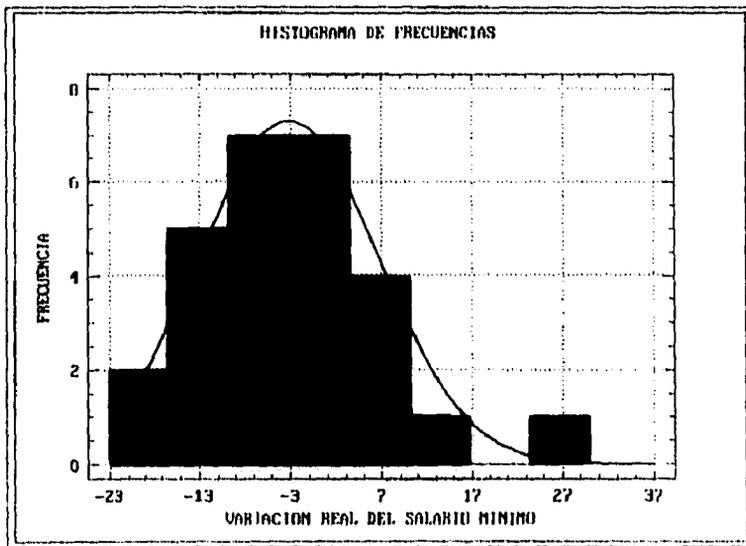
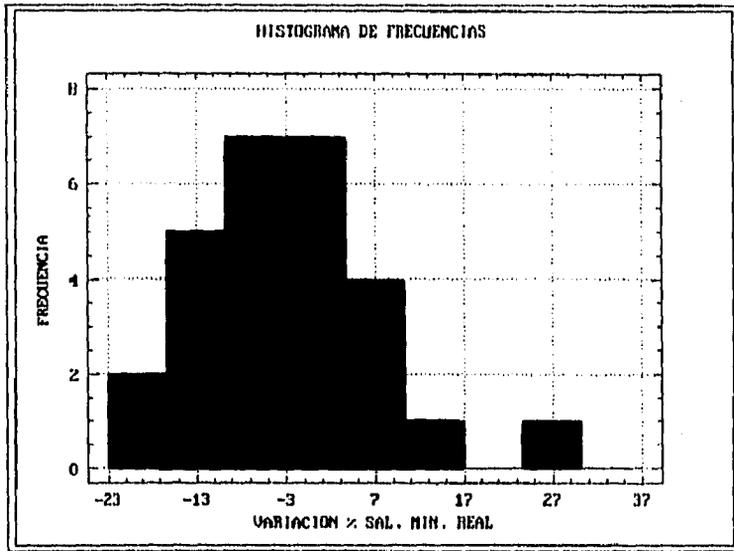


Debido a que el comportamiento del crédito bajo análisis es sensible a las variaciones del salario mínimo, es necesario que nuestro modelo tome en consideración la variación real que éste sufra.

Utilizando el paquete estadístico StatGraphics se realizará un análisis de la variación real del salario mínimo para buscar el ajuste de una distribución de probabilidad que describa su comportamiento y así poder incorporarlo al modelo de simulación.

La siguiente gráfica muestra el histograma de frecuencias que se obtiene de la variable aleatoria definida por la variación porcentual anual real del salario mínimo mensual.

Al ajustar una distribución normal a esta variable aleatoria se obtiene la siguiente gráfica de frecuencias observadas y esperadas. Posteriormente se muestra el cuadro con los datos y el valor de la Chi cuadrada obtenida y el nivel de significancia de la prueba.



	Superior	Objetivo	Real	Chi Cuadrada
-	-11.00	5	5.7	0.898
-11.00	-3.00	9	8.0	0.1279
-3.00	5.00	9	7.9	0.1617
5.00	-	4	5.4	0.3733

Se obtiene un valor de Chi Cuadrada = 0.752712, con un grado de libertad, Nivel de significancia = 0.385619. En el capítulo III se presenta la validación del ajuste de esta distribución de probabilidad a la variable aleatoria variación porcentual real anual del salario mínimo.

2.14 PLANTEAMIENTO DEL MODELO.

A continuación se presenta una serie de definiciones que se utilizan en el modelo:

Pago inicial: es la cantidad que el acreditado da como enganche para la adquisición de su vivienda.

Erogación: es el pago que realiza el acreditado periódicamente por concepto de amortización de crédito.

Saldo: es la cantidad de dinero que debe el acreditado en un momento dado.

Intereses: es la cantidad adicional de deuda que genera el saldo del crédito.

Comisión: es un porcentaje del crédito el cual la institución financiera cobra por conceptos de servicios de crédito.

Utilidad: es la ganancia que obtiene una institución por los créditos concedidos.

Factor pago crédito: es un cantidad determinado de dinero que se paga mensualmente por cada millar de crédito original.

Porcentaje de crédito: es el valor sobre el cien por ciento de la vivienda con el que la institución financiera apoyará al acreditado para su adquisición.

Quebranto: es el evento posible de que el acreditado se declare en imposibilidad de seguir amortizando su crédito de vivienda.

Los modelos matemáticos de sistemas económicos constan de variables, parámetros y relaciones funcionales.

Las variables que aparecen en los modelos económicos se emplean para relacionar un componente con otro y se clasifican, convenientemente, como variables exógenas y endógenas.

Las variables exógenas son las independientes o de entrada del modelo y se supone que han sido predeterminadas y proporcionadas independientemente del sistema que se modela; la dirección de causa efecto del modelo fluye en un solo sentido: de las variables exógenas hacia el sistema.

Las variables endógenas son las dependientes o de salida del sistema y son generadas por la interacción de las variables exógenas de acuerdo a las relaciones funcionales y a los parámetros.

Al contrario de los componentes y las variables que se observarían directamente de un sistema real, los parámetros de las características de operación

se derivan solamente sobre la base de inferencias estadísticas. La precisión de los resultados de una simulación depende, en gran medida, de la exactitud con que se estimen los parámetros del sistema.

Hay dos relaciones funcionales que describen la interacción de las variables de un modelo económico: las identidades y las características de operación. Tanto las primeras como las segundas, se usan para generar el comportamiento del sistema. Las identidades tomarán la forma de definiciones relativas a los componentes del modelo; mientras que una característica de operación es una ecuación matemática que relaciona a las variables del modelo.

En nuestro caso se tienen los siguientes componentes del modelo:

VARIABLES EXÓGENAS:

- Tasa real del crédito.
- Factor de pago por 1000 de crédito.
- Pago inicial por crédito.
- Comisiones.

VARIABLES ENDÓGENAS:

- Tiempo en que se termina de amortizar el crédito.
- Valor presente de los pagos del acreditado.
- Probabilidad de quebranto.

Parámetros:

- Inflación en el mes t.
- Incremento en salario mínimo en el mes t.

El conjunto de ecuaciones que determinarán al modelo se presenta a continuación:

1. $E [N] = E [N-1] * (1 + ISM [N])$
2. $I [N] = TI [N] * SI [N]$
3. $SI [N] = SI [N-1] + I [N-1] - E [N-1]$
4. $ISM [N] = \{ (1+CRSM)*(1+IAP)-1 \}$
5. $TI [N] = (1+TNCA)^{1/12} - 1$
6. $TNCA = \{ (1+TRS)*(1+IAP) + MI \} - 1$

Donde:

$E [N]$ es la erogación en el enésimo mes del crédito.

$ISM [N]$ es el incremento del salario mínimo porcentual en el mes N.

$I [N]$ es el monto de los intereses para el enésimo mes.

$TI [N]$ es la tasa de interés aplicable en el mes N.

$SI [N]$ es el saldo inicial que se tiene al inicio del mes N.

CRSM es el crecimiento real de salario mínimo a considerar.

IAP es la inflación anual promedio.

$ISM[N]$ es el incremento del salario mínimo en el período N.

TNCA es la tasa nominal compuesta anual.

TRS es la tasa real simple.

MI es el margen de intermediación determinado.

La amortización de los préstamos bancarios a la vivienda, se realizará a través de pagos mensuales, considerando su importe bajo el siguiente esquema: se considera un sistema de pagos que utilice una sola tasa real durante toda la vida del crédito y al mismo tiempo la tasa de interés mensual varíe cada período conforme el salario mínimo mensual lo haga.

Si el pago se realiza al término de cada mes y se tienen un total de n pagos indizados con el salario mínimo, se tiene:

$$\text{Pago en el mes } 1 = P(1 + \delta_1)$$

$$\text{Pago en el mes } 2 = P(1 + \delta_1)(1 + \delta_2)$$

:

$$\text{Pago en el mes } n = P(1 + \delta_1)(1 + \delta_2) \dots (1 + \delta_n)$$

Donde:

δ_j = Incremento del salario mínimo en el período j .

P = Pago mensual no afectado por el incremento del salario mínimo.

Debido a que la tasa real se mantendrá fija los n períodos y el salario mínimo, sufrirá variaciones a lo largo del tiempo, la tasa de interés mensual no se mantendrá constante durante la duración del crédito y por lo tanto se manejará una por cada mes a lo largo de la vida del crédito.

Para obtener la tasa de interés mensual, se usa la siguiente ecuación:

$$i_j = (1 + r)(1 + \delta_j) - 1$$

Donde:

i_j = Tasa de interés nominal mensual correspondiente al período número j .

r = Tasa real mensual.

Ahora se obtiene el valor de P . Si se traen todos los pagos a valor presente, se obtiene la siguiente ecuación:

$$S = P(1+\delta_1)(1+i_1)^{-1} + P(1+\delta_1)(1+\delta_2)(1+i_1)^{-1}(1+i_2)^{-1} + \dots + P \prod_{j=1}^n (1+\delta_j) \prod_{k=1}^n (1+i_k)^{-1}$$

$$S = P(1+r)^{-1} + P(1+r)^{-2} + \dots + P(1+r)^{-n}$$

$$S = P(1+r)^{-1} \{ 1 + (1+r)^{-1} + (1+r)^{-2} + \dots + (1+r)^{-(n-1)} \}$$

$$S = P(1+r)^{-1} ((1+r)^{-n} - 1) / ((1+r)^{-1} - 1)$$

$$S = P * ((1 - (1+r)^{-n}) / r)$$

$$S = P a_{n|r}$$

A partir de este valor de P , se pueden definir los valores siguientes:

Pago inicial: $P_1 = P(1+\delta_1)$

Pago en el período número j : $P_j = P_{j-1}(1+\delta_j)$

De esta manera los intereses correspondientes al j -ésimo período tendrían un monto igual a:

$$I_j = (S_{j-1})(i_j)$$

Por otro lado el saldo al final del período j sería igual a:

$$S_j = S_{j-1} + I_j - P_j$$

Ver la sección 1.6 para un mayor detalle de la política de créditos a considerar.

2.15 SELECCIÓN DEL SOFTWARE.

El modelo que se ha planteado, se va a implementar en una computadora personal, en el paquete Excel, utilizando la facilidad que ofrece el lenguaje Visual Basic para aplicaciones.

A continuación se mencionan los aspectos que se consideraron para seleccionar el software mencionado para el desarrollo del modelo:

- a) No existe un lenguaje universal para todos los modelos de simulación. Para cada estudio de simulación se debe realizar un análisis de cuál es el software más conveniente para el desarrollo del mismo.
- b) Existen en la institución manuales de usuario entendibles del paquete a utilizar.
- c) El software es compatible con las computadoras existentes en la institución.
- d) Tiene documentación suficiente acerca de los posibles errores de programación.
- e) Los tiempos de programación, interpretación y ejecución son eficientes.
- f) El costo del software no implica ningún inconveniente ya que la compañía tiene suficientes licencias de uso.
- g) El lenguaje de programación es conocido y es relativamente fácil de aprender.
- h) Es compatible con una gran variedad de programas de bases de datos, de gráficos, de reportes y de texto, entre otros.

- i) La flexibilidad en reportes de salida es variada y flexible.
- j) El tipo de problemas en los que se aplica es muy amplio.

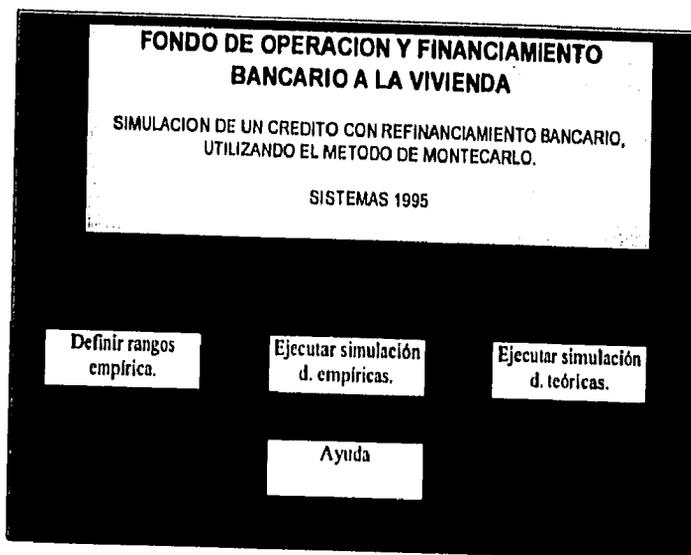
2.16 PROGRAMACIÓN DEL MODELO.

A continuación se muestra la pantalla del módulo inicial de lectura de variables del programa elaborado en Visual Basic para aplicaciones en Excel. En esta pantalla el usuario da entrada a los valores de las variables con las que se realizarán las simulaciones. Esto permite cambiar las políticas bajo las cuales se efectúa la simulación de una manera fácil y flexible.

The screenshot shows a window titled "DATOS INICIALES PARA LA SIMULACION:". It contains a list of variables for which input values are required. A vertical black bar is positioned to the right of the list, likely representing a cursor or a selection mechanism.

DATOS INICIALES PARA LA SIMULACION:	
VALOR DE LA VIVIENDA EN S.M.M.D.	
PORCENTAJE DE CREDITO	
FACTOR PAGO-CREDITO	
TASA REAL SIMPLE	
SALARIO MINIMO	
MARGEN INTERMEDIACION	
CRECIMIENTO SALARIO REAL	
DEPRECIACION	
COMISION SOBRE EROGACION	
COMISION SOBRE SALDO	
COMISION APERTURA	
NUMERO DE SIMULACIONES	

El menú del programa de simulación se muestra a continuación.



Una vez ejecutada alguna simulación el programa nos desplegará la pantalla con los resultados de la simulación.

FONDO DE OPERACION Y FINANCIAMIENTO BANCARIO A LA VIVIENDA		SIMULACION DE UN CREDITO CON REFINANCIAMIENTO POR EL METODO MONTECARLO	
DATOS INICIALES		RESULTADOS DE LA SIMULACION	
VALOR DE LA VIVIENDA EN S.M.M.D.F.	160	TIEMPO DE AMORTIZACION	27.7
PORCENTAJE DE CREDITO	90.00%	NUMERO DE SIMULACIONES	10
FACTOR PAGO CREDITO	8	TIPO DE SIMULACION	Empirica
TASA REAL SIMPLE	6.00%		
SALARIO INICIAL	\$ 600		
MARGEN INTERMEDIACION	0.00%		
CRECIMIENTO SALARIO REAL	0.00%		
DEPRECIACION	1.0028		
COMISION SOBRE EROGACION	26.87%		
COMISION SOBRE SALDO	0.00%		
COMISION APERTURA	0.00%		

Con el modelo de simulación descrito anteriormente se realizará un análisis de sensibilidad sobre las variables factor de pago y tasa real de interés; con el fin de determinar el funcionamiento de un crédito bajo diferentes escenarios determinados por los valores de dichas variables. Para el caso del factor de pago se considerará un análisis para valores de 6 a 10 por cada 1000 de crédito. Mientras que para la tasa real se realizará para valores en el intervalo de 3 a 7%.

Adicionalmente para cada valor obtenido del plazo de amortización se puede obtener un intervalo de confianza.

El programa desarrollado debe de cumplir con ciertas características que provean flexibilidad y solidez en el uso. Por una parte el programa debe de contemplar la retroalimentación en los datos de inflación y variación real del salario mínimo, es decir para la estimación de los parámetros de las distribuciones de probabilidad normal y lognormal se han tomado como base los datos de un período de tiempo. El sistema debe aceptar mes a mes como entrada los datos de dichas variables para períodos subsecuentes, con el fin de estimar nuevamente los parámetros de las distribuciones, teniendo así una retroalimentación de las mismas. De ser necesario se puede ajustar alguna otra distribución que se ajuste mayormente a los datos.

Por otra parte el programa debe de interactuar con los sistemas de información existentes en la institución, con el propósito de contar con un sistema de información corporativo integral que de soporte real y oportuno en la toma de decisiones.

2.17 OPCIONES EN EL TIPO DE SIMULACIÓN.

Adicionalmente en el programa realizado, se planteó un módulo de simulación empírica. La cual tiene como objetivo realizar simulaciones utilizando distribuciones empíricas producto de un análisis de las variables aleatorias que intervienen en el financiamiento bancario. Estas distribuciones empíricas se pueden definir sobre las variables tasa de inflación y variación real en el salario mínimo y pueden surgir como resultado de estudios de las variables o incluso de distribuciones subjetivas por parte de los tomadores de decisiones.

Un ejemplo de planteamiento con distribución empírica sería el considerar un escenario inflacionario como el siguiente:

Inflación:

En los primeros 12 meses:

Con una probabilidad de 0.80 estará en el intervalo [40 a 50)

Con una probabilidad de 0.15 estará en el intervalo [50 a 60)

Con una probabilidad de 0.05 estará en el intervalo [60 a 80]

Del mes 13 al mes 36:

Con una probabilidad de 0.75 estará en el intervalo [20 a 30)

Con una probabilidad de 0.15 estará en el intervalo [30 a 45)

Con una probabilidad de 0.10 estará en el intervalo [45 a 80]

A partir del mes 37

Con una probabilidad de 0.40 estará en el intervalo [5, 10)

Con una probabilidad de 0.50 estará en el intervalo [10, 20)

Con una probabilidad de 0.10 estará en el intervalo [20, 60]

En el módulo de simulación empírica se puede considerar cualquier planteamiento en cuanto a las probabilidades en el comportamiento de la inflación y variación real del salario mínimo.

Una vez definidos los datos con los cuáles se ejecutará la simulación se puede elegir el tipo de simulación que se desea: con distribuciones empíricas o con distribuciones teóricas.

Al ejecutar la simulación con distribuciones teóricas, se correrá el programa considerando la distribución lognormal para la inflación y la distribución normal para la variación real del salario mínimo.

En cambio si se ejecuta la simulación empírica se utilizarán las distribuciones capturadas en el modulo de definición.

Por lo que se pueden realizar con este programa cuatro diferentes tipos de simulación, las cuales se enumeran a continuación:

1. Simulación con inflación distribuida de manera lognormal, y variación real del salario mínimo igual a una constante.
2. Simulación con inflación lognormal y salario mínimo siguiendo una distribución de probabilidad normal.
3. Simulación con inflación constante y salario mínimo normal.
4. Simulación con inflación y salario mínimo siguiendo una distribución empírica determinada.

III. VALIDACION Y ANALISIS DE

"Nuestros procesos deben controlarse con un enfoque preventivo, y nuestras decisiones basarse en evidencia estadística."

Alfredo Aclo T.

3.1 VALIDACIÓN DEL MODELO.

Ya que existen diferentes tipos de modelos de simulación, los procesos de validación varían de modelo en modelo. Por ejemplo, modelos de simulación probabilísticos requieren procedimientos de simulación que no se necesitan en modelos determinísticos. Juegos utilizados para estudiar el comportamiento humano centran la validación más en el ambiente del juego que en el juego en sí. La validación de modelos de simulación de sistemas existentes difiere de la validación de modelos de sistemas propuestos. Dada la gran variedad de modelos de simulación, los procedimientos de validación entonces también deben variar.

Cuando los resultados de un modelo de simulación se comparan con el comportamiento del sistema del mundo real. Se tiene uno de los pasos finales, el cual es llamado validación multi-etapas. Con esta aplicación, se vuelven a razonar las relaciones que subrayan el modelo, se prueban las relaciones usadas en el modelo contra datos empíricos, y se comparan los resultados del modelo contra el mundo real. Una variedad de pruebas estadísticas pueden usarse y se deben seleccionar con cuidado las que han de utilizarse.

Es obvio porque la validación de un modelo de simulación crea problemas metodológicos. Debido a que los modelos son diferentes en el propósito, en las consideraciones de costo-beneficio, en el tipo de modelo de simulación, y en las

diferencias en el modo de considerar una investigación científica, cualquier esfuerzo de validación se convierte en una experiencia única.

La distribución χ^2 es utilizada en la siguiente forma para evaluar la prueba de bondad de ajuste:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad 3.1$$

En la ecuación 3.1, f_o es el número observado de datos en cada una de las categorías y f_e es el número esperado de observaciones. La distribución χ^2 esta completamente definida por el número de grados de libertad (gl). El número de grados de libertad puede definirse como el número de observaciones que están libres para variar después de que ciertas restricciones han sido puestas en los datos. En general, el número de grados de libertad se determina de la siguiente manera:

$$gl = \text{número de categorías} - 1$$

A continuación se realizará la prueba χ^2 para la distribución de los datos de la variación porcentual mensual del I.N.P.C. que se obtuvo en el capítulo II. Se considera un nivel de $\alpha = 0.05$.

Se probará la hipótesis nula H_o que la variación porcentual del I.N.P.C. de los datos con los que se cuenta, sigue un comportamiento con distribución logarítmica normal. La hipótesis alternativa H_a es que la distribución de la variación porcentual del I.N.P.C. no sigue una distribución logarítmica normal.

En el análisis del capítulo II se obtuvo como resultado de la prueba de bondad de ajuste un valor de $X^2 = 15.1812$, con 9 grados de libertad y un nivel de significancia = 0.0860782.

Ahora, buscando en una tabla de distribución X^2 , el valor para X^2 con 9 grados de libertad y $\alpha = 0.05$, es de 16.919.

Ya que el valor calculado de X^2 es menor que 16.919, se puede aceptar la hipótesis nula de que la variación porcentual del I.N.P.C. esta distribuida de manera logarítmica normal con parámetros $\mu = 3.27946$ y $\sigma = 3.52825$. Véase la figura 3.1.

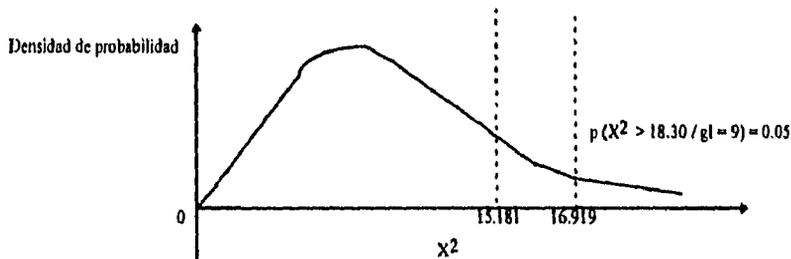


Figura 3.1

Ahora se realizará la prueba X^2 para la distribución de probabilidad normal con los datos de la variación porcentual real del salario mínimo que se obtuvo en el capítulo II. Consideraremos un nivel de $\alpha = 0.05$.

Se probará la hipótesis nula H_0 que la variación porcentual real del S.M.D.F. de los datos con los que se cuenta, sigue un comportamiento con distribución normal. La hipótesis alternativa H_a es que la distribución de la variación porcentual del S.M.D.F. no sigue una distribución normal.

En el análisis del capítulo se obtuvo como resultado de la prueba de bondad de ajuste un valor de $X^2 = 0.752712$, con 1 grado de libertad y un nivel de significancia = 0.385619.

Ahora, buscando en una tabla de distribución X^2 , el valor para X^2 con 1 grado de libertad y $\alpha = 0.05$, es de 3.8414.

Ya que el valor calculado de X^2 es menor que 3.8414, se puede aceptar la hipótesis nula de que la variación porcentual real del S.M.D.F., sigue una distribución normal con parámetros $\mu = -3.1863$ y $\sigma = 9.76162$. Véase la figura 3.2.

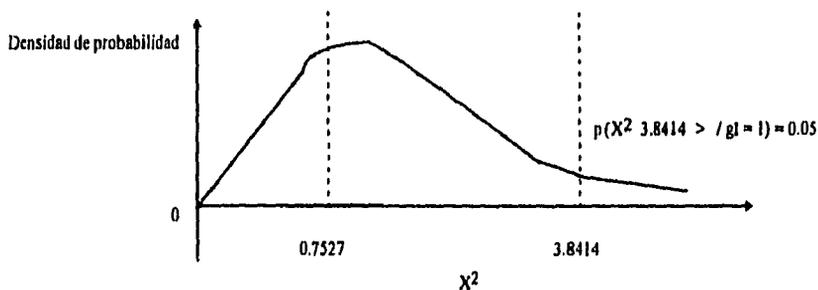


Figura 3.2

Por otra parte la validación de un modelo debe incluir dos grupos: los constructores del modelo y los usuarios finales. Los constructores del modelo deben estar seguros de que el modelo es válido desde una perspectiva técnica. Después, ellos deben trabajar con los usuarios de tal manera de convencerlos de que el modelo es válido.

Ya que existen un gran número de consideraciones, la validación de un modelo puede ser difícil y consumir mucho tiempo. El constructor del modelo debe tener en consideración el propósito por el que se construyó el modelo; los costos y beneficios asociados con los diferentes niveles de validación; el tipo de modelo de simulación desarrollado; y se puede considerar también la filosofía de los constructores y usuarios del modelo acerca de la investigación científica. Estos son importantes, interrelacionados y potenciales problemas a considerar. Así se constituye la validación, como Naylor y Finger lo describen: "el más elusivo de todos los problemas metodológicos irresueltos asociados con las técnicas de simulación en computadoras."¹

Un modelo de simulación es desarrollado con un propósito en mente. Posibles usos pueden ser:

- i. Apoyo en el diseño de un sistema.
- ii. Evaluación de políticas y planes propuestos.
- iii. Desarrollar herramientas de apoyo a la toma de decisiones.
- iv. Imitar la toma de decisiones de un ser humano.

¹ Thomas H. Naylor and J.M. Finger, "Verification of Computer Simulation Models", Management Science (October 1967).

Dada esta variedad de usos, claramente habrá diferencias en los procedimientos de validación. En lugar de una validación total, un enfoque lógico es validar el modelo sólo en los términos de su objetivo. Para un modelo que simula la toma de decisiones de un ser humano, puede ser satisfactorio validar únicamente los resultados del modelo, en lugar de validar la forma en que el modelo genera los resultados. En un modelo administrativo de juegos que enseña el uso de enunciados financieros, puede ser relativamente importante que el modelo de juegos sea una gran simplificación de la realidad. En modelos de planeación financiera utilizados para apoyar la toma de decisiones estratégicas, es a menudo de poca importancia cuando son agregadas variables en una forma que nunca aparecerán en resultados de ganancias o pérdidas. En otras palabras, la validación depende de los objetivos del modelo.

En general, entre más recursos se dediquen a la construcción y validación del modelo se mejora el desarrollo del mismo. Pero desde el punto de vista de costo/beneficio, incrementar los gastos para incrementar la validez del modelo puede no justificar el incremento del beneficio. Anshoff y Hayes han sugerido que la curva de costo-beneficio a menudo se parece a la mostrada en la figura 3.2.² El máximo de la curva costo-beneficio es encontrada en algún punto antes de la absoluta validez del modelo. Con esta perspectiva de costo-beneficio en la validación, parte de ésta se convierte en un problema de optimización. Van Horn lo plantea como: " En teoría cuando menos, la validación se reduce a un problema de decisión estándar, para nivelar el costo de cada acción contra el incremento del valor de la información acerca de la validez del modelo."³

² H.I. Anshoff and R. L. Hayes, "Role of Models in Corporate Decision Making", Proceedings of IFORS Sixth International Conference, Dublin Ireland (August 1972).

³ Richard L. Van Horn, "Validation of simulation Results", Management Science (January 1971). 248

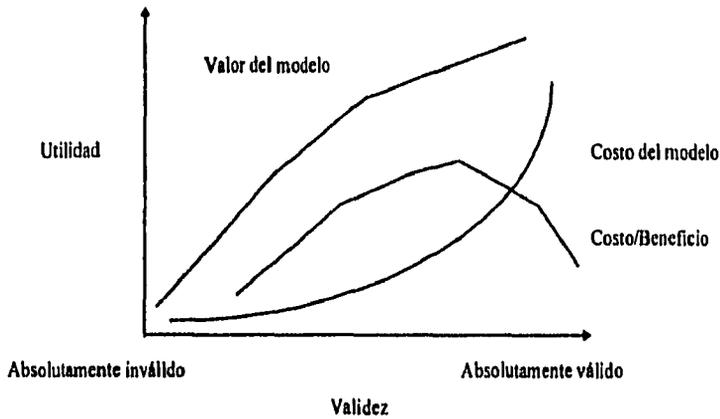


Figura 3.2

Para comprobar el grado al que los datos generados por los modelos de simulación para computadora se ajustan a los datos observados, se tiene dos métodos disponibles: la verificación histórica y la verificación por pronóstico.

Científicos del área de la investigación de operaciones con gran experiencia en el diseño de experimentos de simulación, han sugerido alternativas en la solución del problema de la verificación histórica. Uno de ellos es el descrito por Orcutt:

"Una vez dado que los que se piensa es un modelo razonable (de un sistema) se podría utilizar éste para generar valores simples y agregados de los perfiles sectoriales, así como también series de tiempo. Las técnicas estadísticas que se emplean para estimar los parámetros del modelo podrían aplicarse, entonces, a los datos generados por éste para comprobar si la aplicación nos conduciría a obtener esencialmente el mismo modelo. Si así sucediera, nos tranquilizaríamos; si ocurriera lo contrario, sabríamos inmediatamente que nuestros procedimientos de estimación

producen resultados con sesgo significativo, pero además tendríamos indicios respecto a la forma de mejorar tal situación."⁴

Al referirse Clarkson a sus experiencias con la simulación de inversiones, obtiene el enfoque que se describe a continuación:

"Cuando se trata de modelos de simulación, existe la posibilidad de sujetar a la totalidad del modelo a pruebas estadísticas mediante la comparación de las series de tiempo generadas por el modelo contra las series reales del tiempo de las variables bajo consideración. En esta forma se obtendría una medida de la bondad del ajuste y el modelo sería confirmado en su totalidad, basado en su capacidad para predecir las series de tiempo. El problema que se origina al probar el mecanismo empleado por el modelo no es simple, ya que no existe un método evidente para comprobar la estructura funcional de las ecuaciones o las estimaciones de los parámetros."⁵

La prueba más importante de un modelo de simulación es la exactitud con la cual el modelo puede predecir el comportamiento real del sistema en el futuro. Se puede afirmar que la posibilidad de que los modelos de simulación sean capaces de predecir el futuro, determina la mayor justificación para la utilización de la simulación como instrumento de análisis. Lo anterior no implica que todos los experimentos de simulación son capaces de predecir el futuro. Se considera que el método científico representa un concepto funcional del conocimiento, el cual es un instrumento de predicción. Las técnicas de simulación, ni el método científico son un medio para lograr la certeza completa al realizar predicciones, ya que el fundamento de ambas es la teoría de la probabilidad y no la verdad.

⁴ Cochran W. G. y Cox G.M., "Experimental Designs" Nueva York, John Wiley and Sons, 1957.

⁵ Blackman R.B. y Tukey J.W. "The Measurement of Power Spectra", Nueva York: Dover Publications 1958.

Una validación histórica se puede realizar corriendo la simulación para un crédito que inició hace, por ejemplo, 2 años simulando el comportamiento del crédito para el año anterior al actual y entonces comparar los datos reales con los datos obtenidos a través de la simulación.

Los resultados que se han obtenido del modelo de simulación se pueden comparar a través de un período de tiempo con datos de un crédito real y así se puede comprobar por pronóstico la validez del modelo desarrollado.

Las pruebas realizadas para los casos anteriormente expuestos reflejaron un buen ajuste de los datos simulados a los reales.

3.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

La simulación es una técnica para estimar como se comportará un sistema si se construye o se cambia de una manera determinada. Después de que un sistema propuesto ha sido modelado, se conducen experimentos con el modelo para describir sus características de operación. El objetivo es observar el comportamiento del modelo en casos específicos, y entonces realizar inferencias acerca del comportamiento a largo plazo del sistema modelado. Estas inferencias pueden entonces interpretarse en términos del sistema modelado. El proceso de realizar inferencias requiere del área estadística de la inferencia. A la conclusión del experimento, se estará en la posibilidad de estimar intervalos de confianza para los resultados de las de variables de salida del modelo.

Un modelo es desarrollado para suplir necesidades de información o para analizar un problema en específico. Esto es, un modelo de simulación es usado con algún o algunos propósitos en mente. Hay tres propósitos que son los más comunes en un estudio de simulación:

- i. Comparar medias y varianzas de variables de salida bajo diferentes condiciones.
- ii. Determinar la importancia o efecto de diferentes variables.
- iii. Identificar condiciones óptimas de un conjunto de variables.

El diseño de un experimento de simulación debe incluir una variedad de consideraciones, las cuales van desde las administrativas hasta las que requieren un alto nivel técnico. En el sentido más amplio, el diseño de experimentos abarca esas consideraciones.

Se considera el diseño de experimentos en el sentido, de que se refiere a determinar eficazmente la importancia o efecto de diferentes variables en el desempeño de un sistema.

Las palabras más importantes en el diseño de experimentos de simulación son factor y respuesta, refiriéndose los dos a variables que intervienen en el modelo de simulación. El que una variable sea un factor o una respuesta en un experimento dado depende de la función que ésta tenga en el experimento. Si se diseña un experimento a través del cual se pueda responder la pregunta: ¿Cómo afecta a la variable Y un cambio de la variable X?, entonces se tendría que X es un factor y Y es una respuesta. Por tanto se puede denominar también a una respuesta como variable dependiente y a un factor como una variable independiente. En los

experimentos de simulación la respuesta estará determinada por una variable endógena (de salida), mientras que por otro lado el factor estará determinado por lo general por una variable exógena (de entrada) o por alguna entrada de su distribución de probabilidad.

Los factores que intervienen en el diseño de experimentos se pueden clasificar de acuerdo a las siguientes preguntas:

- i) ¿El factor es controlado o no?
- ii) ¿Los niveles del factor se pueden observar o no?
- iii) ¿El efecto del factor es un punto bajo estudio o se incluyó para aumentar la precisión del experimento?
- iv) ¿Los factores del nivel son cualitativos o cuantitativos?
- v) ¿El factor tiene un comportamiento fijo o aleatorio?

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En un sentido amplio de la palabra, el diseño de experimentos incluye el amplio espectro de consideraciones que envuelven el diseño de un experimento científico. Un uso más restringido del término se relaciona con el diseño efectivo y eficiente de un experimento para determinar el efecto que tienen diferentes variables en el desempeño de un sistema. Lo cual se relaciona con las respuestas del sistema a diferentes factores.

Obtener información acerca de la importancia o efecto de las variables, especialmente en modelos de simulación grandes, puede ser caro. Cada iteración a través de un modelo grande puede consumir una gran cantidad de tiempo de máquina. Cuando existen muchas variables cuyos impactos están siendo explorados, correr simplemente la simulación puede no ser práctico.

El diseño de experimentos enfoca su atención en dos tipos de variables: factores y respuestas. Pueden considerarse también como variables de entrada y salida respectivamente, un factor puede ser una configuración diferente de un sistema.

En el diseño de experimentos se pueden considerar experimentos simples o multi factores, dependiendo del número de factores que se permitan variar sobre su rango entero de valores.

Los experimentos pueden emplear un diseño completo o uno parcial. Con un diseño factorial, todos los factores son variados en su rango completo. Obviamente diseños completos pueden ser muy caros y un diseño parcial es requerido. En el diseño parcial se considera una variación de los factores sobre un rango restringido de sus posibles valores. Obviamente un diseño parcial proporciona menos información que un diseño completo pero es frecuentemente adecuado para identificar el factor con el mayor impacto sobre el sistema.

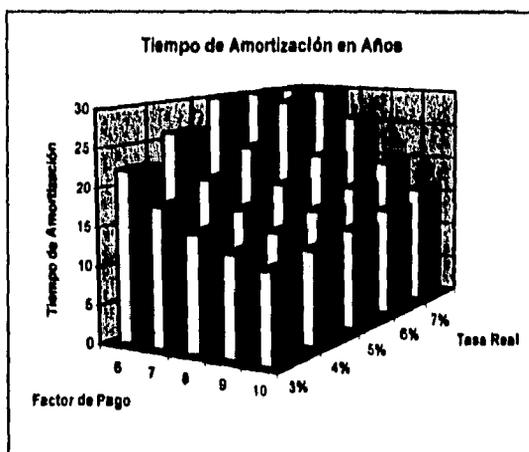
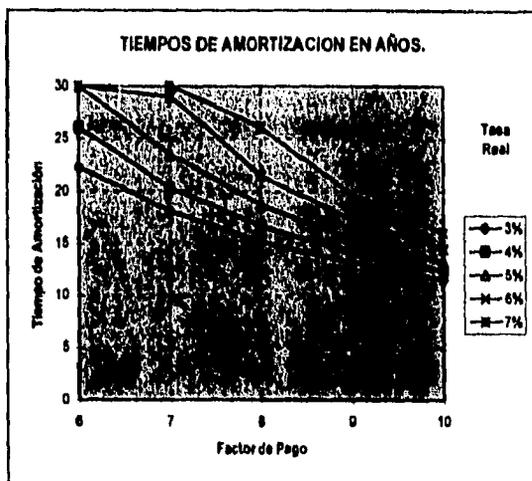
Para el modelo objeto de análisis se van a variar los valores de los dos factores más importantes (factor de pago y tasa real de interés), con el propósito de observar la variación de la respuesta principal (tiempo de amortización del crédito). Se considera para este primer análisis un incremento real de 0% en el salario mínimo; es decir no se considera en este caso la influencia de la inflación en el crédito.

Se considerara un rango del factor de pago de 6 a 10 y un rango para la tasa de interés real de 3 a 7 % anual. Después de realizar las corridas de la simulación se realizará un análisis estadístico de los resultados obtenidos.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en los tiempos de amortización en años, de las diferentes corridas del programa, utilizando el tipo de simulación I descrito en el punto 2.17.

Factor Pago	6	7	8	9	10
Tasa Real					
3 %	22.3	18.1	15.2	13.2	11.6
4 %	26.1	20.3	16.7	14.2	12.4
5 %	30.0	23.5	18.7	15.5	13.3
6 %	30.0	29.03	21.5	17.3	14.5
7 %	30.0	30.0	26.1	19.7	16.1

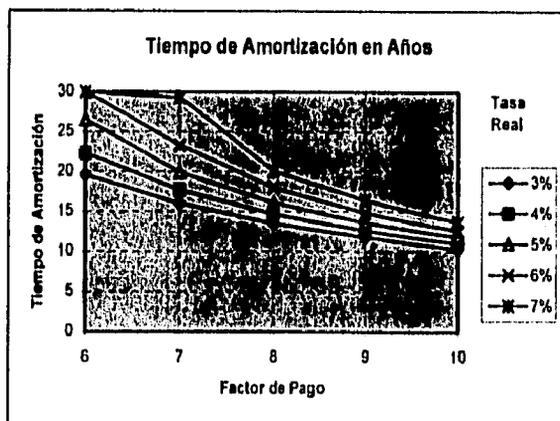
Gráficamente se observa:

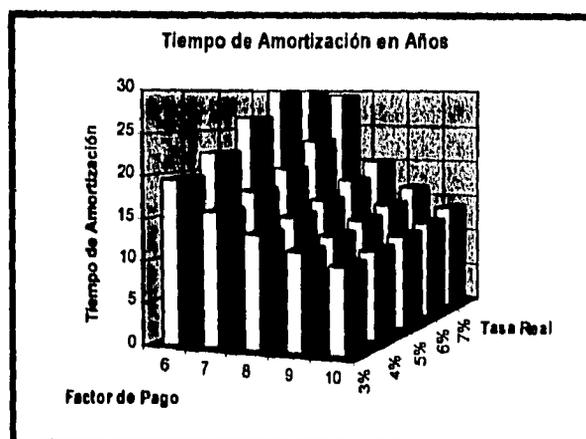


A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir de las corridas de simulación utilizando el tipo de simulación 4 descrito en el punto 2.17.

Factor Pago Tasa	6	7	8	9	10
Real					
3 %	19.6	16.0	13.5	11.8	10.3
4 %	22.3	17.7	14.7	12.6	11.0
5 %	26.5	19.9	16.1	13.6	11.8
6 %	30.0	23.3	18.0	14.8	12.6
7 %	30.0	29.3	20.1	16.4	13.7

En gráficas se obtiene:





Se tiene interés en identificar y medir los efectos que los factores individuales tienen sobre la respuesta. Para separar los efectos debidos a los factores se acostumbra considerar las medias de las columnas y de los renglones. En nuestro caso la media de un renglón constituiría la salida promedio de una tasa de interés real bajo los distintos factores de pago. La media de una columna significaría la salida promedio de un factor de pago bajo las tasas de interés analizadas. Sea \bar{r}_i la salida promedio de la i -ésima tasa de interés para los 5 factores de pago considerados. Sea \bar{c}_i el promedio del i -ésimo factor de pago para las 5 tasas de interés definidas. Y sea \bar{x}_i el promedio de las 25 poblaciones bajo análisis, la cuál es conocida como la gran media. Un efecto principal de un renglón o columna se define como la desviación que existe entre la media del renglón o de la columna correspondiente y la gran media. Por tanto, el efecto principal para la tasa real i es $\bar{r}_i - \bar{x}_i$, y el efecto principal para el i -ésimo factor de pago es $\bar{c}_i - \bar{x}_i$. Para los

resultados obtenidos por la simulación con distribuciones teóricas, se obtienen los siguientes efectos principales:

Factor Pago Tasa Real	6	7	8	9	10	\bar{r}_i	$\bar{x}_i - \bar{r}_i$
3 %	22.3	18.1	15.2	13.2	11.6	16.1	-4.1
4 %	26.1	20.3	16.7	14.2	12.4	17.9	-2.3
5 %	30.0	23.5	18.7	15.5	13.3	20.2	0.0
6 %	30.0	29.03	21.5	17.3	14.5	22.5	2.3
7 %	30.0	30.0	26.1	19.7	16.1	24.4	4.2
\bar{c}_i	27.7	24.2	19.6	16.0	13.6		
$\bar{x}_i - \bar{c}_i$	7.5	4.0	-0.6	-4.2	-6.6		20.2

Por lo que se observa que influye más una variación de un punto en el factor de pago inicial que una variación sobre la tasa real de interés.

Se pueden calcular intervalos de confianza para los valores obtenidos en la simulación. Por ejemplo se van a calcular los intervalos de confianza para los tiempo de amortización obtenidos a través de la simulación con distribuciones teóricas. Se considera un nivel de confianza igual a 95%.

Factor Pago	6	7	8	9	10
3 %	22.285	18.077	15.206	13.148	11.563
	22.321	18.105	15.230	13.167	11.581
4 %	26.088	20.280	16.676	14.199	12.358
	26.138	20.319	16.709	14.223	12.382
5 %	30.0	23.513	18.651	15.513	13.321
	30.0	23.565	18.692	15.542	13.345
6 %	30.0	28.982	21.429	17.248	14.513
	30.0	29.073	21.482	17.284	14.542
7 %	30.0	30.0	26.056	19.694	16.081
	30.0	30.0	26.143	19.750	16.118

Cabe recordar que la forma para calcular un intervalo de confianza con un nivel del 95%, es aplicando la fórmula:

$$\bar{X} \pm (1.96) * S_x$$

con:

$$S_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

En el caso que el intervalo contenga el valor 30 es suficiente para considerar que dicha política de crédito no es viable (recuerde que en tal caso la institución financiera registraría una pérdida).

De manera similar se pueden obtener matrices con los estadísticos de las variables de salida; a continuación se tiene la matriz que contiene las varianzas de los resultados de tiempo de amortización obtenidos con la simulación de tipo teórica.

Factor Pago	6	7	8	9	10
Tasa Real					
3 %	0.065	0.051	0.042	0.033	0.033
4 %	0.088	0.069	0.059	0.043	0.041
5 %	0	0.094	0.072	0.051	0.044
6 %	0	0.162	0.094	0.065	0.514
7 %	0	0	0.155	0.098	0.065

Todos los criterios de decisión que se analizan implican la existencia de algún índice, medida de equivalencia o base de comparación que resuma las diferencias significativas entre alternativas de políticas de crédito. Una base para comparación es un índice que contiene información específica de el comportamiento de las variables que intervienen en un crédito. La reducción de alternativas a una base común es indispensable con el fin de que ciertas diferencias apenas aparentes se vuelvan reales al tener en cuenta el efecto del tiempo sobre el valor de la moneda. Las diferencias reales una vez expresadas en términos de una base común, se tornan comparables directamente y pueden emplearse entonces en el proceso de toma de decisiones. En éste caso se tiene como base de comparación el tiempo medido en años para amortizar un crédito bajo cierto escenario; adicionalmente, se pueden tener otras bases de comparación tales como valor presente de los pagos del acreditado, rentabilidad por intermediación y riesgos de quebranto para la institución financiera.

Es importante resaltar que con el modelo desarrollado también se pueden realizar experimentos sobre valores de otras variables que intervienen en un crédito

bancario a la vivienda tales como valor real de los pagos, valor de la vivienda, monto de intermediación, saldo insoluto, saldo real, depreciación, comisiones, gastos de administración, utilidades, etc. El análisis se puede realizar prácticamente tan completo y tan complicado como se requiera. Por lo que se pueden realizar una gran variedad de análisis que involucren a estas y otras variables de interés. Así mismo el diseño de experimentos se puede realizar a un nivel más complicado y profundo.

3.4 IMPLEMENTACIÓN.

Después de que un modelo ha sido validado, está listo para ser implementado permanentemente en el sistema organizacional donde será utilizado. Se debe poner especial atención en varios detalles. Los usuarios del modelo deben haber trabajado estrechamente durante el proceso del desarrollo del mismo y estar familiarizados con su funcionamiento. La documentación para el modelo debe estar completa, debido a que es uno de los aspectos de menor interés en el desarrollo de un modelo, se debe poner atención para asegurar que se complete esta importante actividad. El modelo debe estar funcionando bajo el sistema de información de la organización, incluyendo la retroalimentación con bases de datos existentes en el sistema. Algunos cambios finales podrían mejorar la satisfacción de necesidades de los usuarios. Si los pasos anteriores se han completado exitosamente, entonces esto implicará sólo algunos ajustes finos al modelo. Otro aspecto que se debe considerar es el planear la manera de actualizar el modelo. Si existen fallas en éste rubro pueden surgir alguno o ambos de dos resultados indeseables. Primero el modelo deja de utilizarse. Segundo el modelo se continua utilizando, pero produce información no confiable.

Debido a que los constructores de modelos se mueven a nuevos proyectos, un procedimiento sistemático es necesario para permitir que el usuario actualice o para que el grupo de administradores científicos que construyó el modelo realice la actualización.

La implementación del modelo no es un paso que deba de dejarse totalmente a cargo de los usuarios. En lugar de eso, debe entenderse como una importante responsabilidad de los constructores del modelo. Harvey en su estudio de factores que llevan una a una implementación exitosa o fallida encontró que: “.. existe una fuerte relación entre la probabilidad de éxito en la implementación y la responsabilidad que asumen los constructores del modelo para la implementación del modelo”.⁶

Un modelo de simulación se puede desarrollar con un grado de detalle casi tan profundo como se requiera. Aún después de implementado el modelo, se pueden seguir realizando adecuaciones del mismo para proveer nuevas soluciones a nuevos planteamientos esquemáticos que se necesiten integrar al modelo.

Es importante que el modelo de simulación sea flexible, para que los usuarios del mismo puedan plantear escenarios bajo los cuales quieran realizar algún análisis. Así mismo los datos de salida que se puedan obtener deben abarcar las variables de decisión que se plantearon desde el principio.

⁶ Harvey, "Factors making for implementation success and failure", *Management Science* (February 1970): B319.

3.5 CARACTERÍSTICAS DE UNA SIMULACIÓN EXITOSA.

No todos los modelos corporativos tienen éxito. Algunos nunca son terminados. Otros son usados por un tiempo y después son descartados. La experiencia muestra que el proceso seguido en el desarrollo de modelos corporativos esta estrechamente ligado con el éxito del esfuerzo del modelado. El primer objetivo debe ser integrar el modelo corporativo dentro del proceso de planeación de la organización. Esto significa que el constructor del modelo debe en primer lugar comprender el ambiente en el cual la planeación tomó su lugar. En esta comprensión se debe incluir el conocimiento de la estructura de la organización, filosofía y estilo de administración, el ambiente externo en medio del cual la organización compete y como es llevada la planeación dentro de la organización. Dado este conocimiento, las especificaciones del modelo corporativo pueden ser establecidas. Esto requiere la conjunción de esfuerzos de los usuarios finales y de los desarrolladores del modelo. Basado en esta experiencia, Mann observa dos grandes reglas de oro para el desarrollo del modelo. La primera es:

"El modelo debe estar relacionado con las necesidades reales de los directivos que son responsables del desenvolvimiento de la empresa. El constructor del modelo debe trabajar en estrecha colaboración con el directivo, para entender sus problemas, para encontrar una solución usando el proceso existente de planeación."

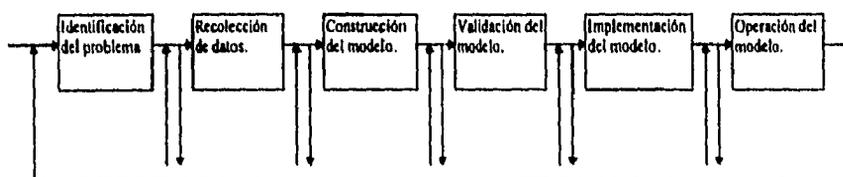
Una vez que las especificaciones para el modelo corporativo son determinadas. Se debe poner atención en los recursos requeridos para encontrar las especificaciones. Esto es definir las bases de datos requeridas, los métodos de pronóstico, modelos, reportes, hardware, software y recursos humanos. La segunda

regla de oro de Mann se relaciona con el modelo corporativo actual y tiene que ver con lo que se conoce como parsimonia, es decir la simplicidad del modelo.

"El modelo debe ser simple, debe evitar el exceso en el tamaño. Esto se puede realizar construyéndolo con una técnica de sistema modular, construyendo un bloque a la vez."

Mantener un modelo simple ayuda a incrementar las posibilidades de que el directivo, sienta comodidad al utilizarlo. Cuando una técnica modular se aplica, el éxito temprano del modelo crea una consistencia que es soporte del futuro desarrollo del modelo.

El desarrollo de un modelo de simulación debe seguir un proceso lógico y sistemático, esto es, una serie de pasos deben de seguirse. No está de más repetir que estos pasos son: identificación del problema, recolección de datos, construcción del modelo, validación del modelo, implantación del modelo y operación del modelo. Aunque estos pasos son seguidos en la secuencia mencionada, es importante entender que el proceso de desarrollo del modelo es usualmente iterativo con loops a pasos previos. Por ejemplo la validación del modelo puede mostrar que se necesitan cambios en el modelo. Los pasos del proceso iterativo de desarrollo del sistema se muestran en la figura 3.3.



Loops de retroalimentación

Figura 3.3

Dos tipos de personas están involucradas en el desarrollo de un modelo. Un grupo está integrado de los ejecutivos o usuarios finales, quienes tienen la necesidad del modelo. El otro grupo consiste de científicos de la administración, los constructores del modelo o analistas, los cuales son especialistas en la creación de modelos. Cada grupo tiene responsabilidades a través de el proceso de desarrollo del modelo, aunque la cantidad y naturaleza de sus responsabilidades varía en las etapas de desarrollo del modelo.

En la tabla 3.4 se da una indicación de el grado de involucramiento requerido en el desarrollo de un modelo de simulación. Los renglones en la tabla identifican los pasos en el proceso de desarrollo del modelo. Las columnas muestran el grupo organizacional que debe involucrarse en el desarrollo del modelo de simulación. En la tabla están los indicadores de participación A (alta), M (moderada), B (baja). Se debe aclarar que estos datos pueden variar de proyecto en proyecto, pero el grado de participación propuesto debe de ser aproximadamente correcto para la mayoría de los modelos de simulación.

	Alto funcionarios	Personeros del área usuaria	Personal del área usuaria	Científicos de la administración	Personal de sistemas
Identificación del problema	M	A	A	A	B
Recolección de datos	B	M	A	A	B
Construcción del modelo	B	B	M	A	M
Validación del modelo	M	A	A	A	B
Implementación del modelo	M	A	A	A	M
Operación del modelo	M	A	A	M	M

Tabla 3.4

Los científicos de la administración deben de ver su participación más allá del desarrollo del modelo. Existe una tendencia de que este grupo abandone el proyecto antes de que éste sea real y totalmente implementado. Es decir, su trabajo es muchas veces visto como finalizado una vez que el modelo se terminó de desarrollar. Lo correcto es que sólo después de que el modelo este integrado dentro del ambiente de trabajo de los usuarios, sea el tiempo cuando el grupo de analistas y constructores del modelo estén libres para trabajar en otros proyectos.

CONCLUSIONES

"La calidad debe ser hecha no por inspección sino por construcción"

Deming.

La primera conclusión que se obtiene es que la simulación realmente constituye una efectiva herramienta en el análisis y apoyo en la toma de decisiones en el sector financiero, a pesar de la incertidumbre macroeconómica que suele presentarse en nuestro país. Ya que debe reconocerse que si se tuviéramos una economía más estable se podrían realizar otros tipos de análisis, aplicando otras herramientas matemáticas que muy probablemente tendrían una mejor precisión en los resultados obtenidos.

Sin duda la simulación puede constituir una herramienta de gran valor para las instituciones financieras de nuestro país, debido a que les puede proveer de un proceso sistematizado de toma de decisiones, que les permita adaptarse en forma rápida y eficiente al cada vez más dinámico y competitivo entorno económico nacional e internacional.

A pesar de que la simulación, y en general las demás ramas de la investigación de operaciones pueden ser de un invaluable apoyo en el diseño y en la toma de decisiones, debe de reconocerse que en México no son muchos los proyectos en que se involucran estas herramientas en las instituciones financieras. Existen ejecutivos que sí conocen este tipo de herramientas y propician su aplicación e implementación en sus instituciones. Pero hay muchos otros que no han tenido contacto con ellas y por consiguiente no se aplican en las áreas que están a su cargo. Es por lo tanto necesario dar a conocer a este tipo de ejecutivos los beneficios y

perspectivas de los proyectos de simulación que se aplican y se han aplicado en el país y en el extranjero con gran éxito.

El análisis de las variables salario mínimo e inflación no debe quedar sólo como se ha descrito en el presente trabajo, sino que el programa desarrollado debe contemplar la actualización constante de los valores de estas variables para realizar una retroalimentación en los valores de los parámetros de las distribuciones de probabilidad utilizadas. Esto se facilita si existe una interacción entre el programa del modelo desarrollado y el sistema de bases de datos de la institución que lo utiliza.

El análisis de resultados que se realizó sólo con dos variables, se puede realizar con un mayor número de estas para obtener así un estudio más completo del impacto que tienen las distintas variables de decisión que influyen en el desarrollo del crédito bancario.

El programa desarrollado debe de integrarse a los sistemas de información existentes en la institución que opera bajo este esquema de créditos, con el fin de crear una interrelación entre los modelos matemáticos y la tecnología de los sistemas informáticos que apoye de una manera más efectiva el diseño de toma de decisiones en las instituciones financieras del país. Creando un sistematizado apoyo a las decisiones que permita a las instituciones financieras, adaptarse rápidamente a los cambios que ocurren en sus interior y en el medio ambiente en que se desenvuelven.

Proyectos de simulación completos se pueden realizar sin necesidad de que se realicen inversiones costosas en software específicamente orientado a proyectos de

simulación; como en el caso del trabajo desarrollado, en el cuál se utilizó para el desarrollo del programa de simulación una hoja de cálculo electrónica con la que ya se contaba en la institución.

Un modelo de simulación debe estar diseñado de tal manera que satisfaga totalmente las necesidades de información que tengan los tomadores de decisiones; por lo que es conveniente recordar que desde la misma definición del problema, y hasta después de la completa implementación de la solución, debe de existir una estrecha comunicación y retroalimentación entre estos y los desarrolladores del modelo.

Los resultados que se obtienen con el modelo deben de adaptarse a las necesidades de los tomadores de decisiones, por lo que el programa de simulación debe de ser flexible para poder incorporar modificaciones en el planteamiento de políticas de crédito que se requieran analizar; así como también se deben de adaptar los tipos de salida que se requieran después de las corridas del modelo.

En el plan de estudios de la licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación que se imparte en nuestra Escuela, están contempladas materias que se requieren para realizar análisis de fenómenos complejos que necesitan la utilización de modelos matemáticos, además de una preparación en el campo de la computación; lo cual nos da las bases para participar en proyectos de desarrollo e implementación de simulación de sistemas, así como también seguramente en otro tipo de proyectos del área de la investigación de operaciones.

CONCLUSIONES

El área financiera me parece que es muy propicia para el desarrollo de los profesionistas de las Matemáticas Aplicadas y Computación; constituye un reto para los egresados de nuestra carrera participar y ser líderes en el desarrollo de proyectos de simulación que den como resultado instituciones más preparadas para competir de una manera más eficiente en la adopción de políticas de crédito, de tal manera que estas políticas de crédito den como resultado la salud monetaria de las instituciones financieras y el mejor servicio a sus clientes; todo ello por supuesto, encaminado al mejor desarrollo de ellas mismas y de nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

- ° Acle Tomasini Alfredo, "Planeación Estratégica y Control Total de la Calidad", Ed. Grijalbo, México D.F. 1990.
- ° Cortina Ortega Gonzalo, "Prontuario Búrsatil y Financiero", Ed. Trillas, México D.F. 1990.
- ° Chiu W. Mann, "The Use of a Model in Long Term Planning - a Case History", Long Range Planning, 1978.
- ° Coss Bu Raúl, "Simulación, un Enfoque Práctico", Ed. Limusa, México D.F. 1992.
- ° González Videgaray M.C., "Modelos y Simulación", Exa, México D.F., 1993.
- ° Gordon Geoffrey, "Simulación de Sistemas", Ed. Diana, México 1980.
- ° Herrejón Silva Hermilo, "Las Instituciones de Crédito", Ed. Trillas, México D.F. 1988.
- ° Kazzmier Leonard J., "Estadística Aplicada a la Administración y a la Economía", Mc Graw Hill, México 1988.
- ° Hillier / Lieberman, "Introducción a la Investigación de Operaciones", Mc Graw Hill, México D.F. 1989.

- ° Mansell Carstens Catherine, "Las Nuevas Finanzas en México", Ed. Milenio, México D.F. 1992.

- ° Mendenhall, Scheaffer, Wackerly, "Estadística Matemática con Aplicaciones", Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F. 1986.

- ° Naylor Thomas H., "Experimentos de Simulación en Computadoras con Modelos de Sistemas Económicos", Ed. Limusa, México 1982.

- ° Naylor Thomas H., "Técnicas de Simulación en Computadoras", Ed. Limusa, México 1982.

- ° Orville F. Grimes Jr., "Viviendas para Familias Urbanas de Bajos Ingresos", Banco Mundial, Madrid 1978.

- ° Perdomo Moreno A., "Modelos Básicos de Planeación Financiera", Ecasa, México D.F. 1993.

- ° Ribas P. Armando, "Teoría Monetaria, Inflación y Tasas de Interés", El Ateneo, Buenos Aires, Argentina 1978.

- ° Schriber Thomas J., "An Introduction to Simulation Using GPSS/H", Wiley & Sons, Annandale VA, U.S.A. 1991.

- ° Shannon, Robert E., "Simulación de Sistemas", Ed. Trillas México D.F. 1988.

BIBLIOGRAFÍA

° Tercero Mendoza Luis, "Programa Financiero de Vivienda del Gobierno Federal", Tesina, U.N.A.M. Acatlán 1984.

° Thuesen H.G., Fabrycky W.J., Thuesen G.J., "Ingeniería Económica", Prentice Hall, México D.F. 1986.

° Villegas Carlos y Schujman Mario, "Intereses y Tasas", Abeledo Perrot, Buenos Aires, Argentina, 1990

° Watson Hugh J. & Blackstone John H., "Computer Simulation", Wiley & Sons, Georgia, U.S.A, 1989.