

TEMA: SIMULACION

APLICACION DE SIMULACION MATEMATICA  
PARA EVALUAR LA FORMA DE FINANCIAMIENTO DE UN PROGRAMA DE CONCURSO.

ACTUARIO 1984

JORGE ERNESTO STONE ZUÑIGA



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.

# I N D I C E

|   | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCION   | 1    |
| 2. MODELOS  | 3    |
| 2.1. Generalidades  | 4    |
| 2.1.1. Sistemas   | 4    |
| 2.1.2. Definiciones y Aspectos Generales de los Modelos.                                    | 6    |
| 2.1.3. Clasificación de los Modelos.  | 10   |
| 2.1.4. Modelos de Situaciones Problemáticas.  | 18   |
| 2.2. Simulación   | 28   |
| 2.2.1. Que se entiende por Simulación y - qué por Método de Montecarlo.                     | 28   |
| 2.2.2. Ventajas y Desventajas de los Modelos de Simulación.                                 | 39   |
| 2.2.3. Planeación de Experimentos de Simulación en Computadora.                             | 49   |
| 2.2.4. Lenguajes de Simulación.   | 64   |
| 3. DEFINICION DEL SISTEMA Y DESARROLLO DEL MODELO   | 83   |
| 3.1. Definición del Sistema.  | 84   |
| 3.1.1. Formulación del Problema.  | 84   |
| 3.1.2. El Sistema y su Contexto.  | 92   |
| 3.2. Herramientas Usadas en la Integración del Modelo.                                      | 102  |
| 3.2.1. El Cálculo de las Probabilidades.  | 102  |
| 3.2.2. Comportamiento del Gasto y Metodo logía empleada en la Búsqueda del Subsidio Optimo. | 113  |
| 3.2.3. El Método de Monte Carlo.  | 121  |
| 4. EVALUACION DEL MODELO Y SOLUCION AL PROBLEMA.  | 127  |
| 4.1. Análisis de Resultados y Validación.   | 128  |
| 4.2. Solución.  | 134  |
| 5. CONCLUSIONES   | 133  |

Pág.

A N E X O S

|  |       |
|--|-------|
| A. PROGRAMAS DE COMPUTO "REAL" Y "PREMIO"        | 1 4 3 |
| B. FUENTE ESTADISTICA                            | 1 6 1 |
| C. RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS "REAL" Y "PREMIO" | 1 6 7 |
| D. BIBLIOGRAFIA                                  | 1 8 1 |

# 1 INTRODUCCION

## 1 INTRODUCCION

El objetivo de esta tesis, es resolver el problema que tienen los organizadores de un programa de concurso para determinar el subsidio semanal constante que deberán reservar para hacer frente a los gastos por concepto de premiación en que incurrirá el programa. Para solucionar este problema se construyó un modelo de simulación que reproduce al sistema.

En el capítulo Dos, se hace una descripción general de los modelos y del cómo pueden éstos ser utilizados para resolver problemas, situando dentro de estos modelos a los de simulación. Además, se da una panorámica de cómo se debe realizar la planeación de experimentos de simulación en computadora y de cómo seleccionar el lenguaje de cómputo adecuado.

En el capítulo Tres, se formula el problema y se describe el sistema y su contexto. De acuerdo a esta formulación se construye el modelo de simulación y se calculan las probabilidades que emplea el método de Monte Carlo ahí descrito. También se analiza el comportamiento del gasto y el algoritmo de optimización que emplea el modelo de simulación para encontrar el subsidio óptimo.

En el capítulo Cuatro, se validan estadísticamente los resultados del modelo de simulación y se proporciona la solución al problema.

El enfoque que prevalecerá a lo largo de este trabajo es que la simulación es una técnica experimental que utiliza la Estructura del Método Científico.

2 M O D E L O S

## 2.1 GENERALIDADES

### 2.1.1 SISTEMAS

Un sistema consiste de un conjunto de necesidades o deseos de actividades inter-relacionadas, conectadas por un flujo de información, el cual lleva a tomar decisiones sobre acciones diseñadas, para producir alguna salida que satisfaga las necesidades o deseos.

Un sistema es definido como una suma o ensamblaje de objetos-asociados por alguna interacción o interdependencia regular.- Las definiciones anteriores, son dos de las más aceptadas que hay para describir un sistema: la primera de Ackoff y la segunda de Gordon, dan una amplia panorámica y un muy sólido -- punto de partida para dirigirnos hacia los objetivos centra-- les de el estudio que nos ocupa, ya que se irá circunscribiendo paulatinamente la idea central de esta tesis.

Cualquier objeto dentro del sistema, será una entidad de éste y, se denominará atributo a las propiedades que esta entidad - tenga. Actividad desde este enfoque será cualquier proceso - que produzca cambios en el sistema.

Estas actividades pueden ocurrir dentro o fuera del sistema; - en el primer caso se llaman endógenas y en el segundo exóge-- nas. Algunas actividades del sistema pueden también producir cambios que no repercuten en el mismo. Tales cambios ocurri-- dos fuera del sistema, se dice que ocurren en el ambiente de-- éste.

Cuando la salida de una actividad puede ser descrita completa-- mente en términos de su entrada, se dice de ésta que es deter-- minística. Cuando los efectos de la actividad varían aleato-- riamente sobre varias posibles salidas, se dice que la activi-- dad es estocástica.

De acuerdo a las actividades, los sistemas tienen otra clasificación: si un sistema no tiene actividades exógenas, se dice que es cerrado; de lo contrario es abierto. Una actividad exógena, se dice que es aquella originada o producida fuera del sistema o resultante de causas ajenas a éste.

Otra clasificación que se hace de los sistemas, que los divide de acuerdo a la forma en que ocurren los cambios en el tiempo. Cuando varían continuamente en el tiempo, se llaman continuos y cuando los cambios ocurren discontinuamente en el tiempo se llaman discretos.

En cuanto a esta clasificación, considero que es difícil de establecer la separación para la mayoría de los sistemas, dado que es imprecisa. Los sistemas no son ni discretos ni continuos, sino más bien son abstracciones hechas por el -- hombre para una mejor apreciación.

A este respecto dice Gordon: "Pocos sistemas son completamente discretos o continuos. Sin embargo, en la mayoría de ellos predomina uno de los dos tipos, de tal forma que se pueden circunscribir a uno o al otro".

Hay sistemas que son intrínsecamente continuos, pero la información que de ellos se tiene es discreta. Estos casos son dignos de mencionar, pues representan un alto porcentaje de la totalidad de los sistemas, los que caen en esta categoría y son llamados sistemas muestrales.

## 2.1.2 DEFINICION Y ASPECTOS GENERALES DE LOS MODELOS

Como una primera aproximación, la palabra modelar puede ser definida como la acción de imitar. En el caso de tratarse de un sistema, el imitador es el modelo, pero un imitador - que hace a un lado todo aquello que considera irrelevante, - tomando en cuenta únicamente aspectos que considera de interés para una más eficiente observación de estos para las -- personas involucradas en el proyecto que primeramente tomaron parte en la definición de los objetivos que el modelo - satisficiera, en mayor o menor grado, donde esto último ya - dependerá de la bondad del modelo.

En un intento más formal de definir un modelo, se tiene que es un cuerpo de información reunido con el propósito de estudiarlo, y ese mismo propósito, determinará la naturaleza de la información.

No se puede decir que un modelo de un sistema es único, dado que diferentes modelos del mismo serán producidos por -- distintos analistas interesados en diversos aspectos del -- sistema, o por el mismo analista, cuando su entendimiento - del sistema cambia; o inclusive por varios analistas intere-- sados en el mismo aspecto del sistema, pero con un entender diferente de éste, lo que daría como resultado tantos mode-- los como analistas fuesen. En resumen, de un sistema se - pueden obtener una infinidad de modelos.

En un último intento de definir un modelo, citaremos lo que nos dice Shannon a este respecto: "Un modelo es una repre-- sentación de un objeto, sistema o idea en alguna forma tal que es una entidad por sí mismo. Su propósito más frecuen-- te es el de ayudarnos a explicar, entender o mejorar un sis-- tema".

Muchas personas piensan que el uso de los modelos es reciente, lo cual no es verdad; pero lo que sí es cierto es que - hasta en fechas recientes han jugado un papel vital dentro - de la élite intelectual, en cuanto a su conceptualización y desarrollo; desde que esta élite comenzó a tratar cada vez - con más fuerza de entender y manejar su medio ambiente.

El hombre siempre ha usado el concepto de modelo para intentar representar y expresar ideas y objetivos. Desde los -- principios de la humanidad, el hombre sin saberlo, manejaba este concepto en actos de comunicación, como lo podemos ver en los muros de la edad de piedra, en la construcción de -- ídolos, etc. Hasta nuestros días, en que se expresan por - medio de complejas expresiones matemáticas cuestiones tales como el lanzamiento y la ruta a seguir de un cohete en la - estratosfera, la economía de un país. etc.

El progreso y la historia de la ciencia y la ingeniería, -- son los más fieles reflejos del progreso de la habilidad -- del hombre para desarrollar modelos de: fenómenos naturales, ideas y objetos.

La tarea de derivar un modelo de un sistema según Gordon, - puede ser dividida en dos amplias tareas a su vez:

- Establecer la estructura del modelo.
- Suministrar los datos.

Establecer la estructura del modelo significa identificar:-- las fronteras, las entidades, los atributos y las actividades del sistema. El proveer los datos puede definir las relaciones existentes entre las actividades, de tal forma que relaciones, que al establecer la estructura del modelo se - hicieron, pueden ser refutadas o confirmadas una vez reunidos y analizados los datos; muy a menudo los datos revelan-

una inesperada relación que cambia la estructura del modelo.

La decisión de construir un modelo, deberá ser tomada hasta tener una idea clara y concisa de los requerimientos formulados por éste.

El diseñador del modelo deberá preguntarse y responderse al máximo cuestiones de la siguiente naturaleza:

- ¿Para quién será construido el modelo?
- ¿Qué clase de cuestiones se espera que éste resuelva?
- Si el modelo ha sido ya construido, ¿qué clase de comparaciones deben ser hechas con el sistema actual, con el fin de determinar la validez del modelo?
- Si el modelo fue ya construido y además validado, ¿qué planes experimentales para manejar sus parámetros y sus condiciones de entrada, nos darían las mejores respuestas con respecto a las cuestiones que se desean estudiar (observar) del modelo actual?

Los propósitos que inducen a usar un modelo, pueden ser de muy variados tipos, pero he aquí los más comunes:

- Auxiliar para una mejor comprensión del sistema.
- Auxiliar para la experimentación.
- Con finalidades educativas de entrenamiento y enseñanza.
- Como herramientas de predicción.

- Es más fácil de manipular que el sistema mismo.

La utilidad de los modelos, como auxiliares para una mejor comprensión del sistema, proviene de que un modelo puede -- ayudar a separar conceptos confusos e inconsistentes; también señalan qué pasos son necesarios y en qué etapas, dando eficacia para organizar, evaluar y examinar la validez del proyecto.

Como auxiliares para la experimentación, los modelos permiten experimentar en situaciones donde el hacerlo directamente, sería imposible o muy costoso.

Los modelos han sido y continúan siendo extensamente usados como auxiliares de entrenamiento y enseñanza. Como un ejemplo podemos citar, que en algunas universidades se manejan modelos económicos del país y se entrena a los estudiantes, dándoles la oportunidad de manejar los parámetros, para posteriormente mediante una corrida (en computadora) del modelo, observar qué arrojó éste y que de esta forma el estudiante evalúe su actuación.

Particularmente, consideramos que el uso más importante que tienen los modelos, es predecir el comportamiento característico de las entidades del sistema; pues obviamente, a todo el mundo le interesa en mayor o menor grado, ser capaz de predecir qué ocurrirá en el futuro con un sistema.

El punto más crucial en la formulación de un modelo matemático, es la construcción de la función objetivo. Esta requiere el desarrollo de una medida cuantitativa de eficiencia relativa a cada objetivo. Si más de un objetivo ha sido formulado para el estudio, es necesario transformar y -- combinar las respectivas medidas en una medida de eficiencia compuesta.

### 2.1.3 CLASIFICACION DE LOS MODELOS

De hecho, no existe un criterio universal para clasificar los modelos, y los diferentes autores tienen sus muy particulares formas de hacerlo. Esto está obviamente muy relacionado con la disciplina de estudio desde la cual se enfoca; sin embargo, aún cuando no existe tal criterio, en esta sección se darán las clasificaciones más comunes, en donde si no todos los estudiosos de la materia convergen, sí la mayoría.

Se comenzará por darle crédito a la primera división que hace Ackoff de los modelos.

- **Iconicos.**- Son amplificaciones o reducciones de estados, objetos o eventos. Tales amplificaciones o reducciones, representan las propiedades relevantes del mundo real con sólo una transformación en escala. Los modelos iconicos se parecen a la realidad representada por ellos. Algunos ejemplos son: mapas, fotografías aéreas, representación de distancias en rutas, etc.
- **Analógicos.**- Cuando se quiere mostrar relieves en un mapa y no se puede producir un mapa tridimensional, se recurre a colores o líneas de contorno, las cuales proveen de información acerca de los grados.

O si además, se quiere mostrar los tipos de rutas, se usan colores o sombras provistas de una apropiada leyenda, la cual explica la transformación de propiedades.

La característica fundamental de estos modelos, es que una característica es usada para representar otras. En el ejemplo citado, la existencia de re-

lieves se hace a través de colores que vienen a substituir a los relieves propiamente.

- Simbólicos.- Las propiedades de las cosas representadas son expresadas simbólicamente. Así una relación mostrada en una gráfica (como un modelo analógico), puede también ser representado por una ecuación; tal ecuación es un modelo simbólico. Modelos en los cuales los símbolos empleados representan cantidades son llamados modelos matemáticos.

De las definiciones salta a la vista que los modelos icónicos son los más específicos y concretos de los tres tipos, por lo cual, son usualmente en los que es más difícil manipular o determinar los efectos producidos por los cambios en el mundo real en los modelos analógicos es más fácil manejar estos cambios, o sea su rigidez es menor.

Los modelos simbólicos son los más abstractos y generales y también los más fáciles de manejar. En general, el aumento de análisis requerido para construir un modelo está inversamente relacionado a la facilidad de manejarlo, una vez que éste ha sido construido.

A pesar de que esta clasificación es muy clara y satisfactoria, la mayoría de los estudiosos de los modelos, aún prefieren la hecha por Rosenblueth y Wiener en 1945; tal es el caso de Forrester, Gordon, Mihram, etc. Quizás por ser la primer clasificación formal que hubo de éstos, en la cual dividen a los modelos únicamente en dos tipos:

- Físicos (o materiales).- Concebidos como una transformación de los objetos físicos originales, en la cual se conservan las propiedades más relevantes.

- Formales.- Definidos como aseveraciones o afirmaciones de situaciones relativamente simples; donde tales aseveraciones representan las propiedades estructurales del sistema original.

Los modelos formales son aparentemente los mismos que los modelos simbólicos definidos por Ackoff, en los cuales se centrará la atención en lo sucesivo, pues son el tipo de modelos que nos interesarán y de los cuales se desprenderán todas las siguientes subcategorizaciones. He aquí algunas:

- Estáticos.- Describen relaciones que no varían con el tiempo.
- Dinámicos.- Describen relaciones que varían con el tiempo.

Los modelos dinámicos a su vez se subdividieron en dos diferentes: la primera, en la cual se considera la forma de medir el tiempo; y la segunda, que considera la estabilidad del modelo.

- Continuos.- Donde el tiempo es representado por una variable continua.
- Discretos.- Donde el tiempo es representado por una variable directa.

En este punto es conveniente enfatizar, que en las aplicaciones de estos tipos de modelos en computadoras, los primeros se asocian con computadoras analógicas, dado que el tiempo es una variable continua y su cuantificación en un intervalo se representaría como la integral definida de la variable tiempo en ese intervalo.

Por otro lado los segundos se asocian con las computadoras-digitales, puesto que el tiempo es una variable discreta y su medida en un trayecto es la suma de los valores para cada punto dentro del intervalo.

La segunda subcategorización que se hace, está íntimamente ligada a la naturaleza del sistema que el modelo representa y es:

- Estables: Son aquellos que tienden a retornar a -- sus condiciones iniciales después de que algún factor externo los alteró.
- Inestables: Se definen como aquellos en los cuales una alteración inicial es amplificadada y en consecuencia, cuando la alteración desaparece no tiende a su estado inicial.

Se reducirá la región de estudio y nos concretaremos a los modelos matemáticos. Una división específica que se hace de estos es:

- Analíticos.- Comprenden el uso de razonamientos de ductivos de teorías matemáticas para resolver un -- sistema. En la práctica sólo un limitado número de ecuaciones pueden ser resueltas usando técnicas ana líticas; de aquí la dificultad de encontrar el mode lo que pueda resolver de la manera más apropiada el sistema en estudio.
- Numéricos.- Comprenden la aplicación de procedi- - mientos numéricos de cálculo para resolver ecuaciones; o sea involucra métodos numéricos.

Los métodos analíticos producen soluciones de una forma más

tratable una vez encontradas, pero es aquí precisamente donde estriba el problema, pues en la mayoría de los casos encontrar el modelo analítico adecuado no es tan sencillo y la búsqueda de éste se torna en una labor bastante compleja, además se corre el riesgo de no encontrarlo.

Es por esto que aún cuando los métodos numéricos no arrojan resultados tan inmediatos, tratables y exactos, una vez encontrado el modelo, si garantizan en un más alto porcentaje que este modelo será capaz de representar al sistema deseado.

Esta es una de las razones que han hecho que estos modelos sean cada vez más usados, otra razón que se puede añadir para el cada vez más marcado auge de los modelos numéricos, es que el mayor impedimento que éstos tenían era la cantidad de operaciones aritméticas y matemáticas contenidas en ellos.

Este impedimento ha ido desapareciendo paulatinamente en función directa al desarrollo que han tenido las computadoras y la facilidad con la que estos modelos se pueden adaptar a ellas.

En cuanto a las clasificaciones importantes se refiere, a continuación se da una que para los propósitos de este estudio es muy relevante:

- **Determinísticos.**- Son aquellos modelos en los cuales todas las variables involucradas son variables matemáticas (no aleatorias), en las que las relaciones son exactas para sus características de operación.
- **Estocásticos.**- Son modelos en los cuales, al menos una de las características de operación viene dada-

por una función de probabilidad.

En la primera sección de este capítulo, se hacía mención a la clasificación de los sistemas en determinísticos y estocásticos, se notará que la descripción que ahí se hace de esto, es en base a su entrada y su salida, y la diferencia en cuanto a modelos se refiere se establece en base a su construcción. Es decir, en base a la forma en que fue diseñado para representar de una manera más eficiente el sistema.

Lo anterior lejos de llevar a contradicciones, hace resaltar un punto muy importante en lo que respecta a clasificaciones de modelos y/o sistemas, el cual dice, que si por ejemplo un sistema es considerado determinístico, no es forzoso que el mejor modelo que de éste se pueda hacer sea también determinístico, ya que para la construcción del modelo habrá que hacer una serie de consideraciones (que en la siguiente sección se enumeran) las cuales puede que indiquen que es preferible hacer un modelo estocástico para representar dicho sistema.

Esto se puede generalizar a otras clasificaciones como podría ser la clasificación de continuo y discreto. Si por ejemplo el sistema es continuo, es posible que después de hacer un análisis, se llegue a la conclusión que es preferible representar dicho sistema con un modelo discreto.

Después de las anteriores clasificaciones se siguen un sinnúmero de éstas de mayor o menor relevancia, dependiendo del área de estudio o del enfoque al que esté sometido el análisis; he aquí algunas otras:

- Lineales.- Cuando todas las relaciones involucradas en el modelo son lineales, se dice que éste es lineal.

- No lineales.- Cuando al menos una de las relaciones es no lineal, el modelo será no lineal.

También se clasifican los modelos de acuerdo a la relación que guarda el sistema representado con el medio ambiente -- que lo rodea:

- Cerrados.- Son aquellos en que el comportamiento de las variables exógenas, no altera el comportamiento de las variables endógenas.
- Abiertos.- Son aquellos en que el comportamiento de las variables exógenas, altera el comportamiento de las variables endógenas.

Donde por variables exógenas es un modelo de un sistema, entendemos como aquellas producidas fuera del sistema o resultantes de causas externas. Por otro lado, por variables endógenas entendemos, que son aquellas producidas dentro del sistema o resultantes de causas internas.

Estas últimas se subdividen en: variables de estado para indicar su condición dentro del sistema y variables de salida para indicar cuando éstas dejan el sistema. En estadística las variables exógenas son las independientes y las endógenas las dependientes.

A pesar que en la primera sección de este capítulo se menciona la división que se hace de los sistemas en abiertos y cerrados, poniéndose rigoristas en cuanto a esta clasificación, ningún sistema sería abierto pues el único que carece de actividades exógenas es propiamente el universo.

Como los modelos son usados en casi todas las ciencias y/o disciplinas, esto trae como consecuencia que su estudio sea

muy amplio. Lo cual ha dado origen a que los estudiosos de cada una de estas disciplinas, les interese ver en donde es tán situados dentro del amplio contexto, pues lo mismo está usando un modelo un arquitecto, que hizo el proyecto de un fraccionamiento a escala (una maqueta), que un economista - que hizo un modelo econométrico de su país, aunque a final de cuentas ambos emplearon un modelo, también es cierto que están muy distantes las características de uno y del otro.

En resumen, a cada disciplina les interesa situar qué parte del estudio de los modelos es en la que ella se está apoyando. Esto lo viene a facilitar todas estas clasificaciones. Por ejemplo, en el caso que mencionamos del economista, éste podrá decir que su modelo es: simbólico, matemático, estático, lineal, discreto, abierto, determinístico, etcétera. Lo cual hará que éste se encuentre (o sienta que se encuentra) en un área de estudio más determinada.

#### 2.1.4 MODELOS DE SITUACIONES PROBLEMATICAS

Desde el enfoque de Ackoff para que exista un problema se deben cumplir al menos las siguientes condiciones:

- i) Una persona (o conjunto de ellas) que tenga el problema, que será el tomador de decisiones.
- ii) Que el tomador de decisiones desee un estado diferente al en que actualmente se encuentra, dicho estado será su objetivo.
- iii) Al menos dos cursos de acción desigualmente eficientes, los cuales tengan posibilidades de alcanzar el objetivo deseado.
- iv) Que el tomador de decisiones se encuentre en un estado de duda, acerca de cuál de los cursos de acción es mejor.
- v) Un medio ambiente o contexto del problema. El medio ambiente está formado por todos los factores -- los cuales pueden afectar de una forma u otra el -- problema y que están fuera de control por parte del tomador de decisiones.

Esta forma de visualizar los problemas ha venido cobrando auge y es cada vez más aceptada, esto se deriva de la fuerte corriente de la Investigación de Operaciones, que a falta de una definición que nos precise, qué comprende exactamente y qué está fuera de su estudio, se ha optado por hacerlo un poco subjetivamente.

Al respecto se puede decir que Ackoff en Scientific Method hace un estudio serio de las bases de la Investigación de Operaciones, pues describe los principios generales de mode

los, sistemas, situaciones problemáticas y una serie de con  
ceptos que el sentir general converge en la idea que son te  
mas de este estudio o disciplina.

Si bien es cierto que en muchos temas de la Investigación -  
de Operaciones se ha llegado a profundizar mucho y a alcan-  
zar estructuraciones muy formales, (por ejemplo en programa-  
ción lineal, teoría de inventarios, teoría de colas, etcéte-  
ra), también lo es que casi todos los estudiosos de esto se  
han dedicado o bien a profundizar en una o dos técnicas o a  
hacer recopilaciones de un sinnúmero de ellas y plasmarlas-  
en libros y/o escritos.

Nadie se ha preocupado por intentar con seriedad en darle a  
esta disciplina una estructura, pues aunque nació el siglo-  
pasado y día a día fueron desarrollándose más técnicas, lo-  
que más se ha hecho por constituir la en una materia de estu-  
dio, se logró en la segunda guerra mundial al agruparlas y  
bautizarlas bajo el nombre de Investigación de Operaciones.

Esto viene a ser muy poco, si se toma en cuenta el tremendo  
auge que han tenido y seguirán teniendo estas técnicas y se  
compara con la literatura, que intenta agruparlas coherente-  
mente encontrándoles aspectos en común y no tan solo sobre-  
ponerlas en voluminosos tomos sin pies ni cabeza.

Para ejemplificar lo anterior, se cita un caso (que como és  
te hay bastantes), el cual incurre en el error antes mencio-  
nado (de "sobreposición"), dicho libro es "Operations Re- -  
search" de Hiller y Lieberman el cual dedica ocho páginas y  
no muy bien logradas (llenas de comentarios vagos de la In-  
vestigación de Operaciones) a dar una panorámica general de  
la misma y aproximadamente ochocientas páginas a desarro- -  
llar técnicas de ésta.

Cuando se cuestiona "¿Qué es Investigación de Operaciones?", se contesta: "La Investigación de Operaciones puede ser descrita como una aproximación científica a la toma de decisiones que comprende las operaciones de sistemas organizacionales".

Ellos mismos inmediatamente después manifiestan su descontento por su definición tan vaga y dicen: "Sin embargo, esta -- descripción como un temprano intento de definición, es tan general que es aplicable también a otros muchos campos".

La finalidad de lo expuesto en los párrafos precedentes, no es en ningún momento la de ponernos en una postura negativa sobre el desarrollo de la Investigación de Operaciones, ni -- mucho menos hacer una crítica poco sana de los estudiosos de la materia ni de sus obras.

El objetivo es más bien subrayar el hecho de que este estudio ha crecido desproporcionadamente, mucho por el lado de -- todas y cada una de sus técnicas en cuanto a complejidad, -- formalización y aplicación; y poco en cuanto al tratar de definir qué es, cuáles son sus principios fundamentales y que esto se universalice, y cuando alguien mencione el término -- Investigación de Operaciones, la gente no piense en una serie de técnicas de matemática aplicada y que nadie pueda decir con exactitud si "x" cae en el campo de la Investigación de Operaciones o no, como sucede en la actualidad. Además, -- que los estudiosos de estas técnicas tengan un punto de partida común que claramente no hay hasta el momento.

En un intento para definir la Investigación de Operaciones, -- se puede decir que es una aplicación del método científico -- para resolver problemas básicos en la organización mediante -- decisiones que sirvan mejor a los propósitos de la misma.

Donde por mejor entenderemos que las decisiones serán tomadas con fundamentos más sólidos. Es por este motivo que -- los que emplean la Investigación de Operaciones en administración de empresas han dado en llamarla (sin cuestionarnos si para bien o para mal) Administración Científica.

Dejando la anterior discusión a un lado nos ocuparemos de -- qué significa resolver un problema desde este enfoque. Resolver un problema, simple o complejo, es hacer la "mejor -- elección" de entre los cursos de acción posibles.

Aquí se puede observar que no es nada obvio el poder determinar cuál es la "mejor elección", o sea la mejor solución al problema; una definición de "mejor elección" en este con texto no ha sido aún lograda y es probable que no lo sea. -- Sin embargo con el desarrollo de la teoría de decisiones en la última década este problema está recibiendo cada vez más atención.

El análisis del criterio de la "mejor elección" es dividido en tres partes de acuerdo a la distinción hecha por Luce -- and Raiffa en 1957 en la cual el criterio está dado por el grado de conocimiento que el tomador de decisiones tiene so bre el sistema:

- Certeza.- Cuando en función de la entrada puede -- ser precisada invariablemente la salida.
- Riesgo.- Si cada acción conduce a un conjunto de -- posibles salidas, donde cada salida ocurre con una probabilidad conocida o al menos factible de esti-- mar por parte del tomador de decisiones.
- Incertidumbre.- Si para cada acción existe un con-- junto de posibles salidas, pero donde las probabili-- dades de esas salidas son completamente desconoci--

das y no hay forma posible de llegar a medirlas.

En problemas provenientes de condiciones de riesgo, el profundizar un poco nos revela que una decisión óptima puede ser definida como aquella en la cual se maximiza la función de utilidad; el significado de este criterio, depende de si los objetivos fueron definidos como cualitativos o como - - cuantitativos.

Antes de seguir avanzando en este enfoque es necesario definir el significado que tienen expresiones tales como: objetivos cualitativos y cuantitativos, cursos de acción y eficiencia.

Objetivos cualitativos se definen como aquellos que después de seguir el curso de acción escogido y haber llegado a un resultado, cumple o no con el objetivo prefijado, o sea no hay cumplimiento porcentual de éste (o estos), sino que o se cumplió no se cumplió el objetivo.

Por otro lado, los objetivos cuantitativos se definen como aquellos en que el objetivo se cumple porcentualmente. Esto es, el grado en que dicha salida cumple con lo esperado es potencialmente medible. En consecuencia se puede asociar una escala de medida a la salida, que diga cuantitativamente en cuanto se cumplió el objetivo.

Se puede decir de una manera sencilla que los cursos de acción son los "caminos" posibles de entre los cuales el tomador de decisiones podrá escoger uno, que para su forma de ver será el "mejor", entendiéndose por mejor el que lo lleve a la consecución en un mayor porcentaje de su objetivo prefijado.

En el punto iii cuando se mencionan las condiciones que se deberán cumplir para que exista un problema, se señala que-

tendrán que existir al menos dos cursos de acción, lo cual es obvio pues si sólo hubiera un curso de acción, tampoco existiría el punto iv), o sea no habría estado de duda y como consecuencia tampoco habría un problema, pues el tomador de decisiones tendría por fuerza que tomar este único curso de acción.

Hay situaciones en las cuales el tomador de decisiones no selecciona de manera directa un curso de acción. Sino más bien selecciona un procedimiento (o regla), el cual permite la selección de un curso de acción.

Este procedimiento o regla especificado como el curso de acción a ser seguido será derivado de la información disponible en el momento de la acción (sobre la marcha), puesto que esta información no estaba disponible en el momento en el cual la regla de decisión fue seleccionada. Este tipo de procedimientos son llamados estrategias y son por sí solas una clase de cursos de acción.

La definición de medidas de eficiencia está íntimamente relacionada con las entradas y las salidas del sistema. Por entradas se entiende los recursos consumidos o gastados al seguir un curso de acción; por lo tanto las entradas representan el "costo" de seguir un curso de acción, de tal forma que este costo no es forzosamente medido en dinero.

En cuanto a las salidas pueden ser medidas en términos de los recursos obtenidos que resultan de tomar un curso de acción o por las características psicológicas o sociológicas del estado resultante. Como por ejemplo el dinero ganado, el material producido, el tiempo ahorrado, etc. El tipo de medida de eficiencia requerida depende de si los montos de las "entradas" y/o "salidas" son especificados en el momento del resultado.

Los modelos de situaciones problemáticas tienen la siguiente forma según Ackoff:

$$V = f(X_i, Y_i) \quad (1)$$

Donde:

- V.- La medida del valor de la decisión hecha.
- X<sub>i</sub>.- Las variables controladas por el tomador de decisiones. Estas reciben el nombre de variables de decisión, puesto que definen los cursos de acción alternativos.
- Y<sub>i</sub>.- Los factores (variables o constantes) los cuales afectan el comportamiento, pero que están más allá del control del tomador de decisiones. Sin embargo están dentro del ámbito del problema definido; por convención estos son llamados "Parámetros".
- f.- La relación funcional existente entre las variables independientes, las constantes (X<sub>i</sub> y Y<sub>i</sub>), y la variable dependiente V.

Un modelo de una situación problemática tiene dos características esenciales: La primera dice que al menos una de las variables de entrada está sujeta al control de la persona que afronta el problema. Segunda, la variable de salida debe ser una medida de el valor de la alternativa escogida por el tomador de decisiones. Los modelos que satisfacen ambas condiciones se conocen como modelos de decisión.

Uno de los mayores problemas que afronta el constructor de modelos de situaciones problemáticas (y el constructor de modelos en general), es el de acertar en el mejor balance -

entre el nivel de exactitud y la facilidad de manejo del mo  
delo.

Por lo anteriormente expuesto, en ocasiones se toma la deci  
sión de dejar deliberadamente fuera del modelo variables --  
que se conoce de antemano que son relevantes, ya que su in-  
fluencia en el contexto general del modelo es pequeña y la  
contribución a la complejidad matemática de éste es grande.

En algunas ocasiones cuando no es posible por alguna cir- --  
cunstancia omitir una variable, se toma una decisión menos-  
drástica y se cambian las características matemáticas de és  
ta con el fin de simplificar su manejo. Como por ejemplo, -  
una variable continua puede ser manejada como discreta o vi  
ceversa, o una variable puede ser tratada como una constan-  
te, etc.

Es muy difícil el proporcionar reglas universalmente váli--  
das para construir modelos matemáticos, sin embargo es posi-  
ble enumerar los principios fundamentales. Estos no descri  
ben los pasos a seguir al construir un modelo, sino más - -  
bien los diferentes puntos de vista con los cuales se deter  
minará la información que será incluida en éste; tales prin-  
cipios son:

- **Construcción de Bloques.**- La descripción de un -  
sistema debe ser organizada en series de bloques. La ayuda que aporta la construcción de éstos es -  
la de simplificar las especificaciones de las in-  
teracciones dentro del sistema. Cada block des-  
cribe una parte del sistema que depende un poco -  
de otro block (una variable de entrada y resulta-  
una variable de salida). De aquí que el sistema-  
como un todo puede ser descrito en términos de in  
teracciones entre los bloques. Por lo tanto, el-

sistema puede ser representado gráficamente como un simple diagrama de bloque.

- Relevancia.- El modelo debe incluir aquellos aspectos del sistema que son relevantes para el estudio de los objetivos.
- Precisión.- La precisión de la información reunida para el modelo debe ser considerada.
- Agrupación.- Se debe considerar la posibilidad de agrupar entidades individuales en entidades más - - grandes.

Los errores más comunes que se cometen al construir modelos son:

- El modelo puede contener variables que no son relevantes.
- El modelo puede no incluir variables que son relevantes.
- La función "f", lo cual describe la relación entre las variables controlables y no controlables, puede ser incorrecta.
- Los valores numéricos asignados a las variables pueden ser inexactos o erróneos.

El tratar de evitar y/o minimizar este tipo de errores, ha dado origen al desarrollo de un sinnúmero de técnicas. Como es el caso de evaluar variables, que ha impulsado al desarrollo y perfeccionamiento de técnicas de: definición, medida, muestreo y estimación.

Para el caso de relevancia de variables, que a su vez ha im

pulsado el desarrollo y perfeccionamiento de sujetos de estudio como lo son: el análisis de correlación, el análisis-causal (experimentación) y las pruebas de hipótesis.

A lo largo de esta tesis, se utilizan algunos sujetos de estudio de los antes mencionados, los cuales serán de gran ayuda para optimizar la construcción del modelo que se desarrollará, minimizando el riesgo de incurrir en los cuatro tipos de errores antes mencionados.

## 2.2 SIMULACION

### 2.2.1 QUE SE ENTIENDE POR SIMULACION Y QUE POR METODO DE MONTE CARLO

En esta sección se definen los términos "Simulación" y "Método de Monte Carlo", y lo más importante, que significarán éstos a lo largo de esta tesis.

Es lo único que todos los estudiosos de la materia parecen estar de acuerdo, es en la existencia de una estrecha relación entre ambos términos, donde para algunos son sinónimos y para otros un término comprende al otro.

Es importante para este trabajo, aclarar esto lo más posible y tomar un criterio al respecto, dado que nuestro estudio se desarrolla en el contexto que estos términos abarcan.

Por tal motivo, no se puede sacar la vuelta a esta discusión. La forma en que se atacará el problema, será primero concretar qué se entiende por Simulación y posteriormente qué por Método de Monte Carlo y finalmente la relación que guardan.

Se comenzará por dar una definición formal de simulación, que por otro lado también es muy ambigua ésta es la proporcionada por C. West Churchman:

"X" simula a Y" si y sólo si:

- i) X y Y son sistemas formales.
- ii) Y se considera como el sistema real
- iii) X se toma como una aproximación del sistema real
- iv) Las reglas de validez en X no están exentas de error.

"The Webster's Collegiate Dictionary", dice: simular es "fingir", lograr la esencia de sin la realidad.

Una definición muy popular es la de Shubik: "Simulación de un sistema, es la operación de un modelo (simulador), el cual es una representación del sistema. Este modelo puede sujetarse a manipulaciones que serían imposibles de realizar, demasiado - costosas o imprácticas. La operación de un modelo puede estudiarse y con ello, inferirse las propiedades concernientes al comportamiento del sistema o subsistema real".

La idea es que la simulación es esencialmente una técnica que enseña a construir el modelo de una situación real, aunada a la realización de experimentos con el modelo. Sin embargo, - la metodología básica propuesta en esta exposición, se aplicaría también a cualquier disciplina científica.

Otra definición que puede ayudar a tener una panorámica más - amplia de cuál es el sentir general de los estudios de esta - técnica, es la proporcionada por Shannon, que dice al respecto:

"Simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema - real y experimentar con él, con el propósito de entender el - comportamiento del sistema, o evaluar varias estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o un conjunto de criterios) para la operación del sistema".

Bajo esta definición, la simulación puede o no comprender un - modelo estocástico. En otras palabras, la entrada al modelo - y/o la relación funcional entre sus componentes, puede o no - involucrar elementos aleatorios sujetos a las reglas de probabilidad.

Las definiciones hasta aquí mencionadas, no están restringi--

das al uso de computadoras, ya que muchos usos de simulación pueden ser desarrollados sólo con papel y pluma, o con la ayuda de una calculadora de escritorio. La simulación es por -- tanto una metodología experimental, la cual tiene como objetivos:

- Describir el comportamiento de los sistemas.
- Constituye teorías o hipótesis que clarifican el comportamiento observado.
- Usa estas teorías para predecir comportamientos futuros, esto es, los efectos que serán producidos en el sistema o en su método de operación.

En la sección anterior se mencionó que se restringiría el área de estudio únicamente a los modelos matemáticos o lógicos, -- ahora se restringirá aún más, ya que se hará a un lado los modelos de simulación: físicos, verbales, icónicos, analógicos, etc. y nos concretaremos en lo que resta de esta tesis, al estudio de los modelos de simulación matemáticos o lógicos.

Ackoff hace una clasificación de los modelos de simulación, -- igual a la que hace de los modelos en general, o sea los divide en: icónicos, analógicos y simbólicos, y de estos últimos dice:

"La simulación simbólica es un proceso por el cual, las ecuaciones son evaluadas numéricamente. Donde las características esenciales de tal proceso, son descritas más claramente -- haciendo referencia a la siguiente ecuación".

$$W = f ( U_i , U_j ) \quad (2)$$

Donde W es una propiedad de una distribución o una distribución estocástica.

$U_i$  representa una o más variables (controlables o no controlables), las cuales son una propiedad de una distribución.

$U_j$  representa otras variables independientes y constantes.

La simulación simbólica (según este enfoque), consiste en seleccionar una probabilidad muestral (o sea un valor), para cada variable estocástica  $U_i$  y calcular un valor particular de salida  $w$ , para cada conjunto de valores muestrales de  $U_i$ . Entonces  $W$  es estimado del conjunto de  $w$ -es.

Así, los efectos de variar las  $U_j$  pueden ser determinados repitiendo este proceso para diferentes valores de éstas. Esto provoca que la ecuación (2) sea transformada a la forma particular:

$$w = f^* ( u_i , U_j ) \quad (3)$$

Donde  $u_i$  representa un conjunto de valores particulares de -- las variables estocásticas  $U_i$  obtenidas por muestreo de las -- distribuciones, de las cuales  $U_i$  son parámetros. La función- $f^*$  es una apropiada modificación de la forma general de la -- función  $f$ .

Es pertinente subrayar el hecho, que al igual como con los modelos en general, se hace un número bastante grande de divisiones (tal como se vió en 2.1.4), en los modelos de simulación se hacen casi las mismas clasificaciones, o sea modelos de simulación discretos o continuos, determinísticos o estocásticos, etcétera. Lo cual es lógico, ya que van de lo general a lo particular aprovechando al máximo la teoría de los modelos y aplicándola a los modelos de simulación.

Se seguirá restringiendo el área de estudio, con el fin de si

tuarnos finalmente en el punto que nos interesa, de acuerdo a los objetivos de esta tesis. Se excluirán de aquí en adelante los modelos de simulación continuos.

Tampoco interesarán los modelos de simulación estáticos, los cuales también quedarán fuera; y finalmente se omiten los modelos de simulación determinísticos. En resumen, únicamente nos interesarán en lo futuro los modelos de simulación: discretos, dinámicos y estocásticos.

Después de restringir en esa forma el área de estudio, se está en posición de dar una definición de simulación acorde a nuestros objetivos, que es la proporcionada por Naylor:

"Simulación, es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital, los cuales requieren ciertos tipos de modelos lógicos y matemáticos, que describen el comportamiento de un negocio o un sistema económico (o algún componente de ellos) en períodos extensos de tiempo real".

Si se observa la forma en que se llegó a la definición, se puede notar que es una definición particular de simulación, bajo una serie de consideraciones hechas con anterioridad. Se subraya ésto para evitar posibles confusiones con una definición general de simulación, como es la de Churchman, que de adoptarla hubiera aportado muy poco a nuestros propósitos.

Como una segunda fase de esta sección, se darán las principales conceptualizaciones que se hacen del término "Método de Monte Carlo", en relación con "Simulación", y las marcadas discrepancias existentes al respecto de esta relación.

- Se comenzará por ver qué dice Fishman a este respecto:  
"Aplicamos el término simulación por computadora, pa-

ra denotar un método para estudiar un sistema que evoluciona temporalmente".

Sin embargo, este término también se utiliza ocasionalmente, para denotar un experimento de muestreo procesado en computadora y en el cual, el tiempo no tiene una función imporrante y se ha llamado históricamente, simulación de Monte Carlo por computadora.

Aunque los métodos de Monte Carlo, cumplen una función importante en la mayor parte de la simulación de sistemas por computadora, su importancia es equiparable a la de otros factores, que tienen la capacidad para manipular una gran base de datos, una capacidad para la estructura lógica así como las operaciones matemáticas en un modelo y una necesidad para incorporar el desarrollo del modelo, además las secuencias corridas de producción, como parte integrante de una investigación.

Debido a esta distinción entre los métodos Monte Carlo y simulación de sistemas por computadora, asignamos el término simulación por computadora a un sistema total de estudio, en el cual la "simulación Monte Carlo" designa el experimento de muestro de que se trata.

O sea que Fishman concibe "El Método de Monte Carlo" como una herramienta de un modelo de simulación; dicho de otra forma como una parte integrante del modelo. A continuación se analizan otros puntos de vista.

- Hammersley & Handscomb: "El Método de Monte Carlo comprende aquella rama de la matemática experimental la cual está interesada en los experimentos con números aleatorios". Los problemas manejados por el método -

de Monte Carlo son de acuerdo a si están o no directamente relacionados con el comportamiento y salida de procesos aleatorios.

En el caso de problemas probabilísticos, la más simple aplicación del método de Monte Carlo, es observar números aleatorios. Escogidos en tal forma, que ellos directamente simulan los procesos físicos aleatorios del problema original, e infiere la solución deseada para el comportamiento de esos números aleatorios.

Por otro lado, la idea asociada a la aplicación de los métodos de Monte Carlo determinísticos, es explotar esta corriente de matemática teórica, reemplazando la teoría por experimentos cuando la teoría falle.

- Ackoff: "El muestreo aleatorio de las funciones de densidad de probabilidad, son objeto de marcada importancia por parte de la simulación simbólica. Esta aplicación del muestreo, es llamado "Método de Monte-Carlo". Ahora bien, este procedimiento puede también ser usado para evaluar expresiones y variables no estadísticas.
- Guetzkow: "Los más frecuentes términos usados en la literatura de la ciencia, en relación con simulación son: simulación hombre máquina, juegos, métodos de Monte Carlo, simulación digital, etc." Lo cual ha ocasionado que existan desacuerdos en cuanto a terminología y se produzcan confusiones en cuanto al significado y la distinción entre algunos de estos términos.

Especialmente en lo que conciernen a la relación entre simulación, juegos y método de Monte Carlo, es --

otra técnica incorporada en la operación de algunas simulaciones. El nombre de Método de Monte Carlo es dado a los procesos de simulación con modelos que incluyen distribuciones de probabilidad.

- Daniel D. McCracken: El Método de Monte Carlo en general, es usado para resolver problemas los cuales, dependen en alguna forma de la probabilidad. Problemas donde la experimentación física es impracticable y la creación de una fórmula exacta es imposible.

A menudo el proceso que deseamos estudiar, consiste en una larga secuencia de pasos, donde cada uno de ellos involucra probabilidades. Como por ejemplo el movimiento de los neutrones a través de la materia. Podemos escribir fórmulas para las probabilidades en cada coalisión, pero frecuentemente no se está en posición de escribir algo útil para las probabilidades de toda la secuencia.

- Hillier & Lieberman: Las técnicas que se han empleado en simulación, para incrementar la precisión (decreciendo la varianza) de los estimadores muestrales, son llamadas técnicas de reducción de varianza y también son conocidas como técnicas de Monte Carlo (un término aplicado a la simulación en general).
- Gordon: Las aplicaciones del Método de Monte Carlo, son algunas veces clasificadas como simulaciones. Por lo tanto, las simulaciones son a veces descritas como una aplicación del Método de Monte Carlo, posiblemente porque gran parte de las simulaciones involucran el uso de números aleatorios.

Simulación y Monte Carlo son ambas técnicas numéricas computacionales. La primera es la aplicada a modelos

dinámicos. El Método de Monte Carlo es una técnica -  
computacional aplicada a modelos estáticos.

Aunque se puede seguir recopilando criterios y definiciones -  
sobre el término Método de Monte Carlo, no es apropiado, ya -  
que hasta aquí se han expuesto algunas de las más representa-  
tivas y es claro el desacuerdo existente que se expresó antes.

Todo lo escrito por los estudiosos de esta materia, desde que  
se acuñó el término a finales de la Segunda Guerra Mundial en  
1944 hasta 1964, no parecían tener un punto común de arranque.

El primer uso del Método de Monte Carlo como herramienta de -  
investigación, tuvo sus orígenes en los trabajos de la bomba-  
atómica durante la Segunda Guerra Mundial.

Este trabajo involucraba una simulación directa de los proble-  
mas probabilísticos relacionados con la dispersión aleatoria-  
de neutrones en material hendible; a pesar de ser el primer -  
intento de esa investigación, Von Neumann y Ulam, refinaron -  
esta simulación directa con algunas técnicas de reducción de  
varianza. Sin embargo, el desarrollo sistemático de estas --  
ideas, tuvo que esperar hasta el trabajo de Harris y Herman -  
Kahn en 1948.

La posibilidad de aplicar el Método de Monte Carlo a proble-  
mas determinísticos, fue descubierta por Fermi, Von Neumann y  
Ulam y popularizada por ellos en los años de la postguerra. -  
En 1948 Fermi, Metropolis y Ulam obtuvieron estimadores para-  
los eigenvalores de la ecuación de Schrodinger.

El advenimiento de un empleo intensivo del Método de Monte --  
Carlo en la década de los cincuentas, (particularmente en U.-  
S.A.), sirvió paradójicamente para desacreditarlo. Se vino -  
una notoria y comprensible ola de aplicaciones, que intentaba

resolver casi todos los problemas por este método, aunque existieran técnicas de análisis numéricos más apropiadas en muchos de estos casos, en donde no tenía nada que hacer el Método de Monte Carlo compitiendo con ellas.

El rotundo fracaso de estas aplicaciones no se hizo esperar, y con éste, el disgusto y la pérdida de popularidad del método - dentro de estos círculos. Pero la culpa no fue del método, sino del abuso en cuanto a su aplicación, en problemas en donde existían otras técnicas más eficientes.

En los últimos años, el Método de Monte Carlo ha vuelto a cobrar el prestigio perdido durante ese período. Esto se debe a un mejor reconocimiento, por parte de los aplicadores de aquellos problemas en los cuales este método es la mejor técnica, - y algunas veces la única.

Tales problemas han crecido en número, en parte por los recientes descubrimientos de técnicas de reducción de varianza, que han hecho este método eficiente donde antes era ineficiente; y por otro lado, porque el Método de Monte Carlo tiende a prosperar en problemas que involucran un conjunto de complicaciones prácticas, de tal suerte que encuentra cada día más cabida en matemática aplicada e Investigación de Operaciones.

Volviendo al punto que orilló a dar una semblanza histórica -- del Método de Monte Carlo, fue el hecho de la no existencia de un criterio común. Es claro ahora el porqué de esto, pues como se mencionó estas discordancias fueron producto de lo acontecido en los cincuentas; dado que como había discrepancias en su aplicación, era materialmente imposible que existiera concordancia en cuanto a su definición.

Fue hasta los sesentas, cuando Hammersley & Handscomb en su obra "Monte Carlos Methods", hicieron un estudio serio del te-

ma y sentaron las bases con un criterio del Método de Monte Carlo, que se ha generalizado, si no totalmente, si la mayoría de los autores de renombre que estudian temas de simulación como son: Geoffrey Gordon, Thomas H. Naylor, George S. Fishman, etc.

Ellos están absolutamente de acuerdo en la primera parte de la definición proporcionada por estos señores (la parte entre comillada), ya que cuando empiezan a tratar el tema, parten de esta definición y no alteran en lo más mínimo la primera parte, es hasta la segunda parte donde existen más que divergencias, conveniencias dependiendo del enfoque que tenga la obra en cuestión.

Para este trabajo se seguirá el enfoque de Fishman que concibe al Método de Monte Carlo como una herramienta dentro de un modelo de simulación.

Ahora si se está en posición de situar en donde se desarrollará el presente estudio, sin temor a caer en malentendidos y/o ambigüedades, empleando una terminología apropiada, lo cual cumple con uno de los objetivos de esta tesis.

### 2.2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MODELOS DE SIMULACION.

Sir Francis Bacon en su libro titulado "Novum Organum", se dió cuenta que la razón en sí no tiene ninguna capacidad de pronóstico, sino solamente cuando va aunada a la observación. Los métodos predictivos de la razón están contenidos en las operaciones lógicas, mediante las cuales construimos un orden en el material observado y derivamos conclusiones.

Alcanzamos predicciones a través del instrumento de la derivación lógica; Bacon reconoció además, que si la derivación lógica sirve a los propósitos predictivos, no puede ser restringida a la lógica deductiva; debe incluir los métodos de la lógica inductiva.

Bajo este razonamiento, Bacon fue el padre de la filosofía científica. La filosofía científica actual o método científico, como se llama frecuentemente, consiste en cuatro pasos definidos:

- Observación de un sistema físico.
- Formulación de una hipótesis (en este caso de un modelo matemático) que intente explicar las observaciones hechas al sistema.
- Predicción del comportamiento del sistema, con base en la hipótesis formulada mediante el uso de deducción lógica o matemática, esto es, por la obtención de soluciones del modelo o modelos matemáticos.
- Realización de experimentos para probar la validez de las hipótesis o del modelo matemático.

Algunas veces, simplemente no resulta recomendable seguir los-

cuatro pasos descritos arriba en un problema o sistema particular. Cuando sea éste el caso, alguna forma de simulación puede considerarse como sustituto satisfactorio del paso (o pasos), que causa la dificultad en el procedimiento.

En primer lugar, puede ser imposible o extremadamente costoso observar ciertos procesos en el mundo real.

En segundo lugar, el sistema observado puede ser tan complejo que sea imposible describirlo en términos de un sistema de ecuaciones matemáticas, del cual se puedan tener soluciones analíticas para ser usadas con propósitos predictivos.

Por ejemplo, es casi imposible describir la operación de un negocio, una industria o una economía, en términos de unas cuantas ecuaciones simples. Se ha encontrado que la simulación constituye un instrumento extremadamente efectivo para trabajar con problemas de este tipo.

En tercer lugar, aún cuando un modelo matemático logre formularse para describir algún sistema de interés, puede no obtenerse una solución del modelo por medio de técnicas analíticas directas, y consecuentemente tampoco se podrán realizar predicciones acerca del comportamiento futuro del sistema.

En cuarto lugar, resultaría casi imposible o muy costoso, realizar experimentos de validación en los modelos matemáticos que describen al sistema.

En 2.1.3. se clasificaron los modelos matemáticos en analíticos y numéricos, y se hizo un breve análisis de las ventajas y desventajas en cuanto a la aplicación de cada uno de ellos; ahora bien, lo expuesto aquí viene a formalizar y simplificar esa clasificación, ya que los modelos que se llevan a cabo si

guiendo los cuatro pasos del método científico, se dice que son modelos analíticos.

Por lo anterior, es obvio que los modelos de simulación son no analíticos. Sin embargo, se puede seguir en estos la estructura analítica.

Algunos autores abrigan muchas esperanzas sobre el futuro de la simulación. He aquí un ejemplo, Aronofsky dice al respecto: "En un futuro no muy lejano, yo espero que el continuo desarrollo de la simulación, la lleve a ser una poderosa técnica deductiva. Este desarrollo guiará la aplicación de esta técnica en áreas que hasta ahora no ha sido aplicada".

Se puede decir que la simulación no es una teoría, pero sí una metodología para resolver problemas. Además, simulación es sólo uno de los diversos métodos disponibles para resolver problemas dentro del análisis de sistemas, donde es necesario y deseable aceptar las herramientas o técnicas a los problemas y no al revés. De aquí puede surgir una pregunta muy importante: ¿Cuándo es recomendable el empleo de la simulación?

Para poder dar una respuesta más completa a la pregunta planteada en el párrafo anterior, es recomendable antes responder la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las desventajas de experimentar en los sistemas reales?.

Se ha definido la simulación como experimentación con un modelo del sistema real, alguien se podría cuestionar antes de construir un modelo de simulación, el por qué no experimentar directamente en el sistema real. Lo cual se contesta, por que puede existir cualquiera de las siguientes desventajas:

- Podría desorganizar las operaciones de la empresa en cuestión.

- Si la gente es parte integral del sistema, puede resultar que al saber ésta que está siendo observada modifi que su conducta.
- Podría ser extremadamente difícil mantener las mismas condiciones de operación para cada réplica o corrida del experimento.
- Puede consumirse más tiempo y seguramente es más costo so obtener el mismo tamaño de muestra (en comparación con el modelo).
- No es posible experimentar con un gran número de alter nativas.

Por lo tanto, el analista debe de considerar el uso de la simu lación, cuando una o más de las siguientes condiciones existen:

- Aún no existe un método analítico de solución del mode lo matemático; no ha sido todavía desarrollado. Varios modelos de colas están en esta categoría.
- Existen métodos analíticos disponibles, pero los proce dimientos matemáticos de éstos son demasiado complejos y/o arduos, de tal forma que la simulación nos provee de un método de solución más simple.
- Cuando las soluciones existen y son posibles, pero es tán más allá de la habilidad matemática del personal disponible. No hay que olvidar que el costo de dise ñar; probar y correr una simulación, debe ser compara do contra el beneficio económico obtenido por los re sultados.
- Cuando es deseable observar la historia simulada del proceso en un período, con el fin de estimar ciertos

parámetros.

- Cuando la simulación es el único camino, por la imposibilidad para conducir experimentos y observar fenómenos en su medio ambiente original. Por ejemplo, en el estudio de vehículos especiales en vuelos interplanetarios.
- Cuando se requiera tiempo para comprender el problema. Este es el caso de sistemas o procesos que se estructuran pensando en el futuro donde la gran ventaja que la simulación ofrece es un absoluto control del tiempo, - pues un fenómeno puede ser agilizado o retardado según se deseé. El análisis de problemas urbanos cae en esta categoría.

Una ventaja adicional de la simulación, es que puede ser aplicada como una técnica educacional y de entrenamiento. Las condiciones que enumeramos con anterioridad, están dadas a un nivel muy general.

A continuación se dan aplicaciones de la simulación en un plano de generalidad más bajo, o sea en casos más particulares, - los cuales consecuentemente están comprendidos en los seis puntos anteriores (y en la consideración educacional), o en una combinación de éstos; algunas aplicaciones son:

- La simulación hace posible estudiar y experimentar con las complejas interacciones que ocurren en el interior del sistema dado, ya sea una empresa, industria, economía o un subsistema de cualquiera de ellos.
- A través de la simulación se pueden estudiar los efectos de ciertos cambios informativos, de organización y ambientales, en la operación de un sistema, al hacer alteraciones en su modelo y observar los efectos de és

tas en el comportamiento del sistema.

- La observación detallada del sistema que se está simulando, conduce a un mejor entendimiento de éste y proporciona sugerencias para mejorarlo, que de otro modo no podrían obtenerse.
- La simulación puede ser usada como recurso pedagógico, para estudiantes y practicantes, al enseñarles los conocimientos básicos en el análisis teórico, el análisis estadístico y en la toma de decisiones. Entre las disciplinas en las que la simulación ha sido utilizada con éxito para el mencionado propósito, pueden incluirse la administración de empresas, la economía, la medicina y el derecho.
- Los juegos operacionales han demostrado constituir un medio excelente para estimular el interés y el entendimiento de parte del participante y son particularmente útiles en la orientación de las personas con experiencia en la disciplina relativa al juego.
- La experiencia que se adquiere al diseñar un modelo de simulación en una computadora, puede ser más valiosa que la simulación en sí misma. El conocimiento que se obtiene al diseñar un estudio de simulación sugiere, frecuentemente, cambios en el sistema en cuestión. -- Los efectos de estos cambios pueden probarse, entonces, a través de la simulación, antes de implantarlos en el sistema real.
- La simulación de sistemas complejos puede producir un valioso y profundo conocimiento acerca de cuáles variables son más importantes que otras en el sistema y cómo ellos obran entre sí.

- La simulación puede emplearse para experimentar con situaciones nuevas acerca de las cuales tenemos muy poca o ninguna información, con el objeto de estar preparados para alguna eventualidad.
- La simulación puede servir como una prueba de pre-servicio para ensayar nuevas políticas y reglas de decisión en la operación de un sistema, antes de tomar el riesgo de experimentar con el sistema real.
- Las simulaciones son valiosas algunas veces, ya que -- proporcionan una forma conveniente de dividir un sistema complicado en subsistemas, cualesquiera de los cuales puede ser modelado por un analista o un equipo de expertos en el área.
- Para cierto tipo de problemas estocásticos, la secuencia de los eventos puede ser muy importante, pues la - información acerca de los valores esperados y de los - momentos, puede no ser suficiente para describir el -- proceso. En estos casos los modelos de simulación pueden constituir la única forma satisfactoria de obtener la información requerida.
- Las simulaciones donde se emplea el método de Monte -- Carlo, pueden realizarse para verificar soluciones analíticas.
- La simulación permite estudiar los sistemas dinámicos, ya sea en tiempo real, tiempo comprimido o tiempo ex--pandido.
- Cuando se presentan nuevos componentes de un sistema, - la simulación puede emplearse para ayudar a descubrir los obstáculos y otros problemas que resulten de la -- operación del sistema.

- La simulación convierte a los especialistas en técnicos generales. Se obliga a los analistas a hacer una operación y a entender todos los aspectos del sistema, con el resultado de que las conclusiones serán menos susceptibles de volverse impracticables dentro de la configuración del sistema.

Las ventajas antes mencionadas, han conducido a la simulación a ser una de las herramientas más usadas en la "Administración Científica" o Investigación de Operaciones. En la Tabla 1 tomada del "News Week" se puede apreciar este fenómeno, ya que únicamente la teoría de probabilidades (e inferencia estadística) y el Análisis Económico son más aplicadas. Esta tabla fue obtenida de una muestra de profesionales que aplican técnicas de Investigación de Operaciones (el muestreo se llevó a cabo en 1980).

| TOPICO  | VALOR        |
|---|--------------|
| Teoría de Probabilidad (e inferencia Estadística) | 0.182        |
| Análisis económico                                | 0.150        |
| Simulación  | 0.143        |
| Programación Lineal                               | 0.120        |
| Inventarios                                       | 0.097        |
| Líneas de Esfera (Teoría de colas)                | 0.085        |
| Análisis de Redes                                 | 0.072        |
| Teoría del Reemplazo                              | 0.042        |
| Teoría de Juegos                                  | 0.040        |
| Programación Dinámica                             | 0.031        |
| Técnicas de Búsqueda                              | 0.020        |
| Programación no Lineal                            | 0.018        |
|   | <u>1.000</u> |

Tabla 1.- UTILIZACION DE TECNICAS DE INVESTIGACION DE OPERACIONES POR PARTE DE LOS PROFESIONALES EN EL RAMO.

En otro estudio similar, que difiere del primero en la unidad-muestral considerada, ya que aquí se tomó como unidad la empresa y como muestra las 1,000 empresas más importantes de U.S.A. (según la revista "Fortune"), se obtuvo como resultado la Tabla 2, (este estudio se llevó a cabo en 1981).

| TOPICO                                    | Frecuencia | %        |
|---|------------|----------|
| Estudios de Simulación                    | 60         | 29       |
| Programación Lineal                       | 43         | 21       |
| Análisis de Redes (incluyendo PERT y CPM) | 28         | 14       |
| Teoría de Inventarios                     | 24         | 12       |
| Programación no Lineal                    | 16         | 8        |
| Programación Dinámica                     | 8          | 4        |
| Programación Entera                       | 7          | 3        |
| Teoría de Colas                           | 7          | 3        |
| Otras                                     | <u>12</u>  | <u>6</u> |
|   | 205        | 100      |

Tabla 2.- LAS HERRAMIENTAS CUANTITATIVAS EMPLEADAS MAS FRECUENTES POR LAS EMPRESAS.

Por lo tanto, y no obstante su falta de elegancia y sofisticación matemática, simulación es una de las técnicas cuantitativas más ampliamente empleadas en la resolución de problemas administrativos.

Por otro lado, la mayoría de ejecutivos y analistas están interesados en primer lugar en obtener respuestas a sus problemas inmediatos, y para ellos el fin justifica los medios.

Pero es precisamente en cuanto a estos fines, que surge la pregunta sobre si pueden éstos ser alcanzados en una forma eficiente. La respuesta a esto en algunas ocasiones es no, y las razones son las siguientes:

- Desarrollar una buena simulación es a menudo caro, tar-  
dado y se requiere talento. Forrester indica que de -  
tres a diez años pueden ser requeridos para desarro- -  
llar un buen modelo.
- Una simulación puede aparentar estar reflejando veraz-  
mente alguna situación del mundo real, cuando en rea--  
lidad no lo está haciendo. Varios problemas intrínse-  
cos de la simulación, pueden producir resultados erró-  
neos si no se resuelven adecuadamente.
- La simulación es imprecisa y no se puede medir su gra-  
do de imprecisión. El análisis de sensibilidad del --  
modelo cambiando el valor a los parámetros puede sólo-  
superar parcialmente esta dificultad.
- Los resultados de la simulación son usualmente numéri-  
cos, y estos números vienen dados de acuerdo al diseño  
del experimentador, ésto es, tienen tantos decimales -  
como éste escogió. Lo que trae como consecuencia el -  
peligro de atribuir a los números un grado de validez-  
no justificable.

Por todo lo expuesto anteriormente, podemos concluir que aun--  
que la simulación es sumamente valiosa y útil para la solución  
de problemas, no es una panacea. El desarrollo y uso de los -  
modelos de simulación está todavía más a nivel de arte de que-  
ciencia.

### 2.2.3. PLANEACION DE EXPERIMENTOS DE SIMULACION EN COMPUTADORA.

Si se hace un análisis general de los modelos, se encontrará - que casi todos ellos están integrados de alguna combinación de los siguientes elementos:

- Componentes.- Son las partes esenciales del sistema -- que cuando se reúnen integran la estructura fundamen-- tal de éste. En algunas ocasiones las componentes se-- rán equivalentes a los subsistemas.
- Variables.- Que fueron divididas (en 2.1.3) en exóge-- nas y endógenas y definidas a su vez.
- Parámetros.- Son aquellas cantidades del modelo a las-- cuales el operador (tomador de decisiones) de éste pue-- de asignarle valores arbitrarios, a diferencia de las-- variables las cuales sólo puede asumir aquellos valo-- res que la forma de la función hace posibles.
- Relaciones Funcionales.- Descritas por variables y pa-- rámetros de tal forma que muestran su comportamiento - dentro de las componentes o entre éstas, estas relacio-- nes de operación pueden ser determinísticas o estocás-- ticas.
- Restricciones.- Son limitaciones impuestas en los valo-- res de las variables o en la forma en la cual los re-- cursos serán administrados.
- Función Criterio (objetivo).- Es una forma explícita - de manifestar las metas u objetivos del modelo, y de - cómo serán las alternativas evaluadas con respecto a - éstos.

Una premisa que un diseñador de un modelo deberá tener siempre en mente, sea cual fuere su sistema (y por ende su modelo), es el hecho que él intentará optimizar su modelo no el sistema -- (El Mundo Real). Donde el grado de concordancia entre el modelo y el mundo real dependerá de qué tan válido y razonable ha sido su análisis, abstracción, simplificación y síntesis.

El arte de modelar consiste en la habilidad que se tenga para analizar un problema, extraer sus características esenciales, seleccionar y modificar las consideraciones básicas que caracterizan el sistema y finalmente enriquecer y elaborar el modelo hasta obtener resultados útiles. Para poder lograr esto en una forma más eficiente Hammersley y Handscomb sugieren siete lineamientos:

- Descomponer el problema (sistema) en problemas más simples (subsistemas).
- Establecer explícitamente los objetivos.
- Buscar analogías.
- Hacer una representación numérica del problema.
- Establecer algunos símbolos.
- Poner por escrito lo más obvio.
- Si se obtiene un modelo manejable enriquecerlo.

En el caso contrario simplificarlo. Para el caso en el cual sea necesario simplificarlo se deberán hacer las siguientes consideraciones:

- Transformar variables en constantes.
- Eliminar o combinar variables.
- Asumir linealidad.
- Introducir consideraciones y restricciones más fuertes.
- Restringir las fronteras del sistema.

En ningún momento deberemos perder de vista que no estamos resolviendo el problema, sino únicamente el modelo que hemos - -  
construido del problema. Este concepto ayuda a conservar el -  
modelo y al arte de modelar en su lugar.

Una vez tomada la decisión de usar simulación para investigar las propiedades del sistema real, se pueden distinguir los siguientes estados:

- Definición del sistema.- Determinar las fronteras, restricciones y medidas de eficiencia que se usarán al definir el sistema en cuestión.
- Formulación del modelo.- Reducir o abstraer el sistema real a diagramas de bloque.
- Preparación de los datos.- Identificar los datos que - serán requeridos por el modelo; y su reducción a una - forma apropiada.
- Traducción del modelo.- Descripción del modelo en un - lenguaje adecuado a la computadora que será usada.
- Validación.- Consiste en aumentar a un nivel aceptable la confianza en el modelo.
- Planeación Estratégica.- Consiste en hacer el diseño - de un experimento que producirá la información deseada.
- Planeación táctica.- Determinación de como cada una de las corridas de prueba especificada en el diseño del - experimento será ejecutada.
- Experimentación.- Ejecución de la simulación para generar la información deseada y hacer un análisis de sensibilidad del modelo.
- Interpretación.- Hacer inferencias basadas en el análi

sis y la comparación (de las diferentes corridas) de la información generada por el modelo de simulación.

- Implementación.- Poner el modelo y/o sus resultados en uso.
- Documentación.- Registrar las actividad y resultados del proyecto, documentar el modelo y su uso.

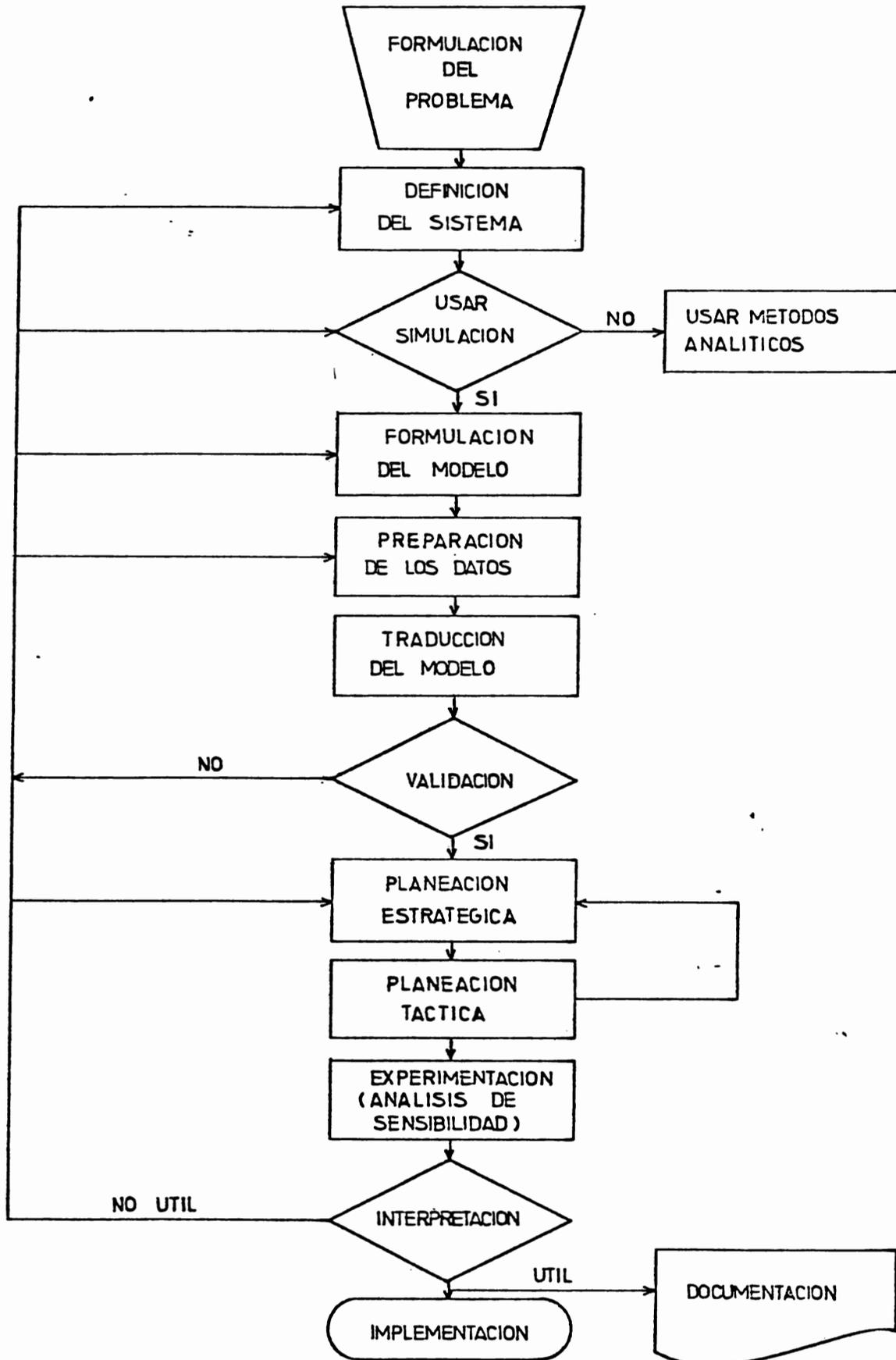
Los pasos o elementos de una simulación y su relación son mostrados en la figura 1. La iniciación del proyecto tiene lugar cuando alguien en una organización decide que un problema existe y necesita investigación. Un individuo (normalmente del grupo organizacional que tiene el problema) es asignado para encargarse de las investigaciones preliminares. En algún punto éste reconocerá que las técnicas cuantitativas pueden ser de utilidad en el estudio del problema, dando origen a la definición y formulación del problema empleando estas técnicas.

La parte más importante en la formulación del problema es la definición de los sistemas al ser estudiados, ya que todos los sistemas son subsistemas de otros mayores. Por lo tanto, debemos especificar el propósito y las restricciones bajo las cuales haremos nuestra abstracción o modelo formal.

Es necesario en primer lugar definir claramente los objetivos de la investigación antes de hacer cualquier intento encaminado a planear la realización de un experimento de simulación. Los objetivos de la investigación, tanto en la empresa y la economía, como también en la mayoría de las ciencias sociales, toman generalmente cualquiera de las siguientes formas:

- Preguntas que deben contestarse
- Hipótesis que deben probarse
- Efectos por estimarse

Figura 1



Si el objetivo del estudio de simulación es obtener respuestas a una o más preguntas, es necesario que se intente planearlas detalladamente desde el comienzo del experimento, aún cuando - sea posible refinarlas en el curso de éste.

Por otro lado, el objetivo del esfuerzo de investigación podría consistir en probar una o más hipótesis relativas al comportamiento del sistema bajo estudio. Es necesario que las hipótesis que deban probarse se planteen explícitamente, así como los criterios para su aceptación o rechazo.

Por último el objetivo podría consistir en estimar los efectos que ciertos cambios en los parámetros, las características operacionales o las variables exógenas tengan sobre las variables endógenas del sistema.

En resumen, deberán tomarse dos decisiones importantes antes de comenzar a trabajar con cualquier experimento de simulación. En primer lugar, hay que decidir los objetivos de la investigación y en segundo lugar, es necesario decidir el conjunto de criterios para evaluar el grado de satisfacción al que debe sujetarse el experimento a fin de que cumpla los objetivos.

De hecho, existe la posibilidad de que después de tomar estas decisiones se tenga que rechazar completamente la simulación en computadora, ya sea por el costo excesivo, la complejidad o la inhabilidad de satisfacer los objetivos.

Como se vió en 2.1.2 el criterio de Gordon dice que la tarea de derivar un modelo de un sistema es producto de dos amplias tareas: establecer la estructura del modelo (formulación del modelo) y suministrar los datos.

Señala Gordon una estrecha relación entre estas dos tareas al-

decir: "Supuestos que al hacer la formulación del modelo se hicieron pueden ser refutados una vez reunidos y analizados los datos, muy a menudo los datos revelan una inesperada relación que cambia la estructura del modelo".

El objeto de señalar esto es por el hecho que no siempre será primero la acción de formular el modelo (tal como aparece en la figura 1), sino que a veces es preferible la preparación de los datos (algunos autores al considerar los pasos a seguir, lo incluyen primero), esto dependerá en gran parte del sistema (y del modelo derivado de éste) de que se trate. Antes de hacer alguna tarea hacer una semblanza de cuál será preferible realizar primero.

Después de haber tomado la decisión de simular sigue la formulación del modelo (conservando el orden de la figura 1). La formulación de los modelos matemáticos consiste en tres pasos:

- Especificación de los componentes.
- Especificación de las variables y los parámetros
- Especificación de las relaciones funcionales.

En la formulación de modelos matemáticos de sistemas económicos e industriales se presenta una dificultad, ya que como se subrayó, la construcción de estos es un arte y no una ciencia.

Aunque tener un conocimiento completo del sistema que se analizará, al igual que cierta pericia en las operaciones matemáticas, se consideran condiciones necesarias para la construcción de modelos matemáticos válidos, en ningún caso constituyen condiciones suficientes.

Por lo que la construcción de modelos matemáticos acertados de

pende de: la experiencia del analista, los procedimientos de prueba y error y una suerte considerable.

A pesar de que no es posible darle a la gente estos atributos, si es posible proporcionar ciertas características deseables en los modelos matemáticos utilizados en los experimentos de simulación en computadora, bosquejar algunas de las mayores dificultades que existen en la construcción de modelos y especificar algunos de los elementos básicos que constituyen los modelos matemáticos.

- Cuantas variables deberán ser incluidas en el modelo.- La dificultad real surge en la elección de las variables exógenas (algunas de las cuales pueden ser estocásticas) que afectan a las variables endógenas. La existencia de muy pocas variables exógenas pueden llevar a los modelos inválidos, en tanto que una abundancia de ellas hace imposible la simulación en la computadora debido a las limitaciones de ésta.
- La formulación de modelos matemáticos para simulación en computadora estriba en el área de eficiencia de computación. Entendamos por ello, la cantidad de tiempo de cómputo requerida para lograr algún objetivo experimental específico.
- El tiempo consumido en la programación de la computadora, constituye otra consideración al formular modelos matemáticos para simulación. El tiempo requerido para escribir un programa que genere los tiempos planificados para las variables endógenas de un conjunto particular de modelos matemáticos, depende en parte del número de variables utilizadas en los modelos y su complejidad.

- Un área de interés en la construcción de modelos es la validez o la cantidad de realismo incorporado en ellos. Es decir, ¿El método describe adecuadamente al sistema de interés?; proporciona predicciones razonablemente buenas acerca del comportamiento del sistema, en períodos futuros?.
- El formular modelos para simulación en computadora, -- consiste en su compatibilidad con el tipo de experimentos que se van a realizar con ellos. Ya que el objetivo principal al formular un modelo matemático, es el de permitir dirigir experimentos de simulación, deberá pensarse en que forma particular se tomarán las características del diseño de los experimentos que deban incorporarse en los modelos.

En cuanto a la preparación de los datos y la discusión que anteriormente sosteníamos entre cual fase deberá ejecutarse primero, ésta o la formulación del problema, que aunque se trate de un sistema en que por la estructura de éste se prefiera hacer primero la formulación del problema; de todas formas será necesario coleccionar y procesar una cierta cantidad de datos antes de que exista la posibilidad de definir algún sistema.

La forma idónea de hacer el modelo es, que a medida que se avanza en su diseño, paralelamente se vayan preparando los datos, puesto que como hemos expresado éstos pueden modificar el diseño. En resumen hay que buscar el óptimo en cuanto al desarrollo de ambas tareas.

Es posible identificar seis funciones importantes del procesamiento de datos que forman una parte integral del procedimiento para implantar los experimentos de simulación en computadoras: recolección, almacenamiento, conversión, transmisión, ma-

nipulación y salida.

La recolección de datos es el proceso de captación de los hechos disponibles, con lo cual éstos pueden ser procesados posteriormente, cuando sea necesario. En realidad, el proceso de "recolección" y el de "almacenamiento" de datos ocurren simultáneamente, pues el primero implica que los datos sean o hayan sido almacenados.

La manera en la cual los datos se almacenan durante la primera etapa del procesamiento, no constituye por lo general, la forma más eficiente que se debe emplear en las etapas posteriores; por esta razón, la "conversión" de los datos de una forma u otra tiene una función crucial en la determinación de la eficiencia del procesamiento.

- Bajo ciertas circunstancias, existen problemas adicionales en la conversión de los datos de una forma a la otra, que involucran una "Transmisión" de ellos, esto es, el transporte de la información desde una localidad hasta el lugar en donde será procesada.

Una vez que los datos han sido recolectados, almacenados, convertidos a una forma eficaz y transmitidos al lugar de procesamiento final, resulta posible entonces, comenzar con las operaciones de "Manipulación" de datos y la preparación de éstos para su "Salida Final".

Traducción del modelo; este punto será ampliamente desarrollado en la siguiente sección de este capítulo, se le ha dedicado una sección completa por la relevancia que esta tarea tiene, ya que los dos puntos anteriores (Formulación del modelo y preparación de los datos) están en función directa de las facilidades y/o restricciones que el computador y en consecuencia el

lenguaje (al que se traducirá el modelo) tenga.

Se analizarán las ventajas y desventajas que tienen los lenguajes más comúnmente usados para llevar a cabo experimentos de simulación.

Validación; analógicamente al punto anterior, este punto será desarrollado en el capítulo 4 de esta tesis, dado que la validación del modelo es sumamente importante puesto que si no se lleva a cabo cuidadosa e inteligentemente, resultados erróneos pueden ser aceptados con desastrosas consecuencias.

Siguiendo con el orden del diagrama (figura 1), el siguiente punto a desarrollar es, planeación estratégica; o sea el como diseñar un experimento que produzca la información deseada. La conveniencia de usar este tipo de diseño (diseño de experimentos) obedece a dos motivos.

- Ellos son más económicos puesto que reducen el número de corridas del modelo de simulación.
- Estos proporcionan una estructura útil para el aprendizaje de los investigadores sobre el procedimiento.

El diseño experimental puede mejorar ampliamente la síntesis de nuevos conocimientos así como establecer conjeturas de nuevas ideas al mismo tiempo que se minimiza: el tiempo, esfuerzo y costo del experimento.

Planeación táctica; involucra cuestiones de eficiencia y trata sobre la determinación de como cada una de las corridas consideradas en el diseño experimental serán ejecutadas. Primeramente, la planeación táctica está relacionada con la resolución de dos problemas:

- Como las condiciones iniciales afectan el equilibrio logrado.
- La necesidad de reducir la varianza de los resultados tanto como sea posible mientras se minimiza el tamaño de muestra requerido.

El primer problema proviene de la naturaleza artificial en la operación del modelo. La diferencia entre el mundo real y el modelo que lo representa es que el modelo es operado sólo periódicamente. Esto es, el experimentador arranca el modelo de simulación, obtiene sus observaciones y lo archiva hasta la próxima corrida.

Cada vez que se arranca una corrida, toma un cierto período para que el modelo logre las condiciones de equilibrio representativas del sistema real. Así el período inicial de operación del modelo es distorsionado debido a las condiciones iniciales de arranque. La solución es excluir datos de algún período inicial en consideración y escoger condiciones iniciales que reduzcan el tiempo requerido para lograr el equilibrio.

El segundo problema trata de la necesidad de estimar la precisión de los resultados experimentales y la confianza atribuible a las conclusiones o inferencias. Esto nos lleva de inmediato a enfrentarnos con áreas como: variabilidad, tamaño de muestra, número de replicas del experimento, etc. Para cualquier experimento, se trata de obtener el máximo de información posible con el mínimo de aumento en la experimentación.

Muchas técnicas de reducción de varianza se han propuesto en relación con procedimientos de muestreo, las cuales pueden significativamente reducir el tamaño de muestra requerido y el número de corridas del experimento. El empleo de grandes tamaños de muestra puede terminar con los problemas tácticos den-

tro de los modelos de simulación, pero normalmente esto trae aparejado un alto costo de cómputo y tiempo de análisis.

En resumen lo más complejo es el modelo de simulación, lo más importante es un buen plan táctico antes de correr los experimentos.

Al respecto de estos dos últimos puntos de la figura 1 (Planeación estratégica y táctica) que no viene siendo otra cosa que técnicas de diseño de experimentos, dice Naylor: "Debemos hacer hincapié, que la aplicación de las técnicas de diseño de los experimentos de simulación en computadoras, constituye un campo de investigación en el que aún hay mucho trabajo por hacer".

Experimentación y análisis de sensibilidad; después de todo -- planteamiento y desarrollo de un modelo, se corre el modelo para obtener la información deseada. En este estado, encontraremos las fallas y descuidos en la planeación, para retroceder sobre lo hecho y corregir el paso (o pasos) erróneo(s), tantas veces como sea necesario hasta alcanzar los objetivos establecidos inicialmente.

Según lo expresado anteriormente, la experimentación se logra mediante el análisis de los datos simulados, o sea los datos generados por la computadora a partir del modelo que se simula. Tal análisis consiste en tres pasos:

- Recolección y procesamiento de los datos simulados.
- Cálculo de la estadística de las pruebas.
- Interpretación de resultados.

Aún cuando el análisis de los datos simulados es de hecho semejante al análisis de los datos del mundo real, existen algunas diferencias importantes.

Teichroew ha señalado que al comparar la simulación en computadora con la técnica estadística conocida por el nombre de muestreo de las distribuciones, el análisis de los datos de simulación en computadora es considerablemente más difícil que el análisis de los datos del mundo real.

Más adelante (capítulo 4) cuando se haga el análisis de los datos producidos por el modelo de simulación que se desarrollara, se verá otra vez.

Los dos últimos elementos que deben ser considerados en cualquier proyecto de simulación son implementación y documentación. Ningún proyecto de simulación puede ser considerado completamente satisfactorio hasta que éste haya sido aceptado, entendido y usado.

En un estudio realizado por Gershefski acerca del porcentaje que normalmente lleva cada una de las fases en un proyecto de simulación fué: 25% para la formulación del problema, 25% para la recolección y análisis de datos, 40% para el desarrollo del modelo de cómputo y 10% para la implantación.

La documentación está estrechamente ligada a la implementación. Una completa y cuidadosa documentación del desarrollo y operación del modelo puede incrementar su utilidad y ampliar las posibilidades de una adecuada implementación.

Por otro lado una buena documentación puede ayudar al tomador de decisiones a aprender de sus errores y dar origen a subprogramas, criterio y consideraciones que puedan ser empleados en futuros proyectos.

A lo largo de esta sección se ha tratado de proporcionar el escenario para una mejor comprensión del arte de simular. También

bién se ha enfatizado el hecho de que la simulación es un arte y no una ciencia. Por lo tanto no existen reglas rígidas por las cuales se tenga que hacer o dejar de hacer algo en el modelo.

A continuación se desarrollarán y llevarán a la práctica la mayoría de estos pasos y criterios, sin embargo, habrá otros que no se incluirán en el presente estudio.

#### 2.2.4 LENGUAJES DE SIMULACION

En la sección anterior cuando se analizaban los pasos requeridos para llevar a cabo un experimento de simulación (de acuerdo a la figura 1), se vió que uno de estos pasos es la traducción del modelo a un lenguaje de cómputo, de tal forma que este lenguaje sea el más apropiado para representar el modelo en cuestión.

Para hacer una traducción apropiada para representar el modelo de simulación ya formulado y sólo en espera de encontrarle el mejor lenguaje posible, se deberán considerar muchos factores tales como: lenguajes disponibles, tiempos (de cómputo y/o programación), naturaleza del modelo, etc.

La naturaleza de modelo se deberá considerar como se decía anteriormente, si el modelo es discreto se buscará adaptar a un lenguaje discreto en un computador digital, si el modelo es continuo se buscará un lenguaje continuo en un computador analógico; como un tercer caso podría suceder que el modelo tuviera partes continuas y discretas (y además fuera conveniente representarlo en esa forma), esto se podría correr en un computador analógico y otro digital encadenados; a esta modalidad se llama simulación híbrida.

En esta sección se hará primeramente la distinción entre la naturaleza del modelo de simulación, entre los tres tipos que se señalaron en el párrafo anterior (simulación analógica, híbrida y digital) en donde se verá que la más común es la digital y la razón de esto.

En segundo lugar estableceremos las distinciones entre los lenguajes de propósitos específicos de simulación (digital), los lenguajes de propósitos generales y las ventajas y desventajas-

Finalmente se expondrá en base a los criterios obtenidos por el segundo punto, las razones por las cuales se escogió FORTRAN para representar el modelo de simulación.

Simulación Analógica; históricamente, las simulaciones continuas eran usadas para estudiar sistemas complejos antes que la simulación discreta fuera aplicada para resolver tales sistemas.

La razón principal de esto era que, antes de la disponibilidad generalizada de computadoras digitales, existían proyectos cuyo comportamiento era equivalente a operaciones matemáticas como la suma o integración. Juntando combinaciones de tales estudios y acomodándolos como modelos matemáticos de un sistema permitían que dicho sistema fuera simulado. Por su naturaleza tales modelos arrojaban salidas continuas, prestándose apropiadamente para la simulación de sistemas continuos.

Proyectos específicos han sido creados para sistemas particulares, empleando técnicas generales, éstas se conocen como técnicas analógicas de cómputo, o cuando ellas son empleadas para resolver modelos de ecuaciones diferenciales, como técnicas de análisis diferencial.

A pesar de la extensa disponibilidad de computadoras digitales, muchos usuarios siguen prefiriendo usar computadores analógicos. Esto se debe a que existen algunas ventajas como son: La representación analógica de un sistema es normalmente más natural en el sentido que refleja directamente la estructura del sistema, esto simplifica a su vez el montaje (la construcción del modelo) de la simulación y la interpretación de los resultados.

Han sido escritos varios lenguajes de simulación para producir

simuladores analógicos digitales en respuesta a los dos motivos contrapuestos que afirman: por un lado que la simulación analógica representa a los modelos continuos en una forma más natural y por el otro que las computadoras digitales presentan mayor disponibilidad.

Los simuladores permiten que un modelo continuo sea programado en una computadora digital en la misma forma que si hubiera sido resuelto por una computadora analógica, o sea sin perder en ningún momento su esencia. Dichos lenguajes contienen macro-instrucciones que llevan a cabo las acciones de sumar, integrar, cambiar de signo, etc.

Un programa es diseñado ligado a esas macro instrucciones, esencialmente en la misma forma en que los amplificadores operacionales son conectados en las computadoras analógicas.

Avocar una computadora digital a rutinas que representan funciones de una computadora analógica (lo cual es hecho mediante simuladores analógicos-digitales) es restringirla. Para minimizar esta restricción, han sido desarrollados algunos lenguajes continuos de simulación, o sea lenguajes que representan modelos continuos de simulación pero se ejecutan en computadoras digitales; a estos lenguajes los llamaremos CSSL (que significa "Continuos System Simulation Languages").

Estos usan las instrucciones-tipo de entrada para computadores digitales, permitiendo que un problema sea programado directamente de las ecuaciones del modelo matemático.

Un CSSL puede incluir fácilmente macros o subrutinas que ejecuten las funciones analógicas requeridas, esto hace posible la conveniencia de incorporar un simulador analógico-digital. En realidad la mayoría de los CSSL implantados, incluyen un con-

junto de elementos analógicos-digitales, que permiten al usuario definir las operaciones particularmente importantes para los tipos de aplicaciones que está ejecutando.

Más allá de las funciones analógicas más simples como la integración, los CSSL incluyen una variedad de expresiones lógicas y algebraicas para describir las relaciones entre las variables.

Esto hace posible desarrollar aplicaciones de ecuaciones diferenciales los cuales son aplicaciones características de computación analógica. A continuación se da una breve perspectiva de dos de los más conocidos lenguajes que caen dentro de la categoría del CSSL:

- CSMP (Continuous System Modeling Program); este lenguaje consta de dos los siguientes elementos:
  - Instrucciones de Estructura.- Las cuales definen el modelo en cuestión. Estas están formadas por instrucciones de FORTRAN, en forma de bloques funcionales que más frecuentemente ocurren en la definición de un modelo.
  - Instrucciones de Datos.- Las cuales asignan valores numéricos a los: parámetros, constantes y condiciones iniciales.
  - Instrucciones de Control.- Las cuales especifican el ensamblaje, la ejecución del programa y la forma de la salida.

Las instrucciones de estructura pueden hacer uso de operaciones tales como: adición, substracción, multiplicación, división y exponenciación. Usando la misma nomenclatura y reglas de FORTRAN.

- DYNAMO; el nombre proviene de la conjunción de las palabras inglesas Dynamic Models y fue desarrollado fundamentalmente para representar modelos dinámicos continuos. Es un lenguaje particularmente simple diseñado para usuarios que tienen muy poca o nada de práctica en programación.

Fué creado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts por Phyllis Fox y Alexander Pugh, con el propósito de simular ciertos tipos de sistemas dinámicos de información con retroalimentación, los cuales es posible describir en términos de un conjunto de ecuaciones de diferencias finitas.

DYNAMO ha sido empleado en la mayoría de los casos para simular sistemas económicos de gran escala que se han formulado como modelos econométricos, aunque no -- existe una razón que prohíba su aplicación a otros sistemas, como los biológicos, físicos y sociales. Sin embargo, en algunos de estos casos (como líneas de espera o planeación) podría ser sumamente costoso en términos de programación.

Los componentes básicos del lenguaje DYNAMO son casi idénticos a los encontrados en FORTRAN, ya que comprenden:

- Variables
- Constantes
- Subíndices
- Ecuaciones
- Funciones

Sin embargo, en DYNAMO las variables se subdividen adicionalmente en: variables de nivel, auxiliares, de tasas, suplementarias, de encajonamiento y de valores --

iniciales. Las ecuaciones de DYNAMO se clasifican como de nivel, de tasas o de encajonamiento. Entre las funciones especiales o subrutinas que se encuentran -- disponibles en este lenguaje, se incluyen las siguientes:

- Exponencial
- Logarítmica
- Raíz Cuadrada
- Trigonométricas
- Valores de variables aleatorias con distribución -- uniforme.
- Valores de variables aleatorias con distribución -- normal
- Rezagos de tercer orden
- Funciones escalonadas
- Funciones Rampa
- Muestreadores
- Funciones de máximos y mínimos
- Funciones limitadoras
- Funciones interruptoras
- Funciones tabulares
- Funciones totalizadoras

DYNAMO es uno de los lenguajes más conocidos y que gozan de mayor prestigio en el ámbito de la simulación.

Simulación Híbrida; para la mayoría de los estudios el modelo es de naturaleza continua o discreta y en base a esto se toma la determinación de usar una computadora analógica o digital -- respectivamente, para simular el sistema. Sin embargo, cuando se combinan la computación analógica y la digital para representar un modelo de simulación, producen una simulación híbrida.

La forma tomada por la simulación híbrida dependerá de la aplicación. Un caso puede ser que una computadora esté simulando el sistema estudiado, mientras la otra está simulando el medio ambiente en el cual el sistema tiene lugar. Otro caso posible es que el sistema simulado esté compuesto por subsistemas continuos y discretos interconectados, los cuales puedan ser modeados por un computador analógico y otro digital encadenados.

La introducción a la simulación híbrida requiere del desarrollo de algunas técnicas (y tecnologías) para poderse realizar, como son los convertidores de alta velocidad necesarios para transformar señales de una forma de representación a la otra; Hoechle profundiza a este respecto da una amplia explicación.

Las facilidades que proporcionan los mini-computadores han hecho posible un más amplio desarrollo de la simulación híbrida, pues han abatido los costos y permitido dedicar mini-computadores exclusivamente para estas aplicaciones, lo cual hubiera sido económicamente impracticable en los computadores grandes.

Simulación Digital, dentro de este contexto tendrá lugar el -- presente estudio ya que el modelo de simulación que se desarrollará en esta tesis es discreto.

Este motivo aunado a que la simulación digital es por una marcada diferencia la más empleada en relación con la simulación híbrida y analógica, no por el hecho de que existan más sistemas discretos en el mundo real, sino más bien por el alto porcentaje de sistemas muestrales (ver definición en 2.1.1) existentes y por las facilidades que en cuanto a manejo y economía representa el convertir los sistemas continuos e híbridos a -- sistemas discretos.

Se centrará la atención en los lenguajes de propósitos especí-

ficos de simulación, se enumerarán la mayoría de los desarrollados hasta la fecha y se dará una breve presentación de los que por su empleo se consideran los más importantes.

Entre los lenguajes de simulación que se han desarrollado se encuentran los siguientes: GPSS, SIMSCRIPT, GASP, SIMPAC, - - SIMULATE, etc. En donde a manera de explicación preliminar se dirá que GPSS, es el lenguaje de programación para simulación que se utiliza más comúnmente, porque tiene instrucciones muy poderosas que permiten el acceso a usuarios con muy poca o ninguna experiencia en programación; asimismo tiene una orientación de flujo que lo hace atractivo para muchos problemas de colas.

SIMSCRIPT es el lenguaje más completo de simulación, de tal manera que permite al usuario una mayor libertad en la aritmética de la programación y las operaciones lógicas en comparación con el GPSS. Sin embargo, este lenguaje tarda más en aprenderse y no está disponible en forma tan general como el GPSS. En resumen GPSS es el más utilizado y SIMSCRIPT el más completo.

Fishman dice a este respecto: "Todo programa de simulación tiene una estructura jerárquica de tres niveles, donde el programa de control de simulación o rutina de tiempos ocupa el nivel más alto. Las rutinas orientadas hacia la simulación tales como los eventos, ocupan el nivel medio, y las funciones de rutina (por ejemplo el cálculo de funciones matemáticas y la generación de variables aleatorias) pertenecen al nivel inferior". Estos programas (que según Fishman son alrededor de 23) se han escrito teniendo presentes los siguientes objetivos:

- Producir una estructura generalizada para el diseño de modelos de simulación.
- Proporcionar una forma rápida para la conversión de un

modelo de simulación a un programa de computadora.

- Proveer una forma rápida para la introducción de cambios en el modelo de simulación, que puedan reflejarse fácilmente en el programa de máquina.
- Proporcionar una forma flexible para la obtención de reportes de salida que sean útiles cuando de sujetan a su análisis correspondiente.

El lenguaje de simulación más adecuado para un estudio particular depende de la naturaleza del sistema y de la habilidad para programar que tenga el individuo que conduce el estudio. Como regla general, se requiere un mayor entendimiento de procedimientos de programación para obtener un incremento en la flexibilidad de un programa de simulación.

Del mismo modo, cualquier reducción en el tiempo de programación que sea logrado mediante la utilización de lenguajes de simulación, está generalmente asociada con incrementos en el tiempo de cómputo y en el costo de éste. En un análisis final la decisión relativa a la utilización de un lenguaje de simulación en particular, depende principalmente de consideraciones económicas, como las siguientes:

- Disponibilidad de la computadora
- Disponibilidad de programadores con conocimientos de lenguajes de computadoras particulares.
- Costo de programación por unidad de tiempo.
- Costo del tiempo de computadora

La decisión de cual lenguaje de simulación es el más apropiado para representar un sistema específico estará basada en buena parte en las cuatro consideraciones anteriores. Obviamente la decisión para cada caso será muy particular, depen-

diendo directamente de las características del sistema en - -  
cuestión. A continuación se da una breve presentación de al-  
gunos de los lenguajes de simulación más conocidos:

- GPSS (General Purpose Systems Simulator); la estruc-  
tura del sistema que se va a simular se describe en -  
forma de diagramas de bloques, los cuales se dibujan-  
de acuerdo con un conjunto fijo de tipos de bloques.

Cada tipo de bloque representa una acción específica-  
la cual es característica de alguna operación básica-  
que ocurre en un sistema. Las conexiones entre los -  
bloques del diagrama indican la secuencia de las ac-  
ciones que ocurren en el sistema.

Cuando hay acciones alternativas, de las cuales se de-  
be escoger una, se realiza más de una conexión desde-  
el bloque dado. A través del sistema bajo simulación  
se mueven ciertas unidades básicas que dependen de la  
naturaleza del sistema en cuestión.

Este lenguaje ha sido desarrollado a través de los --  
años principalmente por I.B.M. originalmente fue pu-  
blicado en 1961 y ha sido desarrollado en varias ver-  
siones; también ha sido implantado para diferentes má-  
quinas. El GPSS utiliza el enfoque de la interacción  
del proceso para organizar la conducta en una simula-  
ción.

Ciertos objetos llamados transacciones actúan sobre -  
el sistema de objetos pasivos, entre ellos, recursos-  
y unidades de almacenamiento.

Como se dijo anteriormente para describir el sistema-  
el usuario forma un diagrama de bloques en el cual ca-  
da bloque denota una proposición específica GPSS; ca-

da proposición corresponde a un subprograma de un lenguaje de ensamble, el cual se interpreta y ejecuta.

Los subprogramas contienen instrucciones para llevar a cabo muchas operaciones que suelen hallarse en una simulación. Como las proposiciones GPSS son notablemente poderosas, unas cuantas suelen bastar para llevar a cabo una simulación.

- SIMSCRIPT; los precursores de este lenguaje fueron -- Markowitz (1963) y Dinsdale (1964) con las dos primeras versiones hoy en día obsoletas, ya que por ser el lenguaje más poderoso de simulación, se han desarrollado un sinnúmero de versiones de éste, y adaptaciones a casi todas las marcas importantes de computadoras.

El lenguaje SIMSCRIPT como fue diseñado por Markowitz se basa en que una descripción de los sistemas tiene que emplear los conceptos de entidad, atributo, conjunto, estado y evento. En este lenguaje se emplean dichos términos con los significados siguientes. Brevemente, una entidad es una clase de objetos descritos por una colección fija de parámetros denominados atributos.

Los miembros individuales de una entidad tienen valores numéricos específicos asignados a sus parámetros; los conjuntos son colecciones de entidades individuales que tienen ciertas propiedades en común.

El estado del modelo está completamente descrito en cualquier instante dado por la lista corriente de entidades individuales, sus atributos, y la regla que permite verificar su membresía al conjunto.

La dinámica del sistema se representa por los cambios de estado, es decir, aumento o disminución de individuos, cambios de los valores de los atributos o de -- las entidades que forman un conjunto, o de alguna combinación de estos.

Los cambios tienen lugar simultáneamente en puntos -- discretos del tiempo simulado, que se conoce por eventos. El tiempo en el cual ocurrirá un evento, se - - prescribe frecuentemente en programación SIMSCRIPT como el tiempo corriente más algún incremento.

La ocurrencia del evento se provoca automáticamente - con el sistema SIMSCRIPT en el tiempo prescrito. En otras palabras, los cambios de estado ocurren automá- tica e instantáneamente (con referencia al tiempo si- mulado) en puntos discretos sucesivos del tiempo. -- Cuando se concluye cualquier evento, el tiempo de la simulación se incrementa automáticamente obteniéndose el tiempo del evento que sigue.

Para indicar la naturaleza de la programación SIMS- - CRIPT es necesario considerar algunas de las subcate- gorías de los conceptos mencionados anteriormente.

Conviene conservar, tanto el espacio de almacenamien- to en la computadora como la facilidad de programa- - ción, por lo que las entidades se separan en dos categorías, permanentes y temporales.

Se sabe de antemano que las entidades permanentes es- tarán presentes durante la totalidad de la simulación. Aunque las entidades temporales tienen una forma conocida, generalmente sus individuos aparecen y desaparecen durante el proceso de una simulación.

- SIMULA; Fué diseñado y llevado a cabo por Dahl y Nygaard en el Norwegian Computing Center bajo un contrato con la división UNIVAC de la Sperry Rand Corporation. Actualmente está disponible en las computadoras UNIVAC y en la serie de computadoras CDC.

Así como SIMSCRIPT comparte una estructura sintáctica-común con el FORTRAN, SIMULA es un lenguaje de simulación basado en el ALGOL.

Aumenta la sintaxis del ALGOL con conceptos apropiados al trabajo de simulación. Mientras un programa ALGOL-especifica su estructura de datos y una secuencia de operaciones sobre los datos correspondientes al programa, SIMULA extiende esta notación a una serie de tales programas, llamados procesos, que pueden conceptualmente operar en paralelo.

Constituye un medio para describir y generar los procesos dinámicamente, además de hacer referencia a los -- que ya existen. Hace posible que los datos de un proceso los utilice por otros y constituya una rutina de tiempos, llamada el conjunto secuencial, que ordena -- los procesos de acuerdo con el tiempo en el cual ocurre la actividad.

En SIMULA un conjunto de declaraciones de datos, junto con una secuencia de proposiciones que describe el comportamiento de un tipo de componente de un sistema, define una actividad. Cuando se asignan valores numéricos a los elementos de la estructura de datos el resultado se llama proceso.

Una actividad puede producir muchos procesos. Aquí, -- una transacción de GPSS sería un tipo. A diferencia -- de la situación con GPSS, en donde las transacciones --

tienen papeles activos y los recursos tienen papeles pasivos, todos los componentes de una simulación escritos en SIMULA pueden ser activos o pasivos indistintamente por tanto es necesario redactar un procedimiento de actividad para cada tipo de componente.

SIMULA tiene en cuenta la interacción entre los procesos resultantes, reduciendo por tanto, el problema de modelado que se plantea el usuario.

- GASP; fué desarrollado por Philip J. Kiviat (1964) -- mientras trabajaba para la firma United States Steel Corporation. Representa un concepto completamente diferente en lenguajes de simulación que el ofrecido -- por GPSS y SIMSCRIPT, ya que está escrito en FORTRAN; -- consecuentemente es posible recompilarlo utilizando -- cualquier compilador FORTRAN del que disponga un analista (también se ha escrito una versión de GASP en -- FORTRAN IV).

Veintitrés subrutinas y funciones FORTRAN constituyen el GASP (más una pequeña subrutina en FAP para la generación de números pseudoaleatorios); dichas subrutinas se encuentran unidas y organizadas a través de un programa principal conocido como GASP EXECUTIVE.

Dentro de las principales ventajas ofrecidas por este lenguaje están su independencia de máquina y sus características modulares, las cuales facilitan el desarrollo y alteración de los programas de simulación para ajustarse a las necesidades de un sistema dado.

Como el programa GASP está escrito en su totalidad en FORTRAN, la transferencia de un modelo de una máquina a otra solamente se encuentra limitada por la existencia de un compilador FORTRAN, más las concesiones ne-

cesarias referentes a la limitación de la memoria de la computadora que se trate.

La mayoría de los procedimientos importantes involucrados en la simulación de un sistema dado empleando una computadora, se logran a través de un conjunto de instrucciones de programación denominadas macro instrucciones GASP-FORTRAN. Entre las macro instrucciones más importantes se encuentran las siguientes:

- Instrucciones de flujo de tiempo y control.
- Instrucciones para mantenimiento de archivo.
- Instrucciones para la generación de datos.
- Instrucciones de entrada y salida.
- Otras instrucciones.

GASP enfoca el mundo real como si consistiera de los componentes básicos siguientes: elementos, atributos, eventos, reglas de decisión, procesos, estados y valores.

En cuanto a las subrutinas tienen una función mucho más dominante en GASP que en GPSS y SIMSCRIPT, pero se debe enfatizar que para el caso específico de la generación de datos, las subrutinas GASP son análogas a aquellas encontradas en GPSS y SIMSCRIPT; o sea, estas últimas son igualmente poderosas para los tres lenguajes.

Con el advenimiento de GPSS y SIMSCRIPT, el valor de GASP como lenguaje de simulación para computadoras de gran escala, se redujo substancialmente. Sin embargo, su valor principal estriba en la habilidad para cubrir las necesidades de aquellos usuarios que tienen acceso solamente a computadoras de capacidad reducida.

En las páginas anteriores se han dado algunas características de cuatro de los lenguajes de simulación que gozan de mayor aceptación, como ya se mencionó anteriormente el número de lenguajes de simulación es bastante grande por lo cual es imposible describirlos a todos. Algunos otros son: GPS, ESP, CSL, MONTECODE, CLP, SOL, etc.

El turno es para los lenguajes de propósitos generales y el empleo que se les da a éstos dentro del ámbito de la simulación. Desafortunadamente si se intenta estudiarlos o siquiera hacer una semblanza de todos y cada uno de ellos en relación con simulación se ocuparía mucho espacio, por lo que sólo se mencionan los cuatro más usados para estos fines, ellos son: ALGOL, COBOL, FORTRAN y PL/I.

Se desarrollará el FORTRAN por dos poderosas razones: uno de los lenguajes más utilizado para aplicaciones científicas y el modelo de simulación que se describe en esta tesis está escrito en éste.

Flexibilidad, es la palabra clave que se utiliza al comparar FORTRAN con otros lenguajes de simulación, ya que es la ventaja principal que se obtiene al escribir programas de simulación empleando FORTRAN en lugar de GPSS, SIMSCRIPT, GASP, etc.

Es posible apreciar fácilmente la flexibilidad del FORTRAN al considerar su completa interdependencia con el diagrama del flujo. Es decir, existe la posibilidad de escribir programas en FORTRAN con empleo de un diagrama de flujo o sin él, y sin poner atención a la forma particular que asuma dicho diagrama, si es que se utiliza.

Las instrucciones del FORTRAN se agrupan en cuatro clases, a saber:

FAKULTAD DE CIENCIAS

- Fórmulas aritméticas
- Propositiones de control
- Propositiones de entrada y salida
- Propositiones de especificación

El lenguaje consiste de cinco componentes principales: variables, constantes, subíndices, expresiones y funciones.

Otra ventaja del FORTRAN sobre los lenguajes de simulación de propósitos especiales, es su disponibilidad casi universal, - ya que existen compiladores de FORTRAN para casi todo tipo de computadoras (grandes y pequeñas) que se producen en la actualidad.

Existen cuatro elementos básicos para todo procedimiento de simulación, ya sea que se programe en FORTRAN o en alguno de los lenguajes de simulación de propósitos especiales, estos son los siguientes:

- Valores iniciales
- Generación de datos
- Mecanismo para el flujo del tiempo
- Reportes de salida.

Al comienzo de cualquier corrida de simulación es necesario - que se lea un conjunto de valores iniciales y se almacene en la computadora en forma de constantes, o bien que ésta los genere internamente. Por medio de FORTRAN el programador logra una flexibilidad completa en términos del método deseado, ya sea al leer los valores iniciales del sistema o al generarlos por medio de subrutinas en FORTRAN.

En cuanto a la generación de variables exógenas mediante el FORTRAN nuevamente resulta ser dependiente de la destreza del programador para escribir subrutinas capaces de producir el -

tipo de datos exógenos deseados, ya que es posible escribir - un número casi ilimitado de esta clase de subrutinas.

Como es bien sabido existen dos tipos de mecanismos para el - flujo del tiempo: los métodos de programación con incrementos fijos de tiempo y métodos con incrementos variables. La única forma segura de determinar cuál de los dos métodos minimiza el tiempo de cómputo para un sistema en particular, sería la de tanteos.

Al utilizar FORTRAN, se tiene la libertad de escoger cualquier - ra de estos dos métodos, mientras que los lenguajes especiales de simulación fuerzan al programador a utilizar el método que proporcione dicho lenguaje.

Para los reportes de salida si se compara el FORTRAN con los - lenguajes de simulación de propósitos especiales, se encuentra que ofrece, un máximo de posibilidades al diseñar reportes de salida ya sea gráfica o tabular la naturaleza de dichos re - portes. Al emplear el FORTRAN no se está restringido a un -- formato particular de salida, como en el caso de GPSS, SIMSCRIPT etc.

A pesar que la selección del lenguaje a utilizar no se hizo - en base a un análisis precio de cuál era el que ofrecía mayores ventajas, si un lenguaje de propósitos especiales (de simulación) o generales, puesto que únicamente se disponía de - un computador (I.B.M. 370/135) con lenguajes generales al momento de hacer la elección, en donde los lenguajes disponi - - bles todos eran de propósitos administrativos (COBOL) exceptuando el FORTRAN.

Por esto la elección de cual era el mejor lenguaje a usar fué - trivial. Sin embargo por una serie de lecturas y estudios --

que se hicieron posteriormente y por algunos de los criterios expresados con anterioridad, consideramos que la elección del lenguaje fue adecuada.

Sin asegurar con esto que fue la mejor, pues para estar en posibilidad de hacer tal afirmación se necesitaría traducir - - nuestro modelo a un buen número de otros lenguajes tanto de - propósitos específicos de simulación como de propósitos generales.

Lo cual obviamente representa un trabajo enorme y estéril, -- pues se perdería mucho más tiempo en la búsqueda del lenguaje óptimo que en solventar las pequeñas desventajas que este lenguaje (FORTRAN) pudiese tener.

Además que una vez realizada la búsqueda de entre varios lenguajes, se correría el riesgo de llegar a la conclusión que - el FORTRAN es el lenguaje óptimo para el estudio que nos ocupa.

### 3 DEFINICION DEL SISTEMA Y DESARROLLO DEL MODELO.

### 3.1 DEFINICION DEL SISTEMA

#### 3.1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

Los pasos o elementos de una simulación y sus relaciones que se mostraron en la figura 1 del capítulo anterior, dan la secuencia a seguir para atacar un problema de simulación metodológicamente, en este capítulo se desarrollará desde la formulación del problema hasta la traducción del modelo.

En el capítulo precedente se sentaron las bases teóricas y en el capítulo presente y siguiente, se llevará a la práctica -- una parte de esas teorías, ya que serán aplicadas para resolver el problema particular que a continuación se describe.

Como se veía en 2.1.4 para que exista una situación problemática (o problema) deben de cumplirse cinco condiciones, las cuales se particularizan de la siguiente forma:

- Un individuo que tenga el problema.- Los organizadores de un programa de concurso transmitido por televisión.
- Al menos un objetivo.- La descripción del objetivo será hecha en el transcurso de esta sección.
- Al menos dos cursos de acción desigualmente eficientes, pero que tengan la misma posibilidad de producir los objetivos deseados. Existe al menos un método matemático probabilístico, que tiene las mismas posibilidades (al empleado en esta tesis) de cumplir con -- los objetivos. Este método analítico consiste en reducir el sistema a un modelo que lo represente, en base a probabilidades de transición de una cadena de -- Markov.

Además existen métodos más rudimentarios para llegar a una solución del problema, que obviamente son menos eficientes que los anteriores. Uno de estos métodos es el de tanteos, otro podría ser el plantear una serie de ecuaciones involucrando probabilidades.

- Un estado de duda, de cuál es la mejor alternativa de solución. En un principio se dudó entre el método de simulación y el de Markov.
- La existencia de un medio ambiente o contexto del problema. Este existe y se describe en la siguiente sección.

Esta manera de enfocar los problemas algunas personas la consideran exagerada, en lo particular comparto esta opinión. -- Sin embargo, también considero que es una buena metodología para realizar un análisis detallado de una situación problemática.

Se resolverá el problema para los organizadores, de tal forma que ellos pasarán a ser los clientes y nosotros los tomadores de decisiones. Se comenzará por definir el objetivo, que aunque ya se hizo en el capítulo 1, allá se presentó de manera introductoria y sin entrar en detalle.

En la Sección 2.2.3 se mencionó que los objetivos de investigación en las empresas y en la economía, toman generalmente la forma de: preguntas que deben contestarse, hipótesis que deben aprobarse y efectos por estimarse. El objetivo que aquí se intenta satisfacer, cae en la primera categoría, es una pregunta por contestarse y la pregunta es:

"¿CUAL ES EL SUBSIDIO CONSTANTE OPTIMO QUE DEBERA OTORGAR SEMANALMENTE UNA COMPAÑIA PATROCINADORA, PARA SUFRA-

GAR TODOS LOS GASTOS OCASIONADOS POR CONCEPTO DE PREMIACION EN QUE INCURRIRA UN PROGRAMA DE CONCURSO EN TELEVISION?".

Por constante se entenderá que el subsidio será la misma cantidad, que semanalmente los patrocinadores depositarán en una cuenta de cheques destinada a esos propósitos. La cantidad será depositada un día antes de cada sesión y nadie retirará dinero de esa cuenta por ningún otro concepto que no sea por gasto de premiación. Es decir, con las aportaciones se constituirá un fondo para hacer frente a lo gastado por premiación.

Por subsidio óptimo se entenderá lo siguiente:

- El subsidio sea mínimo.
- El subsidio sea suficiente. El fondo constituido será mayor o igual al gasto de premiación, con una probabilidad asignada, para todas las semanas que tenga vigencia el programa. Es decir, si se selecciona una sesión cualquiera, el fondo será mayor o igual al gasto de esa sesión por concepto de premiación.

En 2.1.2 se mencionaba que el paso más crucial en la formulación de un modelo es la construcción de la función objetivo, ya que requiere de una medida (cuantitativa) de eficiencia relativa al objetivo. A continuación se construirá la función-objetivo, pero antes se dará la terminología empleada.

i.- número de semana

n.- número total de semanas que el programa estará vigente.

Sub.- subsidio semanal constante.

Costo.-gasto por concepto de premiación en que incurrió el programa de concurso en la semana i.

dif.- la diferencia del fondo constituido menos la suma de los i gastos.

Donde:  $i, n \in \mathbb{N}$   $\text{dif, costo, sub} \in \mathbb{R}$

y como  $\text{sub}_i = \text{sub} \forall i$ , ya que sub es constante entonces:

$$\sum_{i=1}^n \text{sub}_i = i \text{ sub} \quad (1)$$

La diferencia se denota como:

$$\text{dif}_i = \sum_{i=1}^n \text{sub}_i - \sum_{i=1}^n \text{costo}_i \quad (2)$$

Sustituyendo en (2) la expresión (1) queda:

$$\text{dif}_i = i \text{ sub} - \sum_{i=1}^n \text{costo}_i \quad (3)$$

La función objetivo es:

$$\text{f.o.} \quad f(\text{dif}_i) = \text{mínimo}(\text{dif}_i) \quad (4)$$

$$\text{sujeto a } \text{dif}_i = i \text{ sub} - \sum_{i=1}^n \text{costo}_i$$

$$\text{donde } \text{dif}_i \geq 0 \forall i$$

Esta es la misma notación que se emplea en el programa de cómputo (Anexo A). Después de haber planteado la función objetivo se podrá tener la duda de por que se pide que el subsidio-semanal sea mínimo, suficiente y constante. La forma de acla

rar esto es mostrando que estas exigencias provienen de necesidades reales de las personas que tienen el problema. Antes de hacer esto se describirán los cinco principales entes involucrados en el programa.

Los entes son: la empresa patrocinadora, la agencia publicitaria, el canal de televisión por el que se transmite el programa, los concursantes y el interventor de espectáculos de la Secretaría de Gobernación. A este último por facilidad se le dirá simplemente interventor. A la agencia publicitaria y/o a los patrocinadores se les identificará como organizadores.

La descripción de cada uno de ellos, así como sus principales relaciones e intereses se dan a continuación:

- La empresa patrocinadora; su objetivo es hacerse publicidad utilizando como medio la televisión. Para realizar este propósito, se pone en contacto con una agencia publicitaria para que los asesore y poder hacer una buena elección. Los patrocinadores de antemano no tienen en mente un presupuesto aproximado del gasto anual que están dispuestos a dedicar a esto.

Después de analizar algunas posibilidades en forma conjunta, las empresas llegan a la conclusión que una buena elección es un programa de concurso. Este programa tiene dos tipos de gastos, los administrativos y los de premiación.

Los gastos administrativos serán: Los sueldos de empleados contratados para el programa por la agencia publicitaria (el anfitrión, los eruditos, etc.), el pago al canal de televisión, los honorarios que obtendrán los publicistas, etcétera. Estos gastos serán acordados de antemano con los interesados y por lo tanto serán fijos.

- La agencia publicitaria; su objetivo es obtener un ingreso a cambio de prestar un servicio, el cual consistirá en administrar y elaborar la publicidad que recibirá el patrocinador en cada sesión del programa. La elaboración de la publicidad comprende: seleccionar o realizar los comerciales que se transmitirán y hacerlos "slogans" que dirá el anfitrión. Además se encargarán de hacer las negociaciones y arreglos pertinentes con el canal de televisión.
- El canal de televisión; su objetivo es obtener un ingreso a cambio de ceder una hora a la semana de televisión, en un día y hora prefijados.
- Los concursantes; sus objetivos podrán ser diferentes para cada caso. Sin embargo, los más frecuentes son: una combinación de dos elementos, obtener el máximo premio posible y el máximo de prestigio, la proporción de estos elementos variará para cada caso.

La forma de satisfacer este objetivo será contestando correctamente el máximo de preguntas que sus conocimientos del tema le permitan.

- El interventor; su objetivo será que el programa de concurso se realice legalmente. Es decir, que cumpla con las reglamentaciones que impone la Secretaría de Gobernación a los programas de concurso. Su función será vigilar que se cumplan cuestiones como: Los concursantes que salgan del programa reciban en esa sesión sus premios correspondientes; las preguntas se mantengan en secreto desde que son elaboradas hasta que son formuladas a los concursantes; y algunas reglas de menor relevancia.

Es requisito legal que el interventor esté presente -

en todas las sesiones del programa de concurso. En caso de que éste encontrara alguna irregularidad en el desarrollo de una sesión, tendrá la facultad de imponer sanciones a los organizadores, estas sanciones estarán en función de la falta cometida, yendo desde una pequeña multa hasta la suspensión del permiso para la realización del programa.

Anteriormente se mencionó que el patrocinador incurre en dos tipos de gastos: los administrativos y los de premiación. Para este trabajo los gastos administrativos no se tomarán en cuenta, ya que como se puede ver en la pregunta (objetivo) -- únicamente se consideran los gastos de premiación.

A diferencia de los gastos administrativos, los gastos de premiación son variables, en una sesión puede que no se incurra en gasto y en la siguiente éste podría ser de \$160,000.00. Esta marcada variabilidad del gasto entre una sesión y la siguiente, hará que el subsidio semanal sea muy difícil de determinar como una cantidad constante.

Los patrocinadores deberán cubrir en el transcurso de la sesión la cantidad gastada por premiación, ya que de no hacerlo el programa estará en situación fraudulenta y el interventor podrá imponer sanciones. Debido a esto, los publicistas y el canal presionarán al patrocinador a buscar una forma segura para evitar eso, ya que a ninguna de las empresas le conviene verse involucrada en un posible escándalo, o al menos sentar un mal precedente.

Por lo anterior el publicista le pedirá al patrocinador que el fondo constituido en la cuenta de cheques, sea suficiente para poder pagar cualquier gasto de premiación en que se incurra en las sesiones. El publicista estará más satisfecho en-

tre más grande sea el fondo, por su parte el patrocinador no-  
estará de acuerdo en que la cantidad sea tan alta como éste -  
pretende. Argumentando con justa razón lo siguiente:

"No es conveniente económicamente hablando mantener ocio-  
sa una suma de dinero, pues es preferible invertirla en-  
algún renglón dentro del giro de la empresa".

Por lo tanto las dos empresas caen en conflicto; una tratará-  
que el fondo constituido sea lo más grande posible y la otra  
lo más pequeño posible, estando únicamente de acuerdo en evi-  
tar caer en situación fraudulenta. Esto se resume diciendo -  
que el subsidio será mínimo pero a la vez suficiente.

La justificación para que el subsidio semanal sea constante -  
es más inmediata, ya que ninguna empresa bien administrada --  
prefiere gastos variables, si existe alguna posibilidad de ha-  
cerlos constantes. Financieramente hablando, los gastos va--  
riables dificultan la planeación presupuestal.

Del conflicto de intereses entre el patrocinador y el publi--  
cista, surge la necesidad de buscar un subsidio óptimo, y del  
intento del publicista de tener una planeación financiera efi-  
ciente, resulta la necesidad de que la aportación semanal sea  
constante.

### 3.1.2 EL SISTEMA Y SU CONTEXTO

Una vez visto que el objetivo se manifiesta como una pregunta por contestar, se tendrá ya una primera imagen del sistema. - En esta sección se ampliará esa imagen, explicando los factores más importantes que afectan al sistema y que integran su contexto.

En la sección anterior se describieron los cinco entes que hacen posible el programa y en esta sección se describen las -- principales funciones de algunos empleados de la empresa publicitaria. Estos empleados son claves en el desarrollo del programa de concurso.

- El anfitrión; normalmente es un comentarista o un animador del medio televisivo. Los rasgos más importantes que deberá reunir esta persona son: una cultura general amplia, buena presencia, simpatía, buen juicio y experiencia identificando y aprovechando situaciones que puedan ser capitalizadas para hacer más lucido el programa.

La cultura y el buen juicio son deseables porque las decisiones de si las contestaciones emitidas por los concursantes fueron correctas dependerá de él. Aunque tendrá a la mano la respuesta correcta proporcionada por los eruditos, su función será evaluar qué -- tanto se apegan las dos respuestas y de inmediato dar su veredicto.

Esta decisión se va haciendo más difícil a medida que las preguntas se aproximan a la última. Por ejemplo, el grado de dificultad de la pregunta once será mayor que el de la siete, además será más larga y en algunos casos estará formada por varias cuestiones.

- El grupo de seleccionadores; su principal función será escoger de entre los aspirantes a los más indicados para ser concursantes, pues en la mayoría de los casos - hay más aspirantes de los que se pueden presentar en el programa. La decisión de cuales son los más indicados tiene trasfondo publicitario, y se analizan factores como: si el tema seleccionado por el aspirante es de interés (impacto publicitario), o si los rasgos del aspirante podrán producir una imagen atractiva para el público, etcétera.
- El grupo de eruditos; su función será elaborar las preguntas que se les harán a los concursantes. El gasto y el brillo publicitario del programa dependerán en buena parte de esto. Un concursante compete con un tema que él escoge y el grupo de seleccionadores acepta y a un erudito le pueden tocar atender varios temas al mismo tiempo o ninguno, esto dependerá de la demanda que tenga en determinado momento su área de especialidad. Un requisito es que los temas estén claramente delimitados desde antes que el concursante inicie, y los eruditos no podrán salirse de esos límites.

Hay otras personas dentro del programa de concurso, que son empleados del canal de televisión o de la agencia publicitaria, que aunque su presencia es importante en el desarrollo de cada sesión no lo son para este trabajo. Algunas de estas personas son: los camarógrafos, los ayudantes del anfitrión, etcétera.

Se consideran dentro del programa, todas aquellas personas que ya concursaron en al menos una sesión. Existen tres causas posibles para que un concursante salga del programa, éstas son: que conteste incorrectamente una pregunta, se dirá que perdió; que manifieste oportunamente su deseo de retirarse, se retiró;

que conteste correctamente las once preguntas y por lo tanto gane el premio mayor, ganó.

Un concursante puede dejar de participar en una sesión y seguir dentro del programa, ya que no es forzoso que desde que inicie hasta que salga del programa aparezca en sesiones seguidas. Por su parte, los organizadores tratarán de evitar que un concursante deje de aparecer en dos o más sesiones seguidas, porque esto podría repercutir en que el público no lo tenga presente y eventualmente ser una causa de disminución del teleauditorio.

La decisión de cuales concursantes participan en una sesión determinada la toman los organizadores y si algún concursante no puede participar en alguna sesión es reemplazado por otro. Por esta razón hay más concursantes en el programa que el máximo que permite una sesión debido a la limitante del tiempo.

Cuando los organizadores están integrando un grupo, tratan de formarlo incluyendo concursantes de diferentes etapas. Es decir, incluirán al menos un concursante que inicia, uno que está en las preguntas intermedias y un finalista. Esto lo hacen con el fin de que todas las sesiones mantengan un nivel de interés similar para el teleauditorio.

Las sesiones duran una hora (menos cortes comerciales) y se presentan semanalmente. El número de concursantes permitido por el tiempo varía entre tres y seis, y depende básicamente de dos factores, estos son: En qué preguntas se encuentran los concursantes que intervendrán y qué tan largas serán las entrevistas que el anfitrión les haga a los concursantes.

Un concursante que inicia consume más tiempo que el resto, ya que debe responder las primeras siete preguntas en esa sesión.

Los concursantes situados en preguntas posteriores consumirán aproximadamente el mismo tiempo, pues sólo tendrán que contestar una pregunta en cada sesión.

Los concursantes que continúan dentro del programa al terminar una sesión no recibirán premio alguno, únicamente recibirán premios los que salieron del programa en esa sesión. Por lo tanto los organizadores sólo incurrirán en gastos de premiación en las sesiones en que al menos un concursante haya salido del programa.

En el Anexo C se muestra la tabla de premios. Esta tabla asocia a cada pregunta el premio correspondiente para las tres causas por las que se puede salir del programa (pérdida, retiro o triunfo). Ahí se considera como primera etapa a las preguntas comprendidas entre la uno y la siete, segunda etapa a la pregunta ocho y así sucesivamente hasta llegar a la quinta etapa que es la pregunta once. El número de etapa en que se encuentre un concursante es el número de sesiones en que ha aparecido. Un concursante necesita de cinco sesiones para ganar el premio mayor.

Desde el momento en que los organizadores seleccionan el grupo que se presentará en la sesión que se avecina, ya conocen el máximo gasto posible para esa sesión y en base a su experiencia pueden estimar un gasto probable. Además que cuentan con información que les ayudará a redondear su estimación. Esta información, son los exámenes de conocimientos de los concursantes.

Todos los aspirantes presentan un examen de conocimientos sobre el tema que previamente seleccionaron. Este examen, es elaborado por los eruditos y su finalidad es que el grupo de seleccionadores tenga elementos de juicio para evaluar a los aspirantes.

Esta información adicional en combinación con su experiencia dará una idea a los organizadores sobre qué tantas posibilidades tiene un concursante de perder en una pregunta dada. Claro está que habrá sorpresas en ambos sentidos. Es decir, habrá concursantes de los que en base a su examen se pueda esperar mucho y en el concurso pierdan rápidamente, pero también se presentará la sorpresa en sentido contrario. Sin embargo, esta información seguirá siendo valiosa para inferir sobre el comportamiento de los concursantes ante la pérdida.

Además los organizadores deberán tomar muy en cuenta para su pronóstico del gasto, el retiro de los concursantes. Esta variable es aun más impredecible que la pérdida, ya que depende de factores totalmente subjetivos y casi siempre desconocidos para los organizadores, pues todo se resumirá al estado de ánimo con que llegue un concursante a la sesión. Es obvio que existen infinidad de factores que podrán influir en su estado de ánimo y por lo tanto hacer algún pronóstico con respecto a si se retirará o no se antoja difícil.

El comportamiento con respecto al retiro es determinante para cualquier estimación que se intente sobre el gasto, pues no hay que olvidar que cuando un concursante se retira se le deberá entregar en esa sesión lo que lleve ganado hasta el momento.

Existen otras variables que los organizadores pueden manejar para regular el gasto, sólo que éstas no los podrán sacar de apuros en la sesión que se avecina, pues mas bien operan a largo plazo. Una de estas variables es el grado de dificultad que tendrán las preguntas. Cuando los organizadores deciden incrementar el grado de dificultad, el gasto tenderá a bajar y el teleauditorio también. Si por otra parte se baja la dificultad de las preguntas, el gasto se incrementará al igual que el teleauditorio.

Si se analiza a mayor profundidad la situación anterior se verá que el grado de dificultad tiene un óptimo que depende del teleauditorio y del gasto deseado por los organizadores. Una vez que éstos encuentren el grado de dificultad óptimo de acuerdo a sus propósitos tenderán a conservarlo, a menos que sus propósitos cambien.

La otra variable es la contraparte del grado de dificultad y es el nivel de conocimientos (de sus temas respectivos) que tienen los concursantes. El cual está regulado por el grupo de seleccionadores. Es decir, el cambiar los criterios de selección de los concursantes es otra alternativa que tienen los organizadores para modificar a mediano plazo el gasto y el teleauditorio, pero al igual que la variable anterior también tiene un óptimo que obedece a los propósitos ya mencionados.

Hasta aquí se ha visto que los organizadores tienen algunos recursos para influir en el gasto y que además cuentan con información que les permite hacer estimaciones para la sesión que se avecina. Sin embargo, esta información aunque es suficiente para proporcionarles una idea (un intervalo), no es completa para efectuar un buen pronóstico, ya que existen factores como el retiro de los concursantes, que afecta notablemente al gasto y lo hace casi impredecible.

A continuación se explicará una sesión por medio de un ejemplo, con el fin de familiarizar al lector con el desarrollo del programa. En esta sesión aparecerán cinco concursantes, los cuales se encuentran en las siguientes preguntas: uno, ocho, nueve, diez y once. Es decir, habrá concursantes de cada una de las cinco diferentes etapas.

Inicia la sesión y aparece en el aire el anfitrión saludando-

al teleauditorio y haciendo la presentación de algunas personas importantes que se encuentran en el estudio de televisión desde donde se transmite la sesión. Acto seguido se presenta el primer concursante, que es un principiante.

El anfitrión lo presenta al público haciendo un resumen de su biografía y luego lo entrevista, esta última consiste en algunas preguntas personales con el fin de que el teleauditorio lo vaya conociendo y se familiarice con él.

Después de la entrevista el anfitrión recibe el sobre que contiene la primera pregunta y le formula ésta al concursante. Este responde satisfactoriamente y el anfitrión nuevamente charla con él, preguntándole posteriormente si desea retirarse, a lo que el concursante responde negativamente.

Entre preguntas del tema, charlas, entrevistas y preguntas de si desea retirarse, el concursante llega hasta la séptima pregunta, última que le corresponde contestar en esa sesión. El concursante respondió correctamente siete preguntas y expresó seis veces su deseo de continuar en el programa. El anfitrión lo despide y lo invita a regresar en las próximas sesiones.

El turno ahora es para el segundo concursante, el cual se encuentra en la segunda etapa u octava pregunta. Es entrevistado y posteriormente se le cuestiona si desea o no retirarse, a lo que éste responde que no. Inmediatamente el anfitrión abre el sobre y le formula la pregunta, a la cual el concursante contesta incorrectamente.

El anfitrión le manifiesta su pesar y le entrega un premio de consolación, posteriormente lo despide de la sesión. Este concursante salió del programa (sistema) y no volverá a aparecer en ninguna sesión posterior.

El tercer concursante hace su aparición, éste se encuentra en la novena pregunta. Como es costumbre es entrevistado por el anfitrión y luego de una pequeña charla le pregunta si desea retirarse o continuar. El concursante decide continuar y el anfitrión le formula la pregunta correspondiente, a la que contesta correctamente, por tal motivo es felicitado y despedido quedando en espera de ser citado nuevamente.

El cuarto concursante se encuentra en la décima pregunta. Al igual que todos es entrevistado por el anfitrión y posteriormente se le pregunta si desea retirarse o continuar. El concursante decide retirarse, acto seguido el anfitrión le proporciona un cheque por la cantidad de dinero ganada hasta ese momento.

El anfitrión entrevista nuevamente al concursante y lo invita a que exponga los motivos que lo llevaron a tomar esa decisión. En la mayoría de los casos estos motivos son sentimentales y provocan situaciones que agradan al teleauditorio. No hay que olvidar que uno de los principales objetivos de los organizadores, es atraer el máximo de teleauditorio y el hacer que el público se interese en la vida de los concursantes es una buena forma.

Después de exponer sus razones el concursante es despedido por el anfitrión. El sobre que contiene la pregunta que se le iba a formular es regresado sin abrir, por lo que el concursante se quedará con la duda sobre si hubiera podido contestar correctamente.

El quinto y último concursante es un finalista, o sea le corresponderá contestar la onceava pregunta. Es entrevistado ampliamente por el anfitrión, ya que éste sabe de antemano que los finalistas son normalmente los que más público atraen.

Después de la entrevista la pregunta si desea retirarse, a lo que responde negativamente.

El anfitrión abre el sobre y formula la pregunta, la cual es contestada correctamente por el concursante, esto lo acredita como ganador del gran premio, el cual le es otorgado de inmediato por el anfitrión, quien después de felicitarlo lo entrevista nuevamente haciéndole preguntas sobre el destino del dinero ganado o algo por el estilo, posteriormente despide al concursante. Por último, el anfitrión hace del conocimiento del teleauditorio que la sesión ha llegado a su fin y que los espera la próxima semana a esa misma hora y por ese mismo canal.

Para determinar el gasto en que se incurrió en la sesión ejemplo, bastará sumar lo que se les dio a los concursantes que salieron del programa. Estos concursantes son: el segundo, el cuarto y el quinto. El segundo concursante perdió en la pregunta ocho, si se ve en la tabla de premios, le corresponderá un premio de consolación de \$ 512.00. En estos casos el concursante puede escoger entre el premio de consolación en efectivo o un premio en artículos (colchones o estufa, etc.)

Sólo en los casos en que los concursantes se decidan por premios de consolación en efectivo ocasionarán gasto al patrocinador, ya que en el otro caso, el gasto (precio del artículo) lo asumirán las casas comerciales que se hacen promoción regalando sus artículos a los concursantes perdedores, a cambio de una frase de reconocimiento a su marca al momento de hacerle entrega al concursante del artículo seleccionado.

El segundo concursante prefirió su premio de consolación en efectivo. Al cuarto concursante, que se retiró entre la novena y la décima pregunta, le corresponden \$ 16,000.00. El - -

quinto concursante ganó el premio mayor que es de \$ 64,000.00. En resumen, el gasto en la sesión es de \$ 80,512.00.

A lo largo de esta tesis se supondrá constante el grado de dificultad de las preguntas, así como el nivel de conocimientos de los concursantes. Es decir, se asumirá que los propósitos de los concursantes serán los mismos. Esto permitirá suponer que el comportamiento del gasto será similar al de las esta--dísticas (Anexo B).

Así como se espera que los propósitos de los organizadores -- permanezcan constantes, también se espera que la tabla de premios sea actualizada periódicamente, ya que de no hacerse así la inflación iría consumiendo paulatinamente el poder adquisitivo de los premios.

El no actualizar la tabla de premios trae como consecuencia-- un cambio en los patrones de conducta de los concursantes. Esto significaría que los concursantes irían cambiando gradualmente su comportamiento frente al retiro, ya que aunque su --aversión al riesgo permanezca constante el riesgo asumido es--taría disminuyendo.

Actualizar la tabla de premios significa aumentar el monto de los premios alcanzando cantidades tales que compensen la pér--dida de poder adquisitivo causada por la inflación. Asegurando así que los concursantes seguirán teniendo un comportamiento similar al de meses o años anteriores.

Considerando esto el modelo de simulación que se hizo (Anexo-A), incluye la tabla de premios como dato de entrada (Anexo - C. Hoja de Datos Leídos), lo que permite la suficiente flexi--bilidad para que si los premios son cambiados en la realidad, el modelo siga siendo útil, ya que bastará modificar estos datos que alimentan al programa de cómputo.

## 3.2. HERRAMIENTAS USADAS EN LA INTEGRACION DEL MODELO

### 3.2.1. EL CALCULO DE LAS PROBABILIDADES

La presente sección está dividida en tres partes y en cada una de ellas se calcularán probabilidades, las cuales serán empleadas en el modelo de simulación.

El orden en que se calcularán estas probabilidades será el mismo que emplea el programa de cómputo (Anexo A) al considerarlas. Primeramente, se calcularán las probabilidades que determinan cuantos concursantes se presentarán en cada sesión.

La segunda y más delicada de las tres partes, es el cálculo de las probabilidades de perder y de retirarse que tiene un concursante en cada una de las preguntas.

La tercera parte y la menor importante, es el cálculo de las probabilidades que determinan cual fue la selección que hizo un concursante que perdió después de la cuarta pregunta. Es decir, si optó por un premio de consolación en efectivo o por una estufa y/o un colchón.

Para determinar las probabilidades de cuantos concursantes se presentarán en una sesión, el primer paso es obtener del Anexo B el número de concursantes que se presentaron en cada una de las sesiones durante los tres años (156 semanas). Esto se logra cruzando la información proporcionada por las fechas (de inicio y terminación) contra el número de presentaciones que debió tener cada concursante, y esto se puede saber gracias al premio que obtuvo. El producto de este laborioso trabajo es la Tabla 3.

Si se resume la Tabla 3 agrupamos las sesiones de acuerdo al

| No. de<br>sesión----- | A                       |                              | N                       |                           | O                         |                            | S                          |                            |
|-----------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                       | No. de con-<br>-Primeró | No. de con-<br>-cursantes--- | No. de con-<br>-Segundo | No. de con-<br>-cursantes | No. de con-<br>Tercero--- | No. de con-<br>-cursantes- | No. de con-<br>-cursantes- | No. de con-<br>-cursantes- |
| 1                     | Jun-12-71               | 4                            | Jun-10-72               | 4                         | Jun-12-73                 | 3                          |                            |                            |
| 2                     | Jun-19-71               | 4                            | Jun-17-72               | 4                         | Jun-19-73                 | 3                          |                            |                            |
| 3                     | Jun-26-71               | 4                            | Jun-24-72               | 4                         | Jun-26-73                 | 3                          |                            |                            |
| 4                     | Jul-03-71               | 4                            | Jul-01-72               | 4                         | Jul-03-73                 | 3                          |                            |                            |
| 5                     | Jul-10-71               | 5                            | Jul-08-72               | 3                         | Jul-10-73                 | 4                          |                            |                            |
| 6                     | Jul-17-71               | 6                            | Jul-15-72               | 4                         | Jul-17-73                 | 3                          |                            |                            |
| 7                     | Jul-24-71               | 4                            | Jul-22-72               | 4                         | Jul-24-73                 | 4                          |                            |                            |
| 8                     | Jul-31-71               | 5                            | Jul-29-72               | 4                         | Jul-31-73                 | 4                          |                            |                            |
| 9                     | Ago-07-71               | 5                            | Ago-05-72               | 4                         | Ago-07-73                 | 3                          |                            |                            |
| 10                    | Ago-14-71               | 4                            | Ago-12-72               | 3                         | Ago-14-73                 | 3                          |                            |                            |
| 11                    | Ago-21-71               | 5                            | Ago-19-72               | 4                         | Ago-21-73                 | 3                          |                            |                            |
| 12                    | Ago-28-71               | 4                            | Ago-26-72               | 4                         | Ago-28-73                 | 3                          |                            |                            |
| 13                    | Sep-04-71               | 4                            | Sep-02-72               | 4                         | Sep-04-73                 | 3                          |                            |                            |
| 14                    | Sep-11-71               | 5                            | Sep-09-72               | 3                         | Sep-11-73                 | 3                          |                            |                            |
| 15                    | Sep-18-71               | 4                            | Sep-16-72               | 4                         | Sep-18-73                 | 3                          |                            |                            |
| 16                    | Sep-25-71               | 4                            | Sep-23-72               | 3                         | Sep-25-73                 | 3                          |                            |                            |
| 17                    | Oct-02-71               | 4                            | Sep-30-72               | 4                         | Oct-02-73                 | 3                          |                            |                            |
| 18                    | Oct-09-71               | 5                            | Oct-07-72               | 4                         | Oct-09-73                 | 3                          |                            |                            |
| 19                    | Oct-16-71               | 4                            | Oct-14-72               | 3                         | Oct-23-73                 | 3                          |                            |                            |
| 20                    | Oct-23-71               | 5                            | Oct-21-72               | 3                         | Oct-30-73                 | 4                          |                            |                            |
| 21                    | Oct-30-71               | 5                            | Oct-28-72               | 4                         | Nov-06-73                 | 4                          |                            |                            |
| 22                    | Nov-06-71               | 3                            | Nov-04-72               | 3                         | Nov-13-73                 | 4                          |                            |                            |
| 23                    | Nov-13-71               | 3                            | Nov-11-72               | 4                         | Nov-20-73                 | 4                          |                            |                            |
| 24                    | Nov-20-71               | 3                            | Nov-18-72               | 3                         | Nov-27-73                 | 4                          |                            |                            |
| 25                    | Nov-27-71               | 4                            | Nov-25-72               | 4                         | Dic-04-73                 | 3                          |                            |                            |
| 26                    | Dic-04-71               | 3                            | Dic-02-72               | 3                         | Dic-11-73                 | 4                          |                            |                            |
| 27                    | Dic-11-71               | 4                            | Dic-09-72               | 4                         | Dic-18-73                 | 4                          |                            |                            |
| 28                    | Dic-18-71               | 4                            | Dic-16-72               | 3                         | Dic-25-73                 | 4                          |                            |                            |
| 29                    | Dic-25-71               | 3                            | Dic-23-72               | 4                         | Ene-01-74                 | 4                          |                            |                            |
| 30                    | Ene-01-72               | 3                            | Dic-30-72               | 4                         | Ene-08-74                 | 4                          |                            |                            |
| 31                    | Ene-08-72               | 3                            | Ene-06-73               | 3                         | Ene-15-74                 | 4                          |                            |                            |
| 32                    | Ene-15-72               | 3                            | Ene-13-73               | 4                         | Ene-22-74                 | 4                          |                            |                            |
| 33                    | Ene-22-72               | 3                            | Ene-20-73               | 4                         | Ene-29-74                 | 5                          |                            |                            |
| 34                    | Ene-29-72               | 4                            | Ene-27-73               | 4                         | Feb-05-74                 | 6                          |                            |                            |
| 35                    | Feb-05-72               | 4                            | Feb-03-73               | 4                         | Feb-12-74                 | 6                          |                            |                            |
| 36                    | Feb-12-72               | 4                            | Feb-10-73               | 4                         | Feb-19-74                 | 6                          |                            |                            |
| 37                    | Feb-19-72               | 4                            | Feb-17-73               | 3                         | Feb-26-74                 | 6                          |                            |                            |
| 38                    | Feb-26-72               | 3                            | Feb-27-73               | 3                         | Mar-05-74                 | 6                          |                            |                            |
| 39                    | Mar-06-72               | 4                            | Mar-06-73               | 5                         | Mar-12-74                 | 4                          |                            |                            |
| 40                    | Mar-13-72               | 4                            | Mar-13-73               | 3                         | Mar-19-74                 | 4                          |                            |                            |
| 41                    | Mar-18-72               | 4                            | Mar-20-73               | 4                         | Mar-26-74                 | 4                          |                            |                            |
| 42                    | Mar-25-72               | 3                            | Mar-27-73               | 4                         | Abr-02-74                 | 4                          |                            |                            |
| 43                    | Abr-01-72               | 4                            | Abr-03-73               | 3                         | Abr-09-74                 | 5                          |                            |                            |
| 44                    | Abr-08-72               | 4                            | Abr-10-73               | 4                         | Abr-16-74                 | 6                          |                            |                            |
| 45                    | Abr-15-72               | 4                            | Abr-17-73               | 4                         | Abr-23-74                 | 5                          |                            |                            |
| 46                    | Abr-22-72               | 4                            | Abr-24-73               | 3                         | Abr-30-74                 | 5                          |                            |                            |
| 47                    | Abr-29-72               | 4                            | May-01-73               | 4                         | May-07-74                 | 5                          |                            |                            |
| 48                    | May-06-72               | 4                            | May-08-73               | 4                         | May-14-74                 | 5                          |                            |                            |
| 49                    | May-13-72               | 5                            | May-15-73               | 4                         | May-21-74                 | 5                          |                            |                            |
| 50                    | May-20-72               | 4                            | May-22-73               | 4                         | May-28-74                 | 5                          |                            |                            |
| 51                    | May-27-72               | 4                            | May-29-73               | 4                         | Jun-04-74                 | 5                          |                            |                            |
| 52                    | Jun-03-72               | 4                            | Jun-05-73               | 4                         | Jun-11-74                 | 4                          |                            |                            |

SUMA

208

193

212

TOTAL 613 PRESENTACIONES.

número de concursantes que se presentaron en ellas, se tendrá la Tabla 4.

| NUMERO DE<br>CONCURSANTES | FRECUENCIA DE SESIONES<br>AÑOS |    |    | NUMERO DE<br>SESIONES | NUMERO DE<br>PRESENTACIONES. |
|---------------------------|--------------------------------|----|----|-----------------------|------------------------------|
|                           | 1                              | 2  | 3  |                       |                              |
| 3                         | 11                             | 16 | 17 | 44                    | 132                          |
| 4                         | 31                             | 35 | 20 | 86                    | 344                          |
| 5                         | 9                              | 1  | 9  | 19                    | 95                           |
| 6                         | 1                              | 0  | 6  | 7                     | 42                           |
| SUMA                      | 52                             | 52 | 52 | 156                   | 613                          |

TABLA 4.- DISTRIBUCION DE LAS SESIONES DE ACUERDO AL NUMERO DE CONCURSANTES QUE SE PRESENTARON.

Finalmente a partir de la Tabla 4 se obtienen las probabilidades de que en una sesión aparezcan 3, 4, 5 ó 6 concursantes. - Sea S un espacio de probabilidad tal que para cada evento E en S, existe P(E) con las siguientes propiedades (axiomas de Kolmogorov):

$$P(E_i) \geq 0 \quad (6)$$

$$P(S) = 1 \quad (7)$$

Si  $E_1 \cap E_2 \cap E_3 \cap E_4 = \emptyset$  entonces

$$P(E_1 \cup E_2 \cup E_3 \cup E_4) = P(E_1) + P(E_2) + P(E_3) + P(E_4) \quad (8)$$

Si adicionalmente, las probabilidades son asignadas simétricamente, esto es, la probabilidad de cada evento elemental es  $1/N$ , donde N es el número de elementos en S, se tendrá que:

$$P(E) = m/N \quad (9)$$

Donde  $m$  es el número de elementos de  $S$  en  $E$ . Por lo tanto el problema de calcular la probabilidad del evento  $E$  se reduce a contar el número de elementos de  $E$  y el número de elementos de  $S$ .

En este caso las probabilidades son asignadas simétricamente. Es decir, la probabilidad para cada evento elemental será  $1/N$ , donde  $N$  es el número total de sesiones. Por lo que  $S$  quedará definido como un espacio equiprobable y se podrá emplear (9) en los cálculos que siguen.

$E_1$  será el evento de las sesiones en las que aparecerán 3 concursantes,  $E_2$  en las que aparezcan 4,  $E_3$  5 y  $E_4$  6. La definición de estos eventos queda como sigue:

$$E_1 = \{1, 2, 3, \dots, 44\} \quad (10)$$

$$E_2 = \{1, 2, 3, \dots, 86\} \quad (11)$$

$$E_3 = \{1, 2, 3, \dots, 19\} \quad (12)$$

$$E_4 = \{1, 2, 3, \dots, 7\} \quad (13)$$

y el espacio de probabilidades será:

$$S = \{1, 2, 3, \dots, 156\} \quad (14)$$

Las probabilidades para estos eventos se muestran a continuación en la Tabla 5.

| EVENTO         | Número de Elementos<br>del evento | Probabilidades<br>$P(E) = m/N$ |
|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| E <sub>1</sub> | 44                                | 0.28205128                     |
| E <sub>2</sub> | 86                                | 0.55128205                     |
| E <sub>3</sub> | 19                                | 0.12179487                     |
| E <sub>4</sub> | 7                                 | 0.04487179                     |
|                | N = 156                           | 1.00000000                     |

TABLA 5.- PROBABILIDADES QUE DETERMINAN CUANTOS CONCURSANTES SE PRESENTARAN EN CADA SESION.

En el Anexo B se tiene que el total de presentaciones fue de 631 y en la Tabla 3 se tienen solamente 613 presentaciones, -- por lo que hay una diferencia de 18. La razón de esta diferencia es porque en el Anexo se incluye un período un poco mayor a los tres años y en la Tabla se consideraron exactamente 156-semanas. Es decir, de Junio 12 de 1971 a Junio 11 de 1974.

Para verificar que la Tabla 3 fue extraída correctamente del Anexo B se empleará un camino alternativo, en el que se descontarán las apariciones que tuvieron los concursantes después de Junio 11 de 1974. Las presentaciones a descontar se muestran en la Tabla 6;

| <u>NUMERO DE<br/>CONCURSANTE</u> | <u>APARICIONES<br/>A DESCONTAR</u> |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 172                              | 2                                  |
| 173                              | 0                                  |
| 174                              | 1                                  |
| 175                              | 1                                  |
| 176                              | 3                                  |
| 177                              | 4                                  |
| 178                              | 4                                  |
| 179                              | 3                                  |
| <u>SUMA</u>                      | <u>18</u>                          |

TABLA 6.- NUMERO DE APARICIONES A DESCONTAR DEL ANEXO B

El número a descontar concuerda con la diferencia, por lo que se comprueba que el total de presentaciones es correcto en la Tabla 3.

El cálculo de las probabilidades de perder y de retirarse que tienen los concursantes para cada pregunta, se hará siguiendo una conceptualización análoga a la que se emplea en Cálculo Actuarial cuando se elabora una tabla de mortalidad.

El número de pregunta y/o la oportunidad de retiro serán equivalentes a la edad  $x$  de la tabla de mortalidad. Se tienen 11 preguntas y entre cada dos de ellas está una oportunidad de retiro. Es decir, existen 10 oportunidades de retiro que sumadas a las preguntas dan 21 edades diferentes. Siguiendo la misma notación del Cálculo Actuarial se tendrá  $0 \leq x \leq 20$ .

Las funciones  $l_x$  y  $d_x$  se definen como sigue:

$$l_x = K \cdot S(x) \quad (15)$$

$$d_x = l_x - l_{x+1} \quad (16)$$

El valor de  $K$  es llamado el radiex de la tabla y corresponde al valor  $l_0$ ,  $l_x$  se interpreta como el número de vivos a la edad  $x$  y  $d_x$  es el número de personas que murieron entre la edad  $x$  y la  $x + 1$ .  $l_x$  y  $d_x$  no tienen significado por si solos, ya que el valor de ambas estará siempre en función del radiex seleccionado en la construcción de la Tabla.

El radiex ( $K = l_0$ ) es siempre un número grande (50,000 ó 100,000), pues hay que recordar que el Cálculo Actuarial está fundamentado en la ley de los grandes números.  $S(x)$  es la función de supervivencia. Es una función continua de  $x$ , delimitada en el intervalo  $0 \leq x \leq w$ , la cual decrece del valor  $S(0) = 1$  al valor  $S(w) = 0$ .

$S(x)$  es el punto de partida para construir una tabla de mortalidad analíticamente. Sin embargo, por la dificultad que representa encontrar esta función. La tabla de mortalidad se construye en la práctica a partir de bases empíricas que provienen de estudios estadísticos de los datos de mortalidad.

Cuando la tabla de mortalidad es construída en esta forma, -- normalmente no es posible encontrar una expresión matemática para  $S(x)$  y la tabla de mortalidad constituye por si misma la definición total de los patrones de mortalidad.

Para este caso se tienen las estadísticas de los vivos a la edad  $x$  y de los muertos entre la edad  $x$  y  $x+1$ , para toda  $x$ . Es decir, aquí los vivos serán los concursantes que permanecen en el programa en el momento  $x$  y los muertos los concursantes que salieron del programa entre el momento  $x$  y  $x+1$ , -- sin importar la causa (pérdida o retiro) por la que salieron.

Se tienen los datos de tres de las cuatro columnas de que -- consta una tabla de mortalidad. El valor de  $x$  ya fue precisado,  $l_x$  y  $d_x$  ya fueron identificados como los que están en el programa y los que salieron respectivamente. La columna que hace falta es la de  $q_x$ , que es la probabilidad que tiene una persona de morir a la edad  $x$ . Traduciéndole, es la probabilidad que tiene un concursante de salir del programa en el momento  $x$ .

$$q_x = d_x / l_x \quad (17)$$

En resumen, se tiene: un radiex de 179 concursantes ( $l_0 = 179$ ), los valores de  $l_0$  a  $l_{20}$  y los de  $d_0$  a  $d_{20}$ , y se calcularán mediante la igualdad (17) los valores de  $q_0$  a  $q_{20}$ . Todo esto se muestra en la Tabla 7.

| No. DE PRE-<br>GUNTA | No. DE OPORTU-<br>NIDAD DE RETIRO | MOMENTO | CONCUR-<br>SANTES -<br>DENTRO--<br>DEL PRO-<br>GRAMA. | CONCUR-<br>SANTES-<br>QUE SA-<br>LIERON<br>DEL --<br>PROGRAMA. | PROBABI-<br>LIDAD DE<br>SALIR DEL<br>PROGRAMA |
|----------------------|-----------------------------------|---------|---|--|---|
|                      |                                   | x       | $l_x$   | $d_x$  | $q_x$   |
| 1                    |                                   | 0       | 179   | 0  | 0.0   |
| 2                    | 1                                 | 1       | 179   | 0  | 0.0   |
| 3                    | 2                                 | 2       | 179   | 2  | 0.011173184                                   |
| 4                    | 3                                 | 3       | 177   | 0  | 0.0   |
| 5                    | 4                                 | 4       | 177   | 0  | 0.0   |
| 6                    | 5                                 | 5       | 177   | 0  | 0.0   |
| 7                    | 6                                 | 6       | 177   | 5  | 0.028248587                                   |
| 8                    | 7                                 | 7       | 172   | 0  | 0.0   |
| 9                    | 8                                 | 8       | 172   | 9  | 0.052325581                                   |
| 10                   | 9                                 | 9       | 163   | 0  | 0.0   |
| 11                   | 10                                | 10      | 163   | 4  | 0.024539877                                   |
|                      |                                   | 11      | 159   | 0  | 0.0   |
|                      |                                   | 12      | 159   | 10   | 0.062893081                                   |
|                      |                                   | 13      | 149   | 2  | 0.013422818                                   |
|                      |                                   | 14      | 147   | 16   | 0.108843537                                   |
|                      |                                   | 15      | 131   | 7  | 0.053435114                                   |
|                      |                                   | 16      | 124   | 29   | 0.233870967                                   |
|                      |                                   | 17      | 95  | 9  | 0.094736842                                   |
|                      |                                   | 18      | 86  | 13   | 0.15116279                                    |
|                      |                                   | 19      | 73  | 16   | 0.219178082                                   |
|                      |                                   | 20      | 57  | 3  | 0.052631578                                   |

TABLA 7.- TABLA DE MORTALIDAD

Esta problemática tiene una marcada similitud con las tablas de mortalidad en dos aspectos: que es difícil encontrar una --

función que describa el comportamiento de las probabilidades - (función de supervivencia) y que la metodología estadística es la misma. A pesar de estas coincidencias, esta fundamentación estadística no es tan sólida como la del Cálculo Actuarial, -- pues aquí el radiex es tan sólo de 179.

El turno es ahora para la probabilidad de seleccionar el premio de consolación en efectivo o en algún artículo. Como se - explicó en la sección anterior sólo en el primer caso el patrocinador incurrirá en gasto.

Se extrae del Anexo B el total de concursantes que perdieron - después de la cuarta pregunta y que por lo tanto tienen derecho a premio de consolación, éstos son 84 concursantes. Posteriormente de entre éstos se busca cuántos seleccionaron premio de consolación en efectivo, los cuales son 23. Es decir, la - probabilidad del evento E, que es el conjunto de concursantes - que escogieron premio de consolación en efectivo está dada por la igualdad (9).

$$P(E) = 23/84 = 0.273809523 \quad (18)$$

Antes de concluir la presente sección se comprobará que el número total de apariciones de los concursantes que asume la Tabla 7 es correcto, y que por lo tanto ésta fue bien extraída - del Anexo B. Los concursantes que salieron del sistema entre  $x = 0$  y  $x = 12$ , aparecieron en una sesión. Los concursantes - que salieron del sistema entre  $x = 13$  y  $x = 14$  aparecieron en dos, y así sucesivamente hasta los concursantes que se presentaron cinco veces. Este conteo se hace en la Tabla 7 y se - muestra en la 8.

| No. DE APARI-<br>CIONES. | No. DE CONCUR-<br>SANTES. | TOTAL DE<br>APARICIONES. |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| (1)                      | (2)                       | (1) x (2)=(3)            |
| 1                        | 30                        | 30                       |
| 2                        | 18                        | 36                       |
| 3                        | 36                        | 108                      |
| 4                        | 22                        | 88                       |
| 5                        | 73                        | 365                      |
| SUMA                     | 179                       | 627                      |

TABLA 8.- RESUMEN DE APARICIONES EXTRAIDO DE LA TABLA 7.

Los 73 concursantes que se presentaron cinco veces en la Tabla 8, son los 54 que ganaron el premio mayor más los 19 que salieron del sistema en  $x = 19 \text{ ó } 20$ .

Se puede apreciar que el total de apariciones de la Tabla 8 -- (627) no concuerda con el del Anexo B (631), esto se debe a -- que en el Anexo existen cuatro concursantes marcados con un -- signo "&" que en teoría se debieron haber presentado solamente una vez pero como se terminó el tiempo en esa sesión, fueron citados en la siguiente, estos cuatro concursantes se identifican con los números: 96, 101, 131 y 148:

Los tres conjuntos de probabilidades que se calcularon en esta sección son datos de entrada del programa de cómputo PREMIO, - como se puede apreciar en el Anexo C (Hoja de Datos Leídos).

Los conteos adicionales que se hicieron en las tablas 6 y 8, - sirven para comprobar que las Tablas 3 y 7 fueron extraídas correctamente del Anexo B y en esta forma asegurar que las proba

bilidades fueron obtenidas son fidedignas, ya que una variación en éstas haría que el modelo de simulación arroje resultados in deseables.

### 3.2.2. COMPORTAMIENTO DEL GASTO Y METODOLOGIA EMPLEADA EN LA BUSQUEDA DEL SUBSIDIO OPTIMO.

En esta sección se verá el comportamiento del gasto, se mostrará el algoritmo diseñado para determinar el subsidio semanal -- óptimo y se darán los criterios para proporcionarle a este algoritmo los datos de entrada. Es decir, se explicarán las -- principales relaciones entre los datos y la lógica del programa.

Partiendo del Anexo B se extrae el gasto de cada una de las sesiones durante tres años (156 sesiones), el cual se muestra en la Tabla 10. El gasto de esta tabla no corresponde al del Anexo debido a que este último incluye un período mayor a las 156 semanas.

Para comprobar que el gasto de cada una de las semanas fue -- bien considerado, se recurre a un método alternativo. Esto es, se descontarán del gasto total del Anexo B, todos aquellos premios que hayan sido otorgados con fecha posterior al 11 de Junio de 1974 que es la última fecha que considera la Tabla 10.- Estos premios extemporáneos se muestran a continuación en la -- Tabla 9.

| NUMERO DE CON-<br>CURSANTE | FECHA DE<br>TERMINACION | PREMIO EN<br>EFECTIVO |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 184                        | Jul-02-74               | 32,000.00             |
| 176                        | Jul-09-74               | 32,000.00             |
| 177                        | Jul-09-74               | 64,000.00             |
|                            | SUMA                    | \$ 128,000.00         |

TABLA 9.- PREMIOS OTORGADOS POSTERIORES AL 11 DE JUNIO DE 1974.

| PRIMERO            |                     |               | SEGUNDO   |                     |               | TERCERO   |                     |            |
|--------------------|---------------------|---------------|-----------|---------------------|---------------|-----------|---------------------|------------|
| FECHA              | GASTO               | No. de C.S.S. | FECHA     | GASTO               | No. de C.S.S. | FECHA     | GASTO               | No. C.S.S. |
| Jun-12-71          | 1,536.00            | 3             | Jun-10-72 | 0.00                | 0             | Jun-12-73 | 32,000.00           | 1          |
| Jun-19-71          | 0.00                | 0             | Jun-17-72 | 32,000.00           | 2             | Jun-19-73 | 64,000.00           | 1          |
| Jun-26-71          | 0.00                | 0             | Jun-24-72 | 0.00                | 1             | Jun-26-73 | 0.00                | 1          |
| Jul-03-71          | 0.00                | 0             | Jul-01-72 | 0.00                | 1             | Jul-03-73 | 512.00              | 3          |
| Jul-10-71          | 8,000.00            | 1             | Jul-08-72 | 0.00                | 0             | Jul-10-73 | 0.00                | 0          |
| Jul-17-71          | 148,000.00          | 5             | Jul-15-72 | 0.00                | 0             | Jul-17-73 | 0.00                | 1          |
| Jul-24-71          | 512.00              | 2             | Jul-22-72 | 128,000.00          | 3             | Jul-24-73 | 32,000.00           | 1          |
| Jul-31-71          | 4,000.00            | 1             | Jul-29-72 | 0.00                | 0             | Jul-31-73 | 0.00                | 0          |
| Ago-07-71          | 0.00                | 1             | Ago-05-72 | 32,000.00           | 1             | Ago-07-73 | 96,000.00           | 2          |
| Ago-14-71          | 0.00                | 0             | Ago-12-72 | 0.00                | 1             | Ago-14-73 | 0.00                | 0          |
| Ago-21-74          | 72,000.00           | 2             | Ago-19-72 | 16,000.00           | 1             | Ago-21-73 | 64,000.00           | 1          |
| Ago-28-71          | 80,512.00           | 3             | Ago-26-72 | 0.00                | 1             | Ago-28-73 | 0.00                | 1          |
| Sep-04-71          | 512.00              | 1             | Sep-02-72 | 512.00              | 1             | Sep-04-73 | 0.00                | 0          |
| Sep-11-71          | 32,512.00           | 2             | Sep-09-72 | 0.00                | 0             | Sep-11-73 | 80,000.00           | 2          |
| Sep-18-71          | 0.00                | 0             | Sep-16-72 | 64,000.00           | 2             | Sep-18-73 | 0.00                | 0          |
| Sep-25-71          | 0.00                | 0             | Sep-23-72 | 64,512.00           | 2             | Sep-25-73 | 0.00                | 1          |
| Oct-02-71          | 72,000.00           | 3             | Sep-30-72 | 0.00                | 0             | Oct-02-73 | 16,000.00           | 1          |
| Oct-09-71          | 32,512.00           | 4             | Oct-07-72 | 8,000.00            | 1             | Oct-09-73 | 512.00              | 2          |
| Oct-16-71          | 512.00              | 1             | Oct-14-72 | 0.00                | 0             | Oct-23-73 | 64,000.00           | 1          |
| Oct-23-71          | 0.00                | 1             | Oct-21-72 | 64,000.00           | 1             | Oct-30-73 | 0.00                | 0          |
| Oct-30-71          | 0.00                | 2             | Oct-28-72 | 64,000.00           | 3             | Nov-06-73 | 0.00                | 1          |
| Nov-06-71          | 512.00              | 1             | Nov-04-72 | 0.00                | 0             | Nov-13-73 | 0.00                | 0          |
| Nov-13-71          | 64,000.00           | 1             | Nov-11-72 | 0.00                | 0             | Nov-20-73 | 0.00                | 0          |
| Nov-20-71          | 0.00                | 0             | Nov-18-72 | 0.00                | 0             | Nov-27-73 | 160,000.00          | 3          |
| Nov-27-71          | 16,000.00           | 1             | Nov-25-72 | 16,000.00           | 1             | Dic-04-73 | 0.00                | 0          |
| Dic-04-71          | 64,000.00           | 2             | Dic-02-72 | 128,000.00          | 2             | Dic-11-73 | 32,000.00           | 1          |
| Dic-11-71          | 512.00              | 2             | Dic-09-72 | 64,000.00           | 1             | Dic-18-73 | 0.00                | 1          |
| Dic-18-71          | 512.00              | 1             | Dic-16-72 | 0.00                | 0             | Dic-25-73 | 0.00                | 0          |
| Dic-25-71          | 32,000.00           | 1             | Dic-23-72 | 0.00                | 1             | Ene-01-74 | 32,000.00           | 1          |
| Ene-01-72          | 512.00              | 1             | Dic-30-72 | 0.00                | 1             | Ene-08-74 | 32,000.00           | 1          |
| Ene-08-72          | 0.00                | 0             | Ene-06-73 | 128,000.00          | 2             | Ene-15-74 | 64,000.00           | 1          |
| Ene-15-72          | 64,000.00           | 3             | Ene-13-73 | 0.00                | 1             | Ene-22-74 | 64,000.00           | 2          |
| Ene-22-72          | 0.00                | 0             | Ene-20-73 | 512.00              | 2             | Ene-29-74 | 0.00                | 1          |
| Ene-29-72          | 0.00                | 1             | Ene-27-73 | 8,000.00            | 1             | Feb-05-74 | 512.00              | 1          |
| Feb-05-72          | 0.00                | 0             | Feb-03-73 | 0.00                | 1             | Feb-12-74 | 64,000.00           | 2          |
| Feb-12-72          | 16,000.00           | 1             | Feb-10-73 | 64,512.00           | 3             | Feb-19-74 | 0.00                | 0          |
| Feb-19-72          | 64,000.00           | 1             | Feb-17-73 | 0.00                | 0             | Feb-26-74 | 128,000.00          | 3          |
| Feb-26-72          | 64,000.00           | 1             | Feb-27-73 | 64,000.00           | 1             | Mar-05-74 | 512.00              | 2          |
| Mar-06-72          | 0.00                | 1             | Mar-06-73 | 8,000.00            | 1             | Mar-12-74 | 64,000.00           | 1          |
| Mar-13-72          | 0.00                | 0             | Mar-13-73 | 0.00                | 0             | Mar-19-74 | 64,000.00           | 2          |
| Mar-18-72          | 64,000.00           | 3             | Mar-20-73 | 64,000.00           | 2             | Mar-26-74 | 0.00                | 0          |
| Mar-25-72          | 0.00                | 0             | Mar-27-73 | 0.00                | 0             | Abr-02-74 | 0.00                | 2          |
| Abr-01-72          | 64,000.00           | 1             | Abr-03-73 | 64,000.00           | 1             | Abr-09-74 | 16,512.00           | 4          |
| Abr-08-72          | 0.00                | 0             | Abr-10-73 | 0.00                | 2             | Abr-16-74 | 512.00              | 3          |
| Abr-15-72          | 32,000.00           | 1             | Abr-17-73 | 32,000.00           | 1             | Abr-23-74 | 0.00                | 0          |
| Abr-22-72          | 128,000.00          | 2             | Abr-24-73 | 0.00                | 0             | Abr-30-74 | 0.00                | 1          |
| Abr-29-72          | 0.00                | 0             | May-01-73 | 0.00                | 0             | May-07-74 | 64,000.00           | 1          |
| May-06-72          | 64,000.00           | 2             | May-08-73 | 0.00                | 0             | May-14-74 | 64,000.00           | 3          |
| May-13-72          | 0.00                | 1             | May-15-73 | 128,000.00          | 2             | May-21-74 | 128,000.00          | 2          |
| May-20-72          | 0.00                | 0             | May-22-73 | 64,000.00           | 1             | May-28-74 | 0.00                | 1          |
| May-27-72          | 128,000.00          | 2             | May-29-73 | 0.00                | 1             | Jun-04-74 | 8,000.00            | 2          |
| Jun-03-72          | 0.00                | 0             | Jun-05-73 | 0.00                | 0             | Jun-11-74 | 0.00                | 0          |
| <b>TOTAL ANUAL</b> | <b>1'318,656.00</b> | <b>62</b>     |           | <b>1'306,048.00</b> | <b>49</b>     |           | <b>1'435,072.00</b> | <b>61</b>  |

GASTO TOTAL en los tres años = 4'059,776.00

Total de Concursantes que salieron del sistema (C.S.S.) en los tres años: 17

TABLA 10. GASTO INCURRIDO POR PREMIACION EN CADA UNA DE LAS 156 SESIONES

Se toman de la Tabla 9 los \$ 128,000.00 a descontar del gasto del Anexo B (\$4,187,776.00) y se obtiene \$4,059,776.00 que es la misma cantidad que arroja la Tabla 10. Hay otros cuatro concursantes (172,175,178 y 179) que salieron también del programa fuera de este período, sólo que no se incluyeron en la Tabla 9 debido a que no obtuvieron premio en efectivo. Es decir, en el Anexo existen 179 concursantes menos los siete extemporáneos, dan los 172 que se consideran en la Tabla 10.

Como se puede apreciar en la Tabla 10 el gasto entre sesión y sesión es muy variable y éste es el principal problema para poder determinar un subsidio semanal constante, con las características que se piden en 3.1.1. Para tal fin, se elaboró el programa de cómputo REAL, el cual se basa en las relaciones más relevantes que se trataron en el subcapítulo anterior.

REAL (Anexo A) es un programa determinístico que sigue el comportamiento del gasto y de acuerdo a éste calcula el subsidio semanal óptimo para hacerle frente.

Para calcular el subsidio semanal óptimo cuenta con una subrutina (OPTI), la cual mediante tanteos (iteraciones) va acotando al óptimo hasta que encuentra un valor aproximado. El algoritmo de optimización que ejecutan entre el programa y la subrutina se puede apreciar en la figura 2. Para poder entender esta figura se dará a continuación el significado de las variables incluidas en ella.

SUB.- DATO DE ENTRADA. Es el subsidio semanal a partir -- del cual comenzará a hacer la búsqueda del óptimo. -- Hay que tener cuidado al seleccionar este dato, ya -- que si al introducirlo es mayor que el óptimo (se -- desconoce), no habrá tal proceso de optimización y -- el resultado que arrojará el programa, será el valor

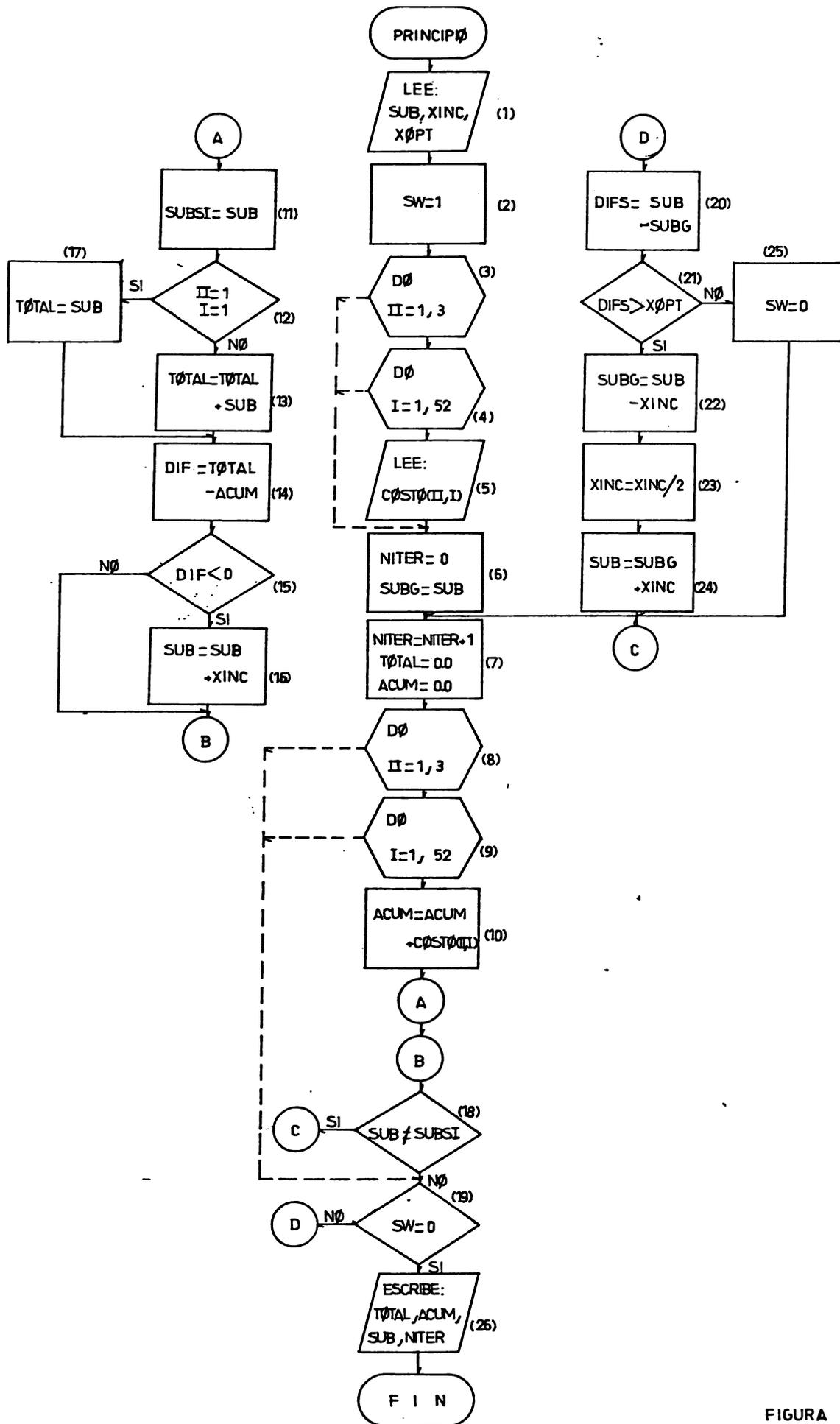


FIGURA 2

que se le asignó a SUB.

XINC.- DATO DE ENTRADA. Es la cantidad en que se incrementa SUB después de cada iteración en la cual se haya encontrado que el valor del subsidio fue insuficiente.- Esta cantidad será incrementada hasta encontrar un subsidio que constituya un fondo mayor en todo momento que el gasto acumulado.

XOPT.- DATO DE ENTRADA. Es la cantidad contra la que se compara el tamaño del intervalo (dentro del que se encuentra el óptimo) y cuando la primera es mayor, se da por terminado el proceso.

SW.- Es un apagador (switch) que cuando cambia su valor de 1 a 0 el proceso hace exactamente una iteración más y busca su fin.

I I.- Es el contador de los años, aquí se consideran 3 años.

I.- Es el contador de las semanas y se consideran 52 semanas por año.

COSTO (II, I). DATO DE ENTRADA (Tabla 10). Es el gasto en que se incurrió en la semana I del año II.

NITER.- Es el contador del número de veces que se ejecutó el proceso en la búsqueda del óptimo..

SUBG.- Es el valor que tenía SUB en la iteración inmediata anterior.

SUBSI.- Al iniciar una iteración su valor es idéntico al de SUB, pero al terminar esta SUB se habrá incrementado en XINC, cuando SUB y SUBSI son iguales al terminar la iteración esto significará que el proceso encontró el óptimo y se realizará exactamente una iteración --

más para apagar el switch (sw = 0) y poder buscar el fin.

TOTAL.- Es el subsidio semanal acumulado hasta la semana I del año II.

ACUM.- Es el gasto semanal acumulado hasta la semana I del año II.

DIF.- Es la diferencia en la semana I del Año II de total menos ACUM. Es decir, es el fondo constituido.

DIFS.- Es la diferencia de SUB menos SUBG.

Lo que hasta aquí se ha mencionado como una iteración, es un recorrido del proceso desde y hasta el bloque 7. XOPT es una constante que se le proporciona al proceso y su función es determinar la exactitud del resultado. Es decir, el resultado del proceso no es el subsidio óptimo, sino una aproximación de éste y la cercanía de ambos depende del valor que se le asigne a XOPT.

Si se selecciona un valor muy pequeño (centavos) para XOPT, el número de iteraciones sería muy grande, al igual que el tiempo de proceso consumido por el programa. Por otra parte, si se escoge un valor grande (cientos de pesos) el resultado se alejaría del óptimo verdadero. Después de hacer varias pruebas en el programa considerando lo anterior se seleccionó un valor de \$140.00 para XOPT.

Una vez determinado XOPT, se asignarán valores para los datos de entrada restantes. Estos son: SUB, XINC, y COSTO (II, I). SUB es el valor a partir del cual el procedimiento inicia la búsqueda del óptimo, como ya se dijo si SUB es mayor que el óptimo desde el inicio no habrá realmente proceso. Por otra parte, si SUB es muy pequeño el proceso incurrirá

en muchas iteraciones.

SUB está en función del gasto y éste (para el programa REAL), - está dado por la TABLA 10. Es fácil deducir que el subsidio se manal óptimo será mayor o igual que el promedio gastado semanal mente, son iguales únicamente cuando el gasto es constante en - las 156 semanas y para todos los casos restantes será mayor. -- Por lo que este promedio (\$26,024.21) es un buen valor para SUB, ya que garantiza que nunca será mayor que el óptimo y además -- asegura que no está muy alejado de éste. Este promedio se re-- dondea y el valor de entrada es SUB = 26,000.00.

XINC debe guardar una proporción con SUB y XOPT. Esta propor-- ción se calculó haciendo varias corridas de prueba y el resulta-- do fue que XINC debe de ser aproximadamente el 2% de SUB (\$520). El valor de entrada asignado es XINC = \$ 500.00.

COSTO (II, I) es el gasto semanal y como ya se dijo está en la- TABLA 10. Como se puede apreciar los datos de entrada del proce-- so de optimización están estrechamente relacionados y guardan - un equilibrio. El descuidar algún aspecto que rompa este equi- librio, se puede traducir en que el proceso requiera de muchas- iteraciones para converger y esto significa tiempo de máquina.

En el Anexo C se puede ver la gráfica que muestra el comporta-- miento del fondo constituido (DIF) a lo largo de las 156 sema-- nas. En la gráfica se puede apreciar que en este período exis- ten tres semanas críticas (la 6, 12 y 153), en las dos primeras el fondo se reduce a \$1,370.25 y en la última disminuye a - - \$ 333.38.

Lo anterior significa, que si el subsidio semanal óptimo - - -- (26,484.28) encontrado por el programa REAL, se disminuye en -- tan sólo \$2.18, ya no sería suficiente para cubrir el punto más

crítico (la semana 153), esto indica que el proceso de optimización incluido el REAL es eficiente.

### 3.2.3. EL METODO DE MONTE CARLO

La técnica de Monte Carlo consiste en dos fases: como obtener un conjunto de números aleatorios y como convertir esos números en muestras aleatorias de alguna distribución de probabilidad específica. En esta sección se verá el programa de cómputo que simula al modelo y las dos fases de Monte Carlo que comprende éste.

Hasta aquí, se hizo un modelo, se tradujo éste a instrucciones de cómputo, se verificó el programa mediante un recorrido histórico. A partir de este programa determinístico se obtuvo uno estocástico. Es decir, se tomó el REAL y las secciones en donde se leía el gasto, fueron sustituidas por instrucciones que simulan aleatoriamente su comportamiento y esto -- dió origen al programa PREMIO.

REAL y PREMIO tienen en común: El período a considerarse -- (tres años) y el proceso de optimización, y únicamente difieren en que el primero lee el gasto y el segundo lo obtiene mediante técnicas de Monte Carlo. El considerar el mismo período en ambos programas facilita la validación.

Las computadoras digitales tienen tres formas de generar números aleatorios, éstas son: previsión externa, generación interna por un proceso físico aleatorio y generación interna de secuencias de dígitos por una relación recurrente. Esta última es la que emplea el programa PREMIO.

Las características deseables para el método de generación de números aleatorios son: los números sean distribuidos uniformemente, estadísticamente independientes, no repetitivos en un recorrido grande, sean generados rápidamente, su generación requiera un mínimo de memoria (CPU) y que el proceso sea reproducible.

Un método que cumple satisfactoriamente con las características deseables es el congruencial, el cual tiene tres clasificaciones: método congruencial aditivo; mixto y multiplicativo. La computadora en que se ejecutó el programa premio en la fase final, fue una Burroughs 6700 (IIMAS), esta computadora tiene una función interna RANDOM (XX) que genera números aleatorios mediante el método congruencial mixto, de aquí que el método adoptado fuera este último.

El método congruencial mixto se basa en la relación:

$$Z_{i+1} = KZ_i + C \pmod{m} \quad (19)$$

La cual es una expresión recursiva que con la selección adecuada del multiplicador y la constante aditiva  $C \neq 0$ , el período cubre todo un conjunto de  $m$  números diferentes cuando se tiene  $a \equiv m$  por el módulo. Este módulo se expresa como  $m = 2^b$  cuando, se emplean computadoras binarias, donde  $b$  es el número de términos binarios que aparecen en una palabra. Para este caso  $b = 39$ ,  $C$  es una constante con valor de 116177073375 y  $K = 152587890725$ , de tal forma que al sustituir en (19) quedará:

$$Z_{i+1} = 152587890725 Z_i + (116177073375) \pmod{2^{39}} \quad (20)$$

Donde:

$$i = 0, 1, 2, \dots \text{ y } 0 \leq Z_i \leq 1 \quad \forall i$$

Cuando  $C = 0$  en la igualdad (20), el método pasa a ser congruencial multiplicativo, éste junto con el mixto son los algoritmos que la mayoría de las marcas de computadoras utilizan, por ser los que mejores resultados arrojan.

Al valor de  $Z_0$  en (20) se le conoce como semilla y es un dato de entrada. Si la semilla no se cambia entre una corrida (de-

PREMIO) y la siguiente los resultados serán exactamente los --  
mismos. Por tal motivo, se implementó una forma automática de  
cambiar la semilla en cada corrida.

Se igualó  $Z_0$  a TIME (1), esta última es una función interna --  
(Mathematical Intrinsics) del computador, la cual toma el tiem  
po al momento de pasar el control del programa por el lugar en  
donde está situada y representa ese tiempo en sesentavos de se  
gundo, mediante la igualdad:

$$Z_0 = (60)^3 h + (60)^2 m + 60 s + r \quad (21)$$

$$Z_0 = 216,000 h + 3,600 m + 60 s + r \quad (22)$$

En donde h, m, s y r son horas, minutos, segundos y sesentavos  
de segundo respectivamente. En resumen, cada vez que el con--  
trol del programa PREMIO encuentre una función RANDOM, se cal--  
culará un número aleatorio en base a la igualdad (20) habiendo  
empleado como semilla  $Z_0$  de (22).

RANDOM está cuatro veces dentro del programa, la primera (en --  
la 5ª sección) está dedicada a determinar el número de concur--  
santes que participarán en la sesión; la segunda (en la 7A) en  
donde se determina para cada concursante si se retira, la ter--  
cera (en la 7B) se decide para cada concursante si perdió y la  
cuarta (en la 7C) en donde se determina para los concursantes--  
que perdieron si optaron por premio de consolación en efectivo  
o muebles.

La segunda fase del Método de Monte Carlo consiste en conver--  
tir los números aleatorios que genera la función RANDOM en --  
muestras aleatorias de una función de probabilidad. Para es--  
tos propósitos, existen tres métodos muy frecuentemente emplea--  
dos, éstos son: el de la transformación inversa, el de rechazo

y el de composición. Sin embargo, ninguno de ellos es el indicado para este caso.

En este trabajo, los números aleatorios son convertidos a muestras aleatorias de una función de probabilidad mediante dos procedimientos similares, pues se trata de dos distribuciones de probabilidad, diferentes. La distribución de probabilidad para seleccionar el número de concursantes que participarán en una sesión es distinta a la distribución de probabilidad que determina si un concursante perdió, se retiró y obtuvo premio de consolación. Sin embargo, ambas distribuciones son discretas.

La distribución de probabilidad que determina el número de concursantes que participan en una sesión se trató en la sección 3.2.1 y en la Tabla 5 se muestran estas probabilidades. Es decir, sea  $x_j$  una variable aleatoria que puede tomar cinco valores diferentes ( $j = 0, 1, 2, 3, 4$ ), la probabilidad del valor  $x_j$  está dada por  $p(x_j)$  ( $P(E)$  de la Tabla 5) y la probabilidad acumulativa es  $P(x_j)$ . Esto se muestra a continuación en la Tabla 11.

| NUMERO DE<br>CONCURSANTES | FRECUENCIAS | DISTRIBUCION<br>DE PROBABILIDAD | DISTRIBUCION<br>ACUMULATIVA |
|---------------------------|-------------|---------------------------------|-----------------------------|
| $x_j$                     | $m_j$       | $p(x_j)$                        | $P(x_j)$                    |
| 2                         | 0           | 0                               | 0                           |
| 3                         | 44          | 0.2820513                       | 0.2820513                   |
| 4                         | 86          | 0.5512820                       | 0.8333333                   |
| 5                         | 19          | 0.1217949                       | 0.9551282                   |
| 6                         | 7           | 0.0448712                       | 1.0000000                   |

TABLA 11.- DETERMINACION DEL NUMERO DE CONCURSANTES EN LAS SESIONES.

Se toma un número aleatorio  $Z_i$  y se compara contra  $P(x_j)$ , si el número cae en el intervalo  $P(x_j) < Z_i \leq P(x_{j+1})$ , se tomará el valor correspondiente  $x_{j+1}$  como el resultado deseado. Por ejemplo, se extrae un número aleatorio  $Z_i = 0.1728$  y se compara contra  $P(x_j)$ , como el número cae en el intervalo  $P(x_0) < 0.1728 \leq P(x_1)$ , se toma el valor correspondiente  $x_1 = 3$ .

La distribución de probabilidad que determina si un concursante perdió, se retiró y obtuvo premio de consolación es una Bernoulli. En donde,  $Y$  sólo puede tomar dos valores diferentes, por ejemplo, retirarse o continuar. El valor de  $Y$  será asignado de acuerdo a la Regla:

$$Y = \begin{cases} 0 & 0 \leq Z_i \leq q_x \\ 1 & q_x < Z_i \leq 1 \end{cases} \quad (23)$$

Como  $\text{Prob}(0 < Z_i \leq q_x) = q_x$  y  $\text{Prob}(q_x < Z_i \leq 1) = 1 - q_x$  es claro que se puede generar un evento  $Y$  con la Ley de probabilidades prescrita.

$q_x$  ( $x = 0, 1, 2, \dots, 20$ ) son las probabilidades de salir del programa que se muestran en la Tabla 7. Para cada valor diferente de  $x$  el valor de  $q_x$  cambia. Por lo tanto, se tienen 21 distribuciones Bernoulli distintas que siguen la regla planteada en (23), cuando  $Y = 0$  significará que el concursante salió del programa.

La Bernoulli que determina si un concursante seleccionó premio de consolación en efectivo o en muebles se plantea con la probabilidad de la igualdad (18) (Sección 3.2.1). Cuando  $Y = 0$  significará que el concursante seleccionó premio de consolación en efectivo.

Si por ejemplo se tiene un concursante que va a responder la -  
pregunta 9 ( $x = 16$ , ver Tabla 7) y se extrae un número aleato-  
rio  $Z_i = 0.2118$ , el concursante habrá perdido, ya que  
 $0 < 0.2118 \leq 0.2338$  y como consecuencia  $Y = 0$ .

4 EVALUACION DEL MODELO Y SOLUCION  
AL PROBLEMA

•

#### 4.1 ANALISIS DE RESULTADOS Y VALIDACION

El programa REAL es una fiel reproducción de lo que aconteció en los tres años que se tienen de experiencia, sus datos de entrada son los del Anexo B y su resultado (el óptimo encontrado \$ 26,484.38) corresponde a la solución financiera para este período. Es decir, si los organizadores antes de iniciar el curso, hubieran preguntado: ¿cuál es el subsidio semanal constante y óptimo que debemos aportar?, y alguien les hubiera respondido \$ 26,484.38, todo habría resultado perfecto.

Sin embargo, ese óptimo a pesar de provenir directamente de los datos reales y de ser la solución para estos, es poco confiable como respuesta definitiva, debido a que es para un período de tres años y lo que aquí se pretende es la cantidad semanal óptima sin restricciones de tiempo. Precisamente para superar esto se hizo el programa de simulación (PREMIO), el cual contribuye ampliando la información. Es decir, en vez de tener un escenario limitado a una experiencia de 156 semanas (datos del REAL, Anexo B) y una solución óptima, ahora se tienen 10 simulaciones de 156 semanas cada una y por consiguiente 10 soluciones óptimas, las cuales contribuirán en la búsqueda de una respuesta definitiva estadísticamente más confiable.

Antes de proporcionar la solución (4.2), se validará mediante una prueba estadística de hipótesis que no existe diferencia significativa entre los resultados reales y los de la simulación, en el Anexo C se muestran los resultados del REAL y un ejemplo (una corrida) de los resultados del programa de simulación (PREMIO); a continuación en la Tabla 12 se sintetizan los resultados de los programas de cómputo.

| <u>PROGRAMA</u> | <u>No. DE MUESTRA</u> | <u>M E D I A</u>                   | <u>OPTIMO</u>                      |
|-----------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| REAL            | (CORRIDA)             | (x)                                | (O)                                |
|                 |                       | 26,024.21                          | 26,484.38                          |
| PREMIO          | 1                     | 27,001.85                          | 28,875.00                          |
|                 | 2                     | 29,754.05                          | 39,125.00                          |
|                 | 3                     | 25,206.97                          | 30,609.38                          |
|                 | 4                     | 24,617.23                          | 27,000.00                          |
|                 | 5                     | 23,755.28                          | 29,775.00                          |
|                 | 6                     | 26,655.38                          | 27,046.88                          |
|                 | 7                     | 27,376.62                          | 38,218.75                          |
|                 | 8                     | 29,460.10                          | 30,156.25                          |
|                 | 9                     | 25,889.44                          | 27,037.50                          |
|                 | 10                    | 26,828.92                          | 27,156.25                          |
|                 |                       | $\sum_{j=1}^{10} x_j = 266,545.84$ | $\sum_{i=1}^{10} O_i = 305,000.01$ |

TABLA 12.- RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS REAL Y PREMIO.

La prueba estadística de hipótesis con que se validará, utiliza la distribución t, por tal motivo se justificará su empleo y se dará una breve descripción de ésta.

Cuando se construye un intervalo de confianza (O se prueba -- una hipótesis) para la media de una población y se tiene una muestra pequeña ( $n < 30$ ), el teorema central del límite no puede ser aplicado. En una situación como ésta sólo es posible construir el intervalo bajo el supuesto de que la población se distribuye normalmente.

Por otra parte, cuando se intenta construir un intervalo de confianza para la media poblacional ( $\mu$ ) y se desconoce la desviación estandar  $\sigma$ , caso muy frecuente por cierto se deberá emplear la distribución t en vez de la distribución normal. En resumen, cuando n es pequeña, se supone normalidad de la

población y se desconoce  $\sigma$ , lo indicado es usar una distribución t.

Es claro que éste es nuestro caso, ya que n es pequeña (se tomará como unidad muestral cada corrida de la simulación y se tienen 10), se desconoce la desviación estandar poblacional  $\sigma$  y no existe ningún inconveniente para asumir que la población se distribuye normalmente.

Si se toma una normal estandar con desviación estándar desconocida y bajo el supuesto de que la media muestral  $\bar{x}$  se distribuye normalmente se tendrá:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_x}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{\bar{x} - \mu_x}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (1)$$

Donde  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  es la desviación estandar de la variable  $\bar{x}$  y es igual a  $\sigma / \sqrt{n}$ , siendo  $\sigma$  la desviación estándar de la variable aleatoria x.

Como  $\sigma$  es desconocida, se reemplaza por el valor de s, que es la desviación estándar de la muestra, por lo que el error estandar de la media muestral ( $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ) se estimaba como  $s / \sqrt{n}$  y se generará una nueva transformación a partir de la anterior.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_x}{s / \sqrt{n}} \quad (2)$$

La nueva transformación, ya no convertirá a  $\bar{x}$  en una distribución normal estándar, aunque la distribución de  $\bar{x}$  sea normal, la transformación no producirá valores de Z dado que se usó en el cálculo la desviación estándar muestral s en vez de la poblacional  $\sigma$ . Por lo tanto la transformación de  $\bar{x}$  es ahora una

distribución t, pero únicamente para los casos en que x se distribuye normalmente.

La distribución t es más bien una familia de distribuciones -- probabilísticas, continuas y que son similares en apariencia a la distribución normal estándar. Tienen forma de campana y al igual que la normal son unimodales y simétricas. Además, existe una distribución t diferente para cada tamaño de muestra, en donde el parámetro de diferenciación para cada elemento de la familia es llamado grados de libertad (\*), y se representa con la letra v. Una distribución t queda determinada de manera única por sus grados de libertad ( $v = n - 1$ ).

A medida que los grados de libertad se incrementan, la distribución t se aproxima a una normal y cuando  $v \rightarrow \infty$  la distribución t se convierte en una normal. Para fines prácticos se considera que cuando  $v \geq 30$  la distribución t es igual a la normal.

A continuación se probará que no existe diferencia significativa entre la media de los resultados reales y una media compuesta de las diez corridas de la simulación. La prueba de hipótesis se llevará a cabo con un nivel de significancia del 5%. Es decir, se tratará de probar que para un 95% de los casos -- las medias no difieren significativamente. Los datos necesarios se encuentran en la Tabla 13, y la validación del modelo es como sigue:

$$H_N : \mu = 26,024.21$$

$$H_A : \mu \neq 26,024.21$$

La media compuesta de las diez corridas es:

\*) El concepto de grados de libertad se refiere al número de desviaciones independientes empleadas en la estimación de la desviación estándar -- muestral, hay n-1 desviaciones independientes, porque x ha sido calculada de la muestra, y por lo tanto n-1 grados de libertad están asociados con su uso.

$$\bar{x}_c = \frac{\sum_{i=1}^{10} \bar{x}_i}{n} = \frac{266,545.84}{10} = 26,654.58 \quad (3)$$

La varianza y la desviación estándar son:

$$s_c^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1} = \frac{7\,138\,056\,223.6 - \frac{(266,545.84)^2}{10}}{10 - 1}$$

$$= 3,709,749.0 \quad (4)$$

$$s_c = 1,926.07 \quad (5)$$

| <u>No. de muestra</u> | <u><math>\bar{x}^2</math></u>     |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1                     | 729 099 903.4                     |
| 2                     | 885 303 491.4                     |
| 3                     | 635 391 336.6                     |
| 4                     | 606 008 012.9                     |
| 5                     | 564 313 327.9                     |
| 6                     | 710 509 282.9                     |
| 7                     | 749 479 322.6                     |
| 8                     | 867 897 492.0                     |
| 9                     | 670 263 103.5                     |
| 10                    | 719 790 948.4                     |
|                       | $\sum x_i^2 = 7\,138\,056\,223.6$ |

TABLA 13. CUADRADO DE LAS MEDIAS

El valor de t se obtiene sustituyendo los valores en la igualdad (2):

$$t = \frac{\bar{x}_c - \mu_{\bar{x}}}{S_c / \sqrt{n}} = \frac{26,654.58 - 26,024.21}{1,926.07 / \sqrt{10}} = 1.0349 \quad (6)$$

Se busca en tablas el valor de p correspondiente a  $t = 1.0349$ . Es decir, se busca en tablas la probabilidad (el área bajo la curva) que corresponde a  $t$  calculada, con  $v = n - 1 = 9$  grados de Libertad. El valor para  $p = 2$  ( $0.14435$ ) =  $0.2887$  (\*).

Como el valor de  $p = 0.2887$  es mayor que el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  la hipótesis nula no se rechaza. Esto se interpreta como la aceptación de no existir diferencia significativa entre la media poblacional y la media muestral. Por lo tanto se valida el hecho de que el programa PREMIO es un simulador adecuado de la realidad.

(\*) Este valor es el resultado de la interpolación entre 0.1717 para  $t = 1.0$  y 0.1499 para  $t = 1.1$ . El factor 2, es usado para convertir la probabilidad de una cola en dos colas.

## 4.2. SOLUCION

En la sección anterior se validó el modelo y en esta sección se encontrará la solución al problema que se planteó en esta tesis. La validación permite, bajo un nivel de confianza - - asignado, tomar los diez valores óptimos proporcionados por el modelo y a partir de éstos obtener la solución definitiva.

Se toman los diez valores y se calcula la media aritmética de ellos, siendo esta media el óptimo compuesto que será la solución definitiva, siempre y cuando soporte una prueba estadística de hipótesis diseñada para demostrar que esta solución cumple con las características requeridas en el capítulo 3 -- (sección 3.1.1.).

En la sección 3.1.1. se pide que la solución sea óptima, es decir, que sea mínima y que sea suficiente y eso deberá incluir la prueba de hipótesis. Esta prueba, en cuanto a su -- concepción estadística será análoga a la empleada en la validación, sólo que ahora se intentará probar que el óptimo compuesto (muestral) será ligeramente mayor que el extremo superior del intervalo de confianza construido para el óptimo poblacional, con una probabilidad asignada.

En la prueba estadística se está considerando que la solución sea óptima, ya que al pedir que la solución sea mayor que el extremo se está tomando en cuenta la restricción de suficiencia y al incluir que sea ligeramente mayor que ese extremo se está diciendo que sea mínima.

A continuación se probará que el óptimo compuesto (muestral) es mayor que el óptimo poblacional. La prueba de hipótesis se llevará a cabo con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ . Es decir, se tratará de probar que en al menos el 97.5% de los -

casos el estimador muestral será mayor que el óptimo poblacional. Sin embargo, la prueba se hará indirectamente. Los datos necesarios se encontrarán en la Tabla 12.

$$H_N : O_R = 26,484.38$$

$$H_A : O_R \neq 26,484.38$$

El óptimo compuesto de las diez corridas es:

$$O_c = \frac{\sum_{i=1}^{10} O_i}{10} = \frac{305,000.01}{10} = 30,500.00 \quad (1)$$

La varianza y la desviación estándar son:

$$s_c^2 = \frac{\sum O^2 - \frac{(\sum O)^2}{n}}{n-1} = \frac{9487110323.2 - \frac{(305,000.01)^2}{10}}{9} = 20,512,190.33 \quad (2)$$

$$s_c = 4,529.04$$

| <u>No. de MUESTRA</u> | <u>O<sup>2</sup></u> |
|-----------------------|----------------------|
| 1                     | 833,765,625.0        |
| 2                     | 1'530,765,625.0      |
| 3                     | 936 934 144.0        |
| 4                     | 729 000 000.0        |
| 5                     | 886 550 625.0        |
| 6                     | 731 533 717.7        |
| 7                     | 1 460 672 852.0      |
| 8                     | 909 399 414.1        |
| 9                     | 731 026 406.3        |
| 10                    | <u>737 461 914.1</u> |
|                       | 9 487 110 323.2      |

TABLA 14.- CUADRADOS DE LOS OPTIMOS.

El valor de  $t$  se obtiene sustituyendo los valores en la igualdad:

$$t = \frac{O_c - O_r}{s_c / \sqrt{n}} = \frac{30,500.00 - 26,484.38}{4,529.04 / \sqrt{10}} = 2.8038 \quad (4)$$

Se busca en tablas el valor de  $p$  correspondiente a  $t = 2.8038$ . Es decir se busca en tablas la probabilidad que corresponde a  $t$  calculada, con  $v = n-1 = 9$  grados de libertad. El valor para  $p = 2$  (.0103392) = 0.02068 (\*).

Como el valor de  $p = 0.02068$  es menor que el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  la hipótesis nula se rechaza. Esto se interpreta como la aceptación de existir diferencia significativa entre el óptimo poblacional y el muestral. Es decir,  $O_c = 30,500$  es ligeramente mayor al extremo superior del intervalo de confianza construido para el óptimo poblacional, el cual quedaría en la siguiente forma:

$$\begin{aligned} O_r + t \frac{s_c}{n} &= 26,484.38 + (2.8038) (4,529.04 / \sqrt{10}) = \\ &= 29,726.66 \end{aligned} \quad (5)$$

Para  $v = 10 - 1 = 9$  grados de libertad.

La solución que se obtiene ( $O_c = 30,500.00$ ) excede en 773.34 al límite superior del intervalo. Esto significa que esta solución cubre el gasto para más del 97.5% de las semanas del concurso. Si se hace el cálculo del porcentaje de cobertura de  $O_c$ , se tendrá que es en el 97.93% de los casos, lo cual es adecuado para estos propósitos, ya que el pretender cubrir --

(\*) El valor es el resultado de la interpolación entre 0.0104 para  $t = 2.8$  y 0.0088 para  $t = 2.9$ . El factor 2 es usado para convertir la probabilidad de una cola en dos colas.

con un porcentaje mayor, se traduce en incrementar la solución.

Por ejemplo, si en vez de calcular la solución como una media de las diez corridas, se hubiera obtenido ésta tomando la corrida que tuviera el óptimo más grande, se hubiera seleccionado  $O_2 = 39,125.00$  (ver Tabla 12) y con esta cantidad se hubieran cubierto fácilmente las 1560 semanas muestreadas por la simulación y además se habría inferido con un porcentaje superior al 99% que esta cantidad sería suficiente. Esto aparentemente se ve bien, sin embargo, se está dejando a un lado la restricción de que el subsidio sea mínimo.

Por todo lo anterior, se puede concluir que la cantidad que se da como solución, \$ 30,500.00, es un óptimo de acuerdo a nuestros propósitos, ya que es suficiente en un alto porcentaje de los casos (97.93%) y además es mínimo. Es decir, la solución es un equilibrio entre riesgo de cobertura y tamaño del subsidio. Obviamente, la solución no es única, pues dependerá de la propensión al riesgo que tenga el tomador de decisiones.

## 5 CONCLUSIONES

## 5 CONCLUSIONES

Uno de los principales problemas que se enfrentaron en esta tesis fue el poder precisar el realismo a incorporar en el modelo de simulación, ya que la incorporación excesiva de elementos produce modelos demasiado grandes y difíciles de manejar. Como contraparte está el diseñar modelos muy triviales de sistemas complejos, estos modelos tampoco representan satisfactoriamente al sistema por no incorporar algunos elementos relevantes de éste.

La tarea de buscar un óptimo en la incorporación de elementos de la realidad al modelo, no es una labor trivial. Es más bien un trabajo delicado que requiere un buen conocimiento del sistema que se pretende simular, y además una amplia experiencia desarrollando modelos de simulación.

El diseño de experimentos ayuda bastante a solvenar la problemática anterior, ya que estudia las bases teóricas y racionales para seguir ciertas tácticas que minimizan el número de experimentos y mejoran tanto los diseños como los resultados. Desafortunadamente, en un principio por desconocimiento y posteriormente por ser demasiado tarde no se empleó esta técnica al planear los experimentos del modelo.

La simulación como una Técnica de Investigación de Operaciones que incluye conceptos de sistemas, probabilidades, estadística, computación es una herramienta poderosa en la solución de problemas que además presenta muchas ventajas, por todo esto se seleccionó esta metodología para resolver este problema. Sin embargo, esto no significa que ésta sea la única técnica existente para solucionar el problema, ni tampoco que sea la mejor.

El modelo de simulación que se construyó es lo suficientemente flexible para ser adaptado al resolver algún problema similar en donde por ejemplo la tabla de premios y algunas otras variables cambien. Además el programa está dotado de una subrutina financiera (llamada FINA), la cual es capaz de calcular intereses a las tasas que se le indique.

La subrutina financiera aunque se hizo y se incluyó, no se empleó en esta tesis, ya que se trabajó bajo el supuesto de que el subsidio semanal se depositaba en una cuenta de cheques. -- Por lo que si en una aplicación futura el subsidio se depositara en algún tipo de cuenta más atractiva el programa lo preve.

Este trabajo está dividido básicamente en dos partes, la primera de ellas (capítulo 2) que es la teórica y sirve como punto de partida de la segunda (capítulos 3 y 4) que es la práctica. Aunque si se enfoca desde el punto de vista de que no hay nada más práctico que una buena teoría, ambas serán prácticas.

La validez de este modelo queda sujeta a las leyes de la probabilidad debido a los supuestos hechos en donde las inferencias inductivas se consideraron siempre con cierto grado de probabilidad.

El concepto de validación debe ser considerado como un concepto de grado y no como una decisión binaria donde el modelo es válido o inválido. Es decir, la validez de un modelo se representa en una escala de 0 a 1, donde 0 representa la absoluta invalidez y 1 la absoluta validez. Es decir, la validación -- practicada (capítulo 4) sólo permite afirmar que el modelo se encuentra más próximo al 1 que al 0.

Cuando el grado de validez de un modelo se incrementa, el costo de éste también lo hace, por lo que todo modelo tiene un óp

timo de costo-beneficio. En este modelo el óptimo fue rebazado hace tiempo, ya que si hubiera costado a los organizadores, no se le hubiera dedicado tanto tiempo, recursos y esfuerzo.

A N E X O S

A N E X O A

PROGRAMAS DE COMPUTO "REAL" Y "PREMIO"

PROGRAMA DE COMPUTO REAL

REAL

PROGRAMA DE CONCURSO EN TELEVISION

LA SECCION - DEFINICION DE VARIABLES

DIMENSION I(3,52)
DIMENSION A(10,5)
INTEGER PRECISION COST,COSTC(3,52),COSTS1,TITULO(3),STOT(4),TOT(4)
DATA TITULO/7H.PRIMER,7H.SEGUNDO,7H.TERCER/

2A SECCION - LECTURA DE DATOS

READ (5,1000) SUB,XINT,XINC,XCPT
10 FORMAT (F10.4,F7.6,F6.2,F5.1)
READ (5,2000) SW
20 FORMAT (3X,I1)
DO 20 I=1,3
30 READ (5,3000) (COSTC(I,I),I=1,52)
40 FORMAT (10F8.1)
WRITE (6,100)
50 FORMAT (27X,25-I-T-L-A-C-I-O-N-F-I-N-A-N-C-I-E-R
A--> //)

3A SECCION - INICIALIZACION DE VARIABLES.

NITER=0
SURG=SUB
UINT1=0.0
10 DO 10 J=1,52
AC(J)=J\*\*53\*104
KCCR=0
NITER=NITER+1
COSTS1=0.0
TOTAL=0.0
ACUM=0.0
DO 50 I=1,3
CLS=0.0
YZ=I+1
STOT(I)=0.0
TOT(I)=0.0
CINT=0.0

Vertical column of characters and symbols, possibly a control stream or a specific data output, including 'START', 'FORMAT', and 'EVENT'.









PROGRAMA DE COMPUTO PREMIO





```

30  PC 30 J2=1,10
    CF1(J2)=0.0
    CL 40 J=1,11
    CF1(J)=0.0
40  S1(J)=0
    TOTAL=0.0
    ACUM=0.0
    IF IJA=0
    DL 50 I1=1,3
    CLAI=0
    CEST=0.0
    CG=0
    I2=I1+1
    SICT(I)=0.0
    TOT(I)=0.0
    CINT=0.0
    CF(I,I,1)=0
    SCF(I,I)=0
    SCR(I,I)=0
    SS(I)=0
60  DCC 60 J2=1,10
    CR(I1,J2)=0
    DL 70 J=1,11
    SCJ)=0.0
70  CF(I1,J)=0
    IF (SW.EQ.1) GO TO 17
    IF (KSW.EQ.0) GO TO 17
    WRITE (6,900) TITULO(I1)
900  FORMAT (//,41X,2* RESULTADOS DEL 2, A7,2 ANO *2)
17  CONTINUE
    DCC 80 I=1,52
    IF IJA=IF IJA+1
    R=0
    CUSTO(I)=0.0
    .....

```

```

54  SECCION *- SE DETERMINA EL NUMERO DE CONCURSANTES QUE PARTICIPARAN
    IF (SW1.EQ.0) GO TO 75
    Z1(JL)=RANDOM(4X)
75  Z=Z1(JL)
    JL=JL+1
    IF (P1(1) .LT. Z .AND. Z .LE. P1(2)) KRRR=43
    IF (P1(2) .LT. Z .AND. Z .LE. P1(3)) KRRR=44
    IF (P1(3) .LT. Z .AND. Z .LE. P1(4)) KRRR=45
    IF (P1(4) .LT. Z .AND. Z .LE. P1(5)) KRRR=46
    IF (I1.EQ.1 .AND. I.EQ.1) GO TO 4
    .....

```

```

64  SECCION *- SE DETERMINAN QUE SE CONCIERTAN (ESTABLECEN AL NUMERO DE REDEBE
    CILATE).
    K=0
    DL 90 L2=1,5
    L3=L2+1
    DL 90 L1=L3
    IF (IFTA(L2)=IFTA(L1)) 3,90,90

```

Vertical column of symbols and characters on the right side of the page, possibly representing a barcode or a specific data stream.

```

1 NT1=IETA(L2)
  NT2=IE(L2)
  NT3=IFS(L2)
  IETA(L2)=IETA(L1)
  IE(L2)=IE(L1)
  ILS(L2)=IES(L1)
  IETA(L1)=NT1
  IE(L1)=NT2
  IFS(L1)=NT3
  KC=KC+1
2 CONTINUE
  IF (KC .NE. 0) GO TO 2
  K=K+1
  .....
```

```

4 SECCION 7 A.- SE SIMULA UNA SESION CONCURSANTE POR CONCURSANTE.
  IF (K .GT. KR) GO TO 13
  J=IETA(K)
  IF (IETA(K) .EQ. 1) CONT=CONT+1
  IF (IETA(K) .EQ. 1) GO TO 6
  .....
```

SUBSECCION 7 A.- SE DETERMINA SI EL CONCURSANTE I DADO CON UN TESTO SATISFACTORIAMENTE LA PREGUNTA J=1 SIGUIENDO SE RETIRA PARA LA PREGUNTA J.

```

6 IF (SW1 .EQ. 0) GO TO 76
  Z1(JL)=RANDOM(XX)
  Z=Z1(JL)
  JI=JL+1
  J2=J-1
  IF (Z .GE. 0.0 .AND. Z .LE. P(J2)) GO TO 9
  .....
```

SUBSECCION 7 B.- SE DETERMINA SI EL CONCURSANTE I DADO QUE RESPONDE CONTINUAR EN LA SUBSECCION 7 A) CONTESTA O NO.

```

6 IF (SW1 .EQ. 0) GO TO 77
  Z1(JL)=RANDOM(XX)
  Z=Z1(JL)
  JI=JL+1
  IF (Z .GE. 0.0 .AND. Z .LE. P(J)) GO TO 7
  IE(K)=J
  IESCK)=C2
  IETA(K)=IETA(K)+1
  I=IETA(K)
  IF (I .GT. 11) GO TO 9
  IF (IFIA(K) .GT. 7) GO TO 4
  GO TO 5
7 CP(II,J)=CP(II,J)+1
  IF (J .LT. 4) GO TO 4
  .....
```

SUBSECCION 7 C.- SE DETERMINA SI EL CONCURSANTE I DADO JLE PERDIO DESFA EL PREMIO DE CONSOLACION O ESCOGE REGALOS SUBSTITUTOS.

```

IF (SW1 .EQ. 0) GO TO 78
```

Vertical text on the right side of the page, possibly a page number or reference, appearing as a column of characters.

```

70 Z=Z1(JC)
   J1=JL+1
   IF (Z GE 0.0 AND Z LE 0.273809) COSTO(I)=COSTO(I)+PREM2(I)
   IES(K)=CO
   IETACK)=1
   GO TO 4
9   J2=J1+(L/12)
   CR(I1,J2)=CR(I1,J2)+1
   COSTO(I)=COSTO(I)+PREM(J21)
   IF (L=11.12) GO TO 11
   IES(K)=J1
   CR(I1,J2)=CR(I1,J2)-1
   CG=CG+1
   I=1
   IES(K)=C3
   GO TO 12
11 IES(K)=J2
12 IETACK)=1
   GO TO 4
13 IF (SW.EQ.1) GO TO 16
   IF (KSW.EQ.0) GO TO 16
   .....

```

80 SECCION - IMPRESION DE RESULTADOS:  
 SUBSECCION B A.-SE IMPRIMEN RESULTADOS SEMANALES:

```

01 WRITE (6,901) I,COSTO(I)
   FORMAT (7Y,2SEMANA2,3X,I3,10X,2GASTO2,3X,D17.7)
25 WRITE (6,902) K,IES(K),IES(K)
22 FORMAT (7X,2PERSONA2,3X,I3,5X,2PREGUNTA2,3X,I3,5X,2ESTADO2,3X,A7)
16 CONTINUE
   ACCUM=ACUM+COSTO(I)
   COST=COST+COSTO(I)
   CALL FINACA(ACUM,I,SUB,SUBST,XINC,XINT,KCOR,TOTAL,IA,LA,LIF)
   IF (SUB.NE.SBSI) GO TO 1
   IF (SW.EQ.1) GO TO 80
   LR=(I1+I)*52+1
   LR1=LR+52-1
   DO 110 JS1=LR,LR1
10 X(JS1)=COSTO(LR2)
   HC(I,1)=A(I)
20 CONTINUE
   IF (SW.EQ.1) GO TO 50
   COSTS=COST/52
   CONT1=CONT1+CONT
   STOT(I2)=TOTAL
   TCT(I2)=STOT(I2)-STOT(I1)
   TCT(I1)=TCT(I2)
   DO 120 J=1,11
   SCR(I1)=SCR(I1)+CP(I1,J)
   CP1(J)=CP1(J)+CP(I1,J)
   SJ(J)=CP(I1,J)+CP(I1,J)
   SI(J)=SI(J)+S(J)
20 SS(I1)=SS(I1)+S(J)

```

Vertical column of characters on the right side of the page, possibly representing a page number or a specific data column.

```

CR1(J2)=CR1(J2)+CR(II,J2)
30 SCF(II)=SCF(II)+CR(II,J2)
CR1(II)=0.0
CG1=CG1+CG
U1A1=TOT(II)-(F2*(S4B))
.....

```

SUBSECCION B R.-SE IMPRIME RESULTADOS ANUALES.

```

00 WRITE(6,1100) TITULO(II)
*FORMAT(1H1,3V,X*2)
*PRINT A SUBALTA DE SE SU M EN D E L 2, A 7, 2 A N G * 2,
* C O N C U R S A L T E S 2, 7, 15X, 2 D R T A M I E N I O D E L C S.
*
*12X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*30X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*
*9X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*30X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //

```

```

00 WRITE(6,1200)
*FORMAT(1H1,3V,X*2)
*PRINT A SUBALTA DE SE SU M EN D E L 2, A 7, 2 A N G * 2,
* C O N C U R S A L T E S 2, 7, 15X, 2 D R T A M I E N I O D E L C S.
*
*12X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*30X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*
*9X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*30X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //

```

```

00 WRITE(6,1300)
*FORMAT(1H1,3V,X*2)
*PRINT A SUBALTA DE SE SU M EN D E L 2, A 7, 2 A N G * 2,
* C O N C U R S A L T E S 2, 7, 15X, 2 D R T A M I E N I O D E L C S.
*
*12X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*30X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*
*9X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*30X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //

```

```

00 WRITE(6,1600) TOT(II)*U1A1*CGST*CGSTS*(52)
*FORMAT(9X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*30X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*
*9X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //
*30X,M N U M E R O D E V, 15X,X F R E C U E N C I A D E V, //

```

SUBSECCION B C.-SE LLAMA LA SUBROUTINA CPTI O SE CALCULAN

```

50 AF=A(52)
CONTINUE
IF(SW.EQ.0) GO TO 14
CALL CPTI(DIFS,SUB,SUBG,SW,XINC,XOPT)
GO TO 1
14 COSTS1=ACU1/15*
COSTS2=COST1
SUMA=0.0
DO 145 JX=1,11
IF(JX=1) G1=01.00

```

Vertical text on the right side of the page, possibly a page number or reference code, appearing as a column of characters.









A N E X O B

F U E N T E E S T A D I S T I C A

RELACION DE CONCURSANTES QUE PARTICIPARON EN EL  
PROGRAMA

| de<br>cur<br>te | FECHAS DE |             | RESULTADO    | No. de<br>presen-<br>taciones. | P R E M I O S |         |           |
|-----------------|-----------|-------------|--------------|--------------------------------|---------------|---------|-----------|
|                 | Inicio    | Terminación |              |                                | Estufa        | Colchón | Efectivo  |
|                 | Jun-12-71 | Jun-12-71   | Perdió 7a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Jun-12-71 | Jun-12-71   | Perdió 7a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Jun-12-71 | Jun-12-71   | Perdió 6a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Jun-12-71 | Jul-17-71   | PREMIO MAYOR | 5                              |               |         | 64,000.00 |
|                 | Jun-19-71 | Jul-17-71   | Retiro 7a    | 2                              |               |         | 4,000.00  |
|                 | Jun-19-71 | Jul-17-71   | PREMIO MAYOR | 5                              |               |         | 64,000.00 |
|                 | Jun-19-71 | Jul-17-71   | Retiro 9a    | 4                              |               |         | 16,000.00 |
|                 | Jun-26-71 | Jul-10-71   | Retiro 8a    | 3                              |               |         | 8,000.00  |
|                 | Jun-26-71 | Jul-17-71   | Perdió 9a    | 3                              | 1             | 1       | 0.00      |
|                 | Jul-10-71 | Jul-24-71   | Perdió 9a    | 3                              | 1             | 1       | 0.00      |
|                 | Jul-24-71 | Jul-31-71   | Retiro 7a    | 2                              |               |         | 4,000.00  |
|                 | Jul-24-71 | Jul-24-71   | Perdió 5a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Jul-24-71 | Ago-21-71   | PREMIO MAYOR | 5                              |               |         | 64,000.00 |
|                 | Jul-31-71 | Ago-28-71   | PREMIO MAYOR | 5                              |               |         | 64,000.00 |
|                 | Jul-31-71 | Ago-07-71   | Perdió 8a    | 2                              | 1             |         | 0.00      |
|                 | Jul-31-71 | Ago-28-71   | Retiro 9a    | 4                              |               |         | 16,000.00 |
|                 | Ago-07-71 | Ago-21-71   | Retiro 8a    | 3                              |               |         | 8,000.00  |
|                 | Ago-14-71 | Sep-11-71   | Retiro 10a   | 5                              |               |         | 32,000.00 |
|                 | Ago-28-71 | Ago-28-71   | Perdió 5a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Sep-04-71 | Oct-02-71   | PREMIO MAYOR | 5                              |               |         | 64,000.00 |
|                 | Sep-04-71 | Sep-04-71   | Perdió 7a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Sep-04-71 | Oct-09-71   | Retiro 10a   | 5                              |               |         | 32,000.00 |
|                 | Sep-11-71 | Sep-11-71   | Perdió 6a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Sep-11-71 | Oct-02-71   | Retiro 8a    | 3                              |               |         | 8,000.00  |
|                 | Sep-18-71 | Oct-02-71   | Perdió 9a    | 3                              | 1             | 1       | 0.00      |
|                 | Sep-25-71 | Oct-09-71   | Perdió 9a    | 3                              | 1             | 1       | 0.00      |
|                 | Oct-09-71 | Oct-09-71   | Perdió 4a    | 1                              | -             | -       | 0.00      |
|                 | Oct-09-71 | Oct-30-71   | Perdió 10a   | 4                              | 1             | 1       | 0.00      |
|                 | Oct-09-71 | Oct-09-71   | Perdió 5a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Oct-16-71 | Oct-16-71   | Perdió 7a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Oct-16-71 | Nov-13-71   | PREMIO MAYOR | 5                              |               |         | 64,000.00 |
|                 | Oct-16-71 | Oct-30-71   | Perdió 9a    | 3                              | 1             | 1       | 0.00      |
|                 | Oct-23-71 | Oct-23-71   | Perdió 4a    | 1                              | -             | -       | 0.00      |
|                 | Oct-23-71 | Nov-27-71   | Retiro 9a    | 4                              |               |         | 16,000.00 |
|                 | Oct-30-71 | Nov-06-71   | Perdió 7a    | 2                              |               |         | 512.00    |
|                 | Nov-06-71 | Dic-04-71   | PREMIO MAYOR | 5                              |               |         | 64,000.00 |
|                 | Nov-20-71 | Dic-04-71   | Perdió 9a    | 3                              | 1             | 1       | 0.00      |
|                 | Nov-27-71 | Dic-25-71   | Retiro 10a   | 5                              |               |         | 32,000.00 |
|                 | Dic-11-71 | Dic-11-71   | Perdió 4a    | 1                              | -             | -       | 0.00      |
|                 | Dic-11-71 | Dic-11-71   | Perdió 5a    | 1                              |               |         | 512.00    |
|                 | Dic-11-71 | Ene-15-72   | PREMIO MAYOR | 5                              |               |         | 64,000.00 |

| FECHAS DE |             | RESULTADO    | No. de presentaciones. | PREMIOS |         |           |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|---------|---------|-----------|
| Inicio    | Terminación |              |                        | Estufa  | Colchón | Efectivo  |
| Dic-18-71 | Dic-18-71   | Perdió 5a    | 1                      |         |         | 512.00    |
| Dic-18-71 | Ene-15-72   | Perdió 10a   | 4                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Dic-25-71 | Ene-15-72   | Perdió 9a    | 3                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Ene-01-72 | Ene-01-72   | Perdió 7a    | 1                      |         |         | 512.00    |
| Ene-08-72 | Ene-29-72   | Perdió 9a    | 3                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Ene-22-72 | Feb-19-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Ene-22-72 | Feb-12-72   | Retiro 9a    | 4                      |         |         | 16,000.00 |
| Ene-22-72 | Feb-26-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Feb-05-72 | Mar-06-72   | Perdió 10a   | 4                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Feb-12-72 | Mar-18-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Feb-26-72 | Abr-01-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Mar-06-72 | Mar-18-72   | Perdió 8a    | 2                      | 1       | -       | 0.00      |
| Mar-13-72 | Mar-18-72   | Perdió 8a    | 2                      | 1       | -       | 0.00      |
| Mar-13-72 | Abr-15-72   | Retiro 10a   | 5                      |         |         | 32,000.00 |
| Mar-25-72 | Abr-22-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Mar-25-72 | Abr-22-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Abr-08-72 | May-06-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Abr-22-72 | May-06-72   | Perdió 9a    | 3                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Abr-29-72 | May-27-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Abr-29-72 | May-27-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Abr-29-72 | May-13-72   | Perdió 9a    | 3                      | 1       | 1       | 0.00      |
| May-13-72 | Jun-17-72   | Retiro 10a   | 5                      |         |         | 32,000.00 |
| May-13-72 | Jun-17-72   | Perdió 10a   | 4                      | 1       | 1       | 0.00      |
| May-20-72 | Jun-24-72   | Perdió 9a    | 3                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Jun-03-72 | Jul-01-72   | Perdió 10a   | 4                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Jun-17-72 | Jul-22-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Jun-24-72 | Jul-22-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Jul-01-72 | Jul-22-72   | Perdió 10a   | 4                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Jul-08-72 | Ago-05-72   | Retiro 10a   | 5                      |         |         | 32,000.00 |
| Jul-29-72 | Ago-19-72   | Retiro 9a    | 4                      |         |         | 16,000.00 |
| Jul-29-72 | Ago-12-72   | Perdió 9a    | 3                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Jul-29-72 | Ago-26-72   | Perdió 10a   | 4                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Ago-12-72 | Sep-16-72   | Perdió 11a   | 5                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Ago-19-72 | Sep-16-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Ago-26-72 | Sep-23-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Sep-02-72 | Sep-02-72   | Perdió 7a    | 1                      |         |         | 512.00    |
| Sep-09-72 | Oct-07-72   | Retiro 8a    | 3                      |         |         | 8,000.00  |
| Sep-23-72 | Sep-23-72   | Perdió 5a    | 1                      |         |         | 512.00    |
| Sep-23-72 | Oct-21-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Sep-30-72 | Jun-04-72   | Retiro 8a    | 3                      |         |         | 8,000.00  |
| Sep-30-72 | Oct-28-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Sep-30-72 | Oct-28-72   | Perdió 9a    | 3                      | 1       | 1       | 0.00      |
| Oct-14-72 | Oct-28-72   | Perdió 8a    | 2                      | 1       | -       | 0.00      |
| Oct-28-72 | Dic-02-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Nov-04-72 | Nov-25-72   | Retiro 9a    | 4                      |         |         | 16,000.00 |
| Nov-04-72 | Dic-09-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Nov-04-72 | Dic-02-72   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |
| Dic-09-72 | Ene-06-73   | PREMIO MAYOR | 5                      |         |         | 64,000.00 |

| de<br>cur<br>te | FECHAS DE |             | RESULTADO    | No. de<br>Presen-<br>taciones | P R E M I O S |         |           |
|-----------------|-----------|-------------|--------------|-------------------------------|---------------|---------|-----------|
|                 | Inicio    | Terminación |              |                               | Estufa        | Colchón | Efectivo  |
| 0               | Dic-09-72 | Ene-06-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 1               | Dic-09-72 | Dic-23-72   | Perdió 8a    | 2                             | 1             | -       | 0.00      |
| 2               | Dic-16-72 | Dic-30-72   | Perdió 8a    | 2                             | 1             | -       | 0.00      |
| 3               | Dic-23-72 | Ene-13-72   | Perdió 9a    | 3                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 4               | Dic-30-72 | Feb-10-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 5               | Ene-13-73 | Ene-27-73   | Retiro 8a    | 3                             |               |         | 8,000.00  |
| 6               | Ene-13-73 | Ene-20-73   | Perdió 4a &  | 2                             | -             | -       | 0.00      |
| 7               | Ene-20-73 | Ene-20-73   | Perdió 5a    | 1                             |               |         | 512.00    |
| 8               | Ene-20-73 | Feb-03-73   | Perdió 9a    | 3                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 9               | Ene-27-73 | Feb-10-73   | Perdió 8a    | 2                             | 1             | -       | 0.00      |
| 0               | Ene-27-73 | Feb-27-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 1               | Feb-03-73 | Feb-10-73   | Perdió 6a &  | 2                             |               |         | 512.00    |
| 2               | Feb-10-73 | Mar-06-73   | Retiro 8a    | 3                             |               |         | 8,000.00  |
| 3               | Feb-17-73 | Mar-20-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 4               | Mar-06-73 | Abr-03-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 5               | Mar-06-73 | Abr-10-73   | Perdió 11a   | 5                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 6               | Mar-06-73 | Mar-20-73   | Perdió 8a    | 2                             | 1             | -       | 0.00      |
| 7               | Mar-13-73 | Abr-17-73   | Retiro 10a   | 5                             |               |         | 32,000.00 |
| 8               | Mar-27-73 | Abr-10-73   | Perdió 8a    | 2                             | 1             | -       | 0.00      |
| 9               | Abr-10-73 | May-15-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 0               | Abr-17-73 | May-15-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 1               | Abr-17-73 | May-22-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 2               | Abr-24-73 | May-29-73   | Perdió 10a   | 4                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 3               | May-01-73 | Jun-12-73   | Retiro 10a   | 5                             |               |         | 32,000.00 |
| 4               | May-22-73 | Jun-19-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 5               | May-29-73 | Jul-03-73   | Perdió 9a    | 3                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 6               | Jun-05-73 | Jun-26-73   | Perdió 10a   | 4                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 7               | Jun-05-73 | Jul-24-73   | Retiro 10a   | 5                             |               |         | 32,000.00 |
| 8               | Jul-03-73 | Jul-03-73   | Perdió 5a    | 1                             |               |         | 512.00    |
| 9               | Jul-03-73 | Jul-03-73   | Perdió 4a    | 1                             | -             | -       | 0.00      |
| 0               | Jul-03-73 | Ago-07-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 1               | Jul-10-73 | Jul-17-73   | Perdió 8a    | 2                             | 1             | -       | 0.00      |
| 2               | Jul-10-73 | Ago-07-73   | Retiro 10a   | 5                             |               |         | 32,000.00 |
| 3               | Jul-10-73 | Ago-21-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 4               | Jul-31-73 | Sep-11-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 5               | Jul-31-73 | Sep-11-73   | Retiro 9a    | 4                             |               |         | 16,000.00 |
| 6               | Ago-14-73 | Ago-28-73   | Perdió 8a    | 2                             | 1             | -       | 0.00      |
| 7               | Ago-28-73 | Oct-02-73   | Retiro 9a    | 4                             |               |         | 16,000.00 |
| 8               | Sep-04-73 | Sep-25-73   | Perdió 10a   | 4                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 9               | Sep-11-73 | Oct-23-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 0               | Sep-18-73 | Oct-09-73   | Perdió 9a    | 3                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 1               | Oct-02-73 | Oct-09-73   | Perdió 7a &  | 2                             |               |         | 512.00    |
| 2               | Oct-23-73 | Nov-27-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 3               | Oct-23-73 | Nov-06-73   | Perdió 9a    | 3                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 4               | Oct-30-73 | Nov-27-73   | Retiro 10a   | 5                             |               |         | 32,000.00 |
| 5               | Oct-30-73 | Nov-27-73   | PREMIO MAYOR | 5                             |               |         | 64,000.00 |
| 6               | Nov-13-73 | Dic-11-73   | Retiro 10a   | 5                             |               |         | 32,000.00 |
| 7               | Nov-20-73 | Dic-18-73   | Perdió 9a    | 3                             | 1             | 1       | 0.00      |
| 8               | Dic-04-73 | Ene-01-74   | Retiro 10a   | 5                             |               |         | 32,000.00 |

| de<br>número<br>ante. | FECHAS DE |             | RESULTADO    | No. de<br>Presentaciones. | P R E M I O S |         |              |
|-----------------------|-----------|-------------|--------------|---------------------------|---------------|---------|--------------|
|                       | Inicio    | Terminación |              |                           | Estufa        | Colchón | Efectivo     |
| 39                    | Dic-04-73 | Ene-08-74   | Retiro 10a   | 5                         |               |         | 32,000.00    |
| 40                    | Dic-11-73 | Ene-15-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 41                    | Dic-25-73 | Ene-22-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 42                    | Ene-01-74 | Ene-22-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 43                    | Ene-08-74 | Feb-12-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 44                    | Ene-22-74 | Ene-29-74   | Perdió 8a    | 2                         | 1             | -       | 0.00         |
| 45                    | Ene-22-74 | Feb-26-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 46                    | Ene-29-74 | Feb-12-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 47                    | Ene-29-74 | Feb-26-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 48                    | Ene-29-74 | Feb-05-74   | Perdió 5a &  | 2                         |               |         | 512.00       |
| 49                    | Feb-05-74 | Mar-19-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 50                    | Feb-19-74 | Feb-26-74   | Perdió 8a    | 2                         | 1             | -       | 0.00         |
| 51                    | Feb-19-74 | Mar-05-74   | Perdió 10a   | 4                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 52                    | Feb-12-74 | Mar-12-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 53                    | Mar-05-74 | Abr-02-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 54                    | Mar-05-74 | Mar-05-74   | Perdió 6a    | 1                         |               |         | 512.00       |
| 55                    | Mar-05-74 | Mar-19-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 56                    | Mar-05-74 | Abr-09-74   | Perdió 10a   | 4                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 57                    | Mar-12-74 | Abr-09-74   | Retiró 9a    | 3                         |               |         | 16,000.00    |
| 58                    | Mar-26-74 | May-07-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 59                    | Mar-26-74 | Abr-02-74   | Perdió 8a    | 2                         | 1             | -       | 0.00         |
| 60                    | Mar-26-74 | Abr-09-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 61                    | Abr-09-74 | Abr-09-74   | Perdió 9a    | 1                         |               |         | 512.00       |
| 62                    | Abr-09-74 | May-14-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 63                    | Abr-16-74 | Abr-16-74   | Perdió 2a    | 1                         | -             | -       | 0.00         |
| 64                    | Abr-16-74 | Abr-16-74   | Perdió 7a    | 1                         |               |         | 512.00       |
| 65                    | Abr-16-74 | Abr-16-74   | Perdió 2a    | 1                         | -             | -       | 0.00         |
| 66                    | Abr-16-74 | May-21-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 67                    | Abr-23-74 | May-21-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 68                    | Abr-23-74 | Abr-30-74   | Perdió 8a    | 2                         | 1             | -       | 0.00         |
| 69                    | Abr-23-74 | May-14-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 70                    | May-07-74 | May-14-74   | Perdió 8a    | 2                         | 1             | -       | 0.00         |
| 71                    | May-14-74 | May-28-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 72                    | May-21-74 | Jun-25-74   | Perdió 11a   | 5                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 73                    | May-21-74 | Jun-04-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 74                    | May-28-74 | Jul-02-74   | Retiro 10a   | 5                         |               |         | 32,000.00    |
| 75                    | May-28-74 | Jun-18-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 76                    | Jun-04-74 | Jul-09-74   | Retiro 10a   | 5                         |               |         | 32,000.00    |
| 77                    | Jun-11-74 | Jul-09-74   | PREMIO MAYOR | 5                         |               |         | 64,000.00    |
| 78                    | Jun-25-74 | Jul-16-74   | Perdió 10a   | 4                         | 1             | 1       | 0.00         |
| 79                    | Jul-09-74 | Jul-23-74   | Perdió 9a    | 3                         | 1             | 1       | 0.00         |
| TOTAL                 |           |             |              | 631                       | 61            | 45      | 4,187,776.00 |

RESUMEN DE PREMIOS

EFFECTIVO

| No. de con-<br>cursantes. | Monto del premio<br>\$ | T O T A L<br>\$     |
|---------------------------|------------------------|---------------------|
| 54                        | 64,000.00              | 3'456,000.00        |
| 16                        | 32,000.00              | 512,000.00          |
| 9                         | 16,000.00              | 144,000.00          |
| 7                         | 8,000.00               | 56,000.00           |
| 2                         | 4,000.00               | 8,000.00            |
| 23                        | 512.00                 | 11,776.00           |
| 68                        | 0.00                   | 0.00                |
| <b>TOTAL 179</b>          |                        | <b>4'187,776.00</b> |

O T R O S P R E M I O S

61 ESTUFAS  
45 COLCHONES

A N E X O C

RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS "REAL" Y "PREMIO"

## RESULTADOS DEL PROGRAMA REAL

S I T U A C I O N F I N A N C I E R A

PRIMER AÑO

M O N T O = 1377187.50 UTILIDAD OBTENIDA POR INTERESES = 0.00  
G A S T O = 1319656.00 PROMEDIO GASTADO SEMANALMENTE = 25358.77  
R E M A N E N T E = 58531.50

SEGUNDO AÑO

M O N T O = 1377187.50 UTILIDAD OBTENIDA POR INTERESES = 0.00  
G A S T O = 1316748.00 PROMEDIO GASTADO SEMANALMENTE = 25116.31  
R E M A N E N T E = 129971.00

TERCER AÑO

M O N T O = 1377187.50 UTILIDAD OBTENIDA POR INTERESES = 0.00  
G A S T O = 1435072.00 PROMEDIO GASTADO SEMANALMENTE = 27597.54  
R E M A N E N T E = 71786.50

GLOBAL DE LOS TRES AÑOS

M O N T O = 4131562.50 UTILIDAD OBTENIDA POR INTERESES = 0.00  
G A S T O = 1452776.00 PROMEDIO GASTADO SEMANALMENTE = 26024.21  
R E M A N E N T E = 71786.50

S U B S I D I O S E M A N A L O P T I M O = 26494.38

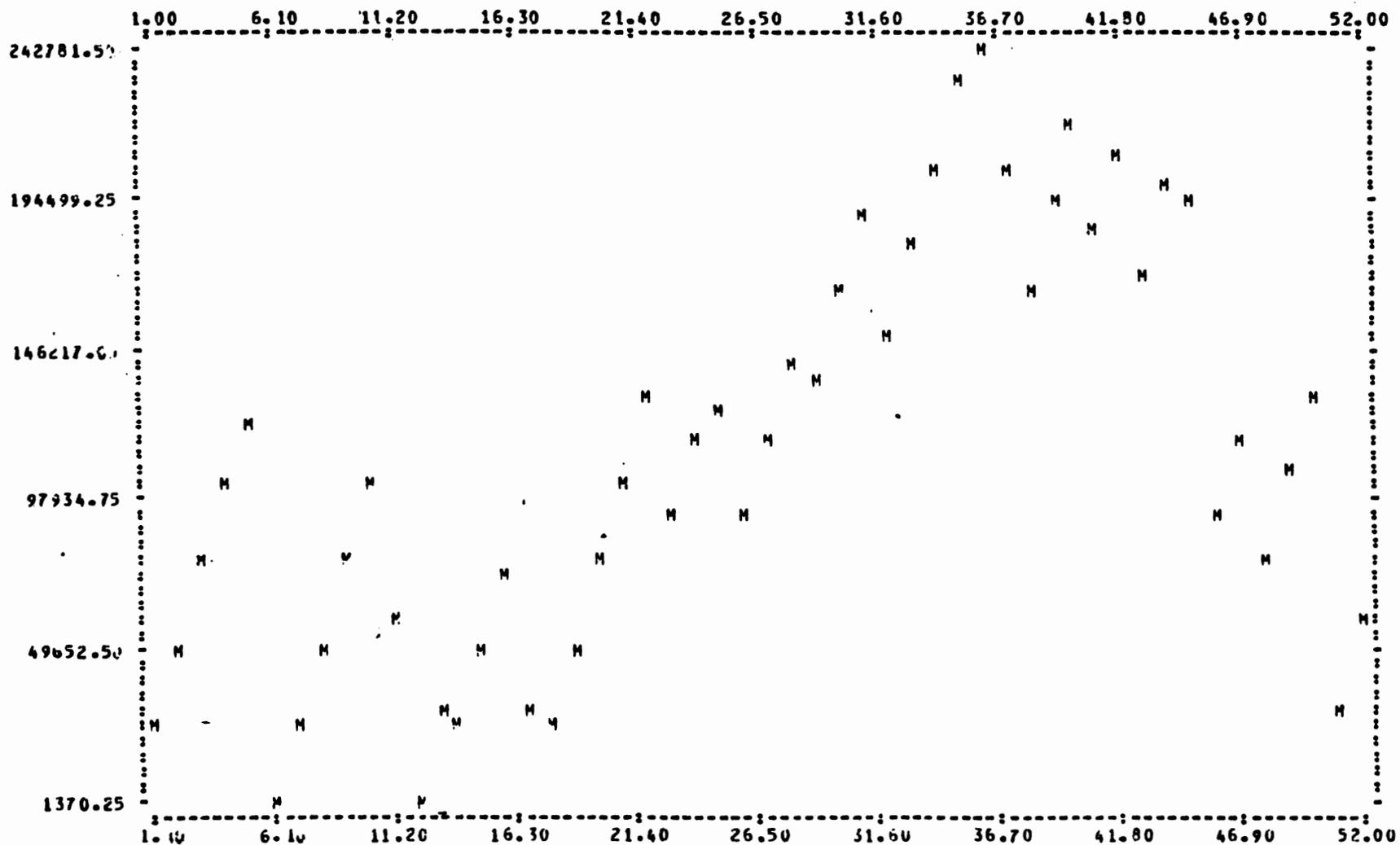
JOB DEF= \*\*\*\*\*  
 PROC DEF= STAT  
 DATA DEF= DATOS  
 ANALYSIS= STAT  
 DATA SET= 1

OBSERVATIONS: 156 READ, 156 PROCESSED, REJECTED. SUM WEIGHTS=

|   |              |
|---|--------------|
| VARIABLE (X)                                      | X            |
| SAMPLE SIZE (N)                                   | 156          |
| SUM OF X  | 4.05076E+26  |
| SUM OF X**2                                       | 3.47111E+11  |
| MEAN  | 26024.20513  |
| VARIANCE (UNBIASED)                               | 1.51253E+09  |
| STANDARD DEVIATION                                | 38892.57917  |
| COEFF OF VARIATION                                | 1.48448      |
| MINIMUM VALUE                                     | 0.00000      |
| MAXIMUM VALUE                                     | 160000.00000 |
| TOLERANCE OF RANGE                                | 0.99622      |
| 95.00 PERCENT CONFIDENCE INTERVAL FOR MEAN --     |              |
| LOWER LIMIT                                       | 19877.05126  |
| UPPER LIMIT                                       | 32175.35003  |
| 95.00 PERCENT CONFIDENCE INTERVAL FOR VARIANCE -- |              |
| LOWER LIMIT                                       | 1.22514E+09  |
| UPPER LIMIT                                       | 1.91532E+09  |

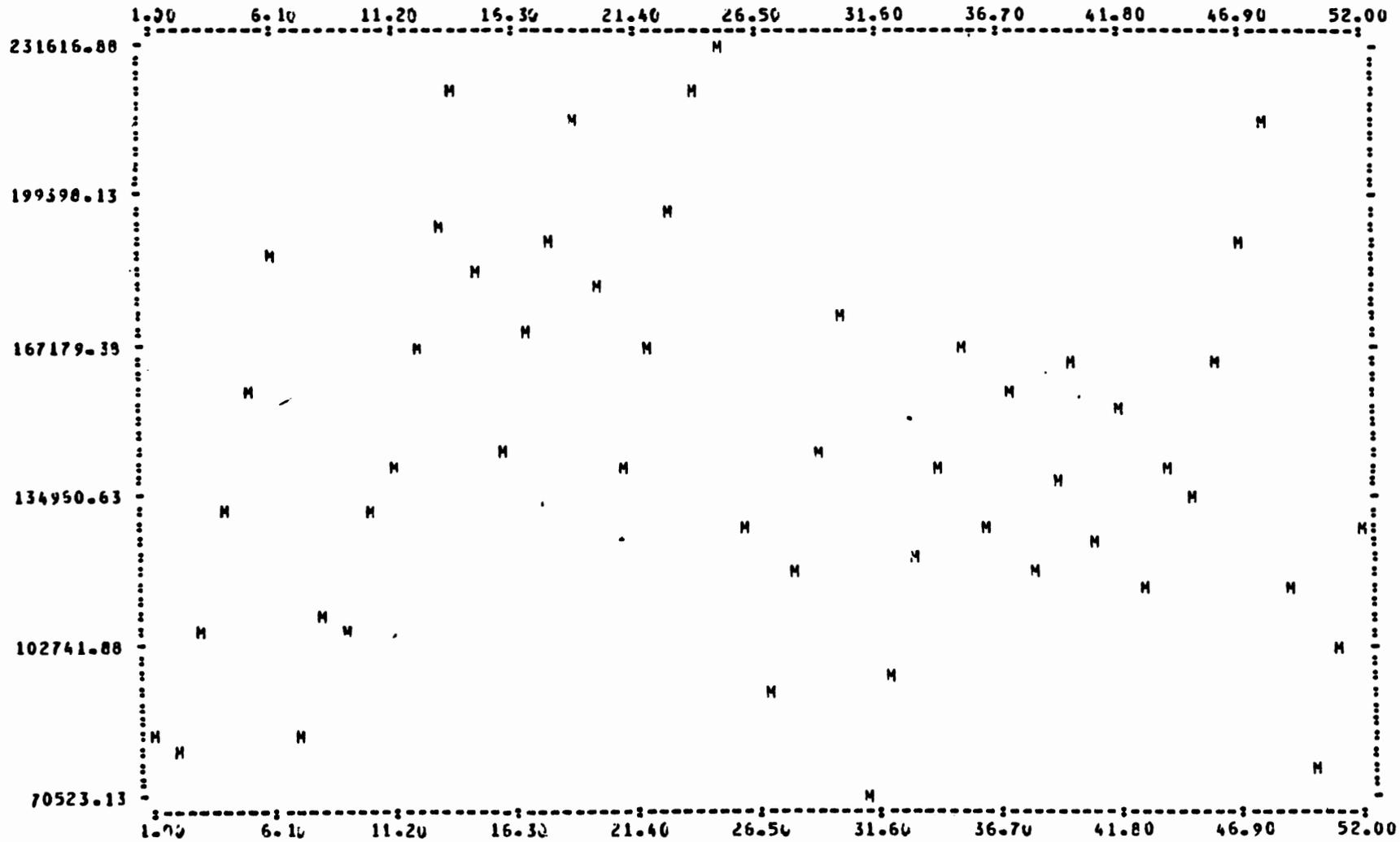


\* REPRESENTS ( SEMANAS. DIFERENCIAS)



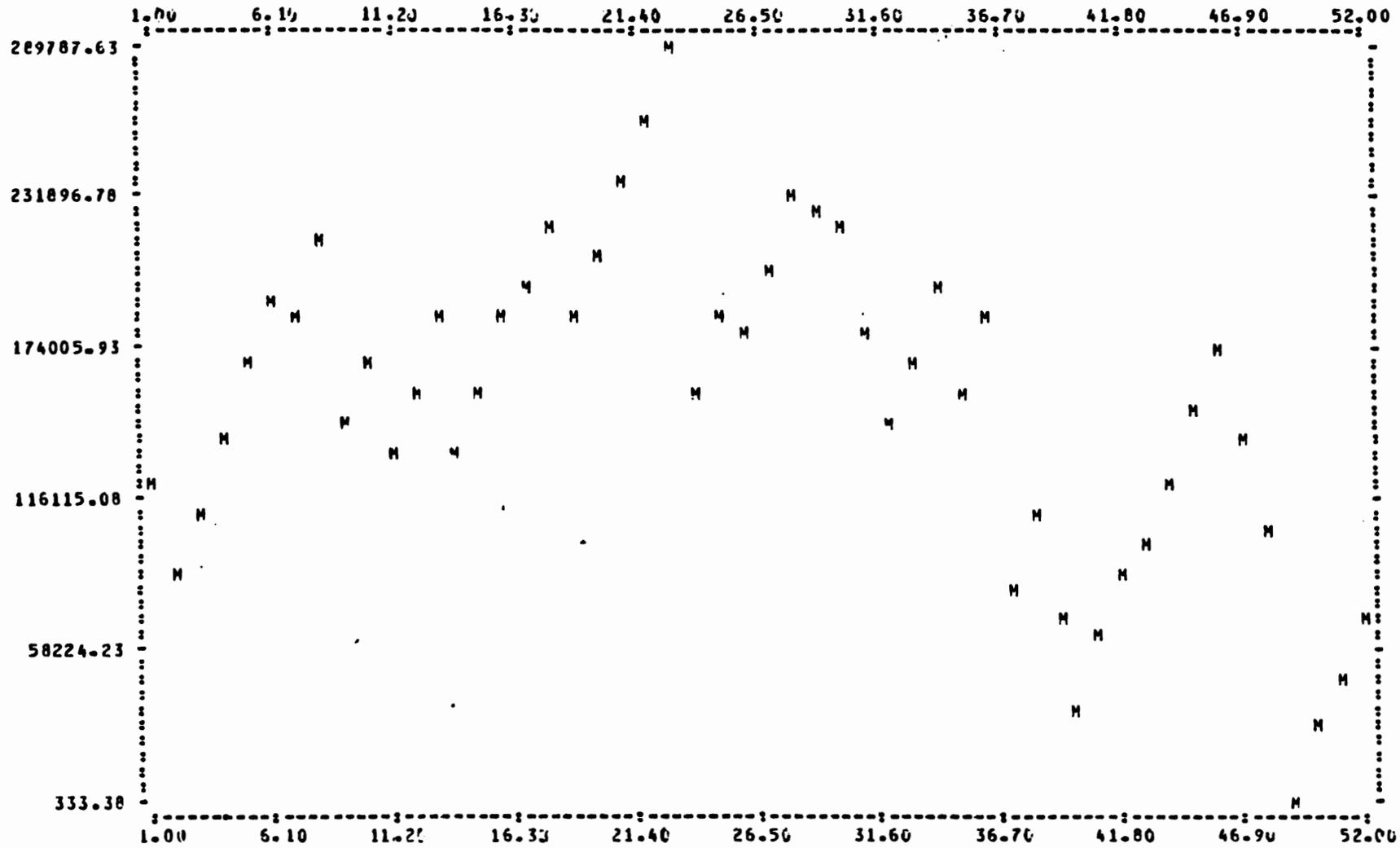


• REPRESENTS ( SEMANAS, DIFERENCIAS )





• REPRESENTS ( SEMANAS, DIFERENCIAS )



RESULTADOS DEL PROGRAMA PREMIO

PROBABILIDADES DE PERDER PARA CADA PREGUNTA

|                  |                   |                   |                  |
|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| P(1) = .00000000 | P(2) = .01117310  | P(3) = .00000000  | P(4) = .02224250 |
| P(5) = .05232550 | P(6) = .03453980  | P(7) = .08228930  | P(8) = .11288435 |
| P(9) = .23387090 | P(10) = .15116270 | P(11) = .05228315 |                  |

PROBABILIDADES DE RETIRO ENTRE UNA PREGUNTA Y OTRA

|                  |                   |                  |                  |
|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| R(1) = .00000000 | R(2) = .00000000  | R(3) = .00000000 | R(4) = .00000000 |
| R(5) = .00000000 | R(6) = .00000000  | R(7) = .01362280 | R(8) = .05343510 |
| R(9) = .09473680 | R(10) = .21917800 |                  |                  |

TERMINACION DEL NUMERO DE CONCURSANTES EN CADA PROGRAMA  
 INTERVALOS DE PROBABILIDAD NUMERO DE CONCURSANTES CORRESPONDIENTE

(0.0000000, .28205130)  
 (0.2820513, .83333330)  
 (0.8333333, .95512820)  
 (0.9551282, 1.0000000)

3  
2  
1  
0

\* T A B L A D E P R E M I O S \*

| REGUNTA | ETAPA   | PREMIO   | PREMIO DE CONSOLACION |
|---------|---------|----------|-----------------------|
| 1       |         | 64.00    |                       |
| 2       |         | 128.00   |                       |
| 3       |         | 256.00   |                       |
| 4       | PRIMERA | 512.00   | ----                  |
| 5       |         | 1000.00  | .                     |
| 6       |         | 2000.00  | .                     |
| 7       |         | 4000.00  | .                     |
| 8       | SEGUNDA | 8000.00  | 512.00                |
| 9       | TERCERA | 16000.00 | .                     |
| 10      | CUARTA  | 32000.00 | .                     |
| 11      | QUINTA  | 64000.00 | ----                  |

SUBSIDIO SEMANAL DE ARRANQUE = 25000.00      TASA DE INTERES MENSUAL = .00000

INCREMENTO EMPLEADO EN LA BÚSQUEDA DEL CFIMC = 500.00

COMPARADOR EMPLEADO EN LA BÚSQUEDA DEL CFIMC = .14E+03

S E M I L L A = 2460814.

.....TABLA DE CUMPLIMIENTO DE LOS CONCURSANTES.....

| NUMERO DE PREGUNTA | FRECUENCIA DE |           | SUM       |
|--------------------|---------------|-----------|-----------|
|                    | RETIRO        | PERDIDA   |           |
| 1                  | 0             | 0         | 0         |
| 2                  | 0             | 0         | 0         |
| 3                  | 0             | 0         | 0         |
| 4                  | 0             | 2         | 2         |
| 5                  | 0             | 2         | 2         |
| 6                  | 0             | 1         | 1         |
| 7                  | 1             | 7         | 8         |
| 8                  | 1             | 9         | 10        |
| 9                  | 2             | 9         | 11        |
| 10                 | 4             | 3         | 7         |
| 11                 | 0             | 3         | 3         |
| <b>TOTAL =</b>     | <b>8</b>      | <b>36</b> | <b>44</b> |

\* NUMERO DE GANADORES \* = 18

NUMERO DE CONCURSANTES QUE SE PRESENTARON = 64

.....SITUACION FINANCIERA.....

|                   |   |            |                                 |   |          |
|-------------------|---|------------|---------------------------------|---|----------|
| M O N T O         | = | 1501500.00 | UTILIDAD CONTINUA POR INTERESES | = | 0.00     |
| G A S T O         | = | 1329632.00 | PROMEDIO GASTO SEMANALMENTE     | = | 25569.85 |
| R E M A N E N T E | = | 171868.00  |                                 |   |          |

T A U L A D E C O M P O R T A M I E N T O D E L O S C O N C U R S A N T E S

| N U M E R O D E<br>P R E G U N T A | F R E C U E N C I A D E |               | S U M A   |
|------------------------------------|-------------------------|---------------|-----------|
|                                    | R E T I R O             | P E R D I D A |           |
| 1                                  | 0                       | 0             | 0         |
| 2                                  | 0                       | 1             | 1         |
| 3                                  | 0                       | 0             | 0         |
| 4                                  | 0                       | 0             | 0         |
| 5                                  | 0                       | 2             | 2         |
| 6                                  | 0                       | 1             | 1         |
| 7                                  | 1                       | 3             | 4         |
| 8                                  | 4                       | 4             | 8         |
| 9                                  | 1                       | 7             | 8         |
| 10                                 | 6                       | 4             | 10        |
| 11                                 | 0                       | 2             | 2         |
| <b>T O T A L =</b>                 | <b>12</b>               | <b>24</b>     | <b>36</b> |

\* N U M E R O D E G A N A D O R E S \* = 18

N U M E R O D E C O N C U R S A N T E S G U E S E P R E S E N T A R O N = 56

S I T U A C I O N F I N A N C I E R A

|                     |            |                                   |          |
|---------------------|------------|-----------------------------------|----------|
| M O N T O =         | 1501500.00 | UTILIDAD OBTENIDA POR INTERESES = | 0.00     |
| G A S T O =         | 1395584.00 | PROMEDIO GASTO SEMANALMENTE =     | 26915.08 |
| R E M A N E N T E = | 273784.00  |                                   |          |

TABLA DE COMPORTAMIENTO DE LOS CONCURSANTES

| NUMERO DE PREGUNTA | FRECUENCIA DE |         | SUM |
|--------------------|---------------|---------|-----|
|                    | FETIRO        | PERDIDA |     |
| 1                  | 0             | 0       | 0   |
| 2                  | 0             | 1       | 1   |
| 3                  | 0             | 0       | 0   |
| 4                  | 0             | 2       | 2   |
| 5                  | 0             | 4       | 4   |
| 6                  | 0             | 4       | 4   |
| 7                  | 0             | 4       | 4   |
| 8                  | 1             | 5       | 6   |
| 9                  | 2             | 6       | 8   |
| 10                 | 9             | 4       | 13  |
| 11                 | 0             | 1       | 1   |
| TOTAL =            | 12            | 31      | 43  |

\* NUMERO DE GANADORES \* = 18

NUMERO DE CONCURSANTES QUE SE PRESENTARON = 57

SITUACION FINANCIERA

|             |            |                                   |          |
|-------------|------------|-----------------------------------|----------|
| MONTO =     | 1501500.00 | UTILIDAD OBTENIDA POR INTERESES = | 0.00     |
| GASTO =     | 1483072.00 | PROMEDIO GASTO SEMANALMENTE =     | 28520.62 |
| REMANENTE = | 292212.00  |                                   |          |

T A B L A D E C O M P O R T A M I E N T O D E L O S C O N C U R S A N T E S

| L I N E A<br>P R E G U N T A | R E T I R O         |                         | P E R D I D A       |                         | S A L I R D E L S I S T E M A |                         |
|------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
|                              | F R E C U E N C I A | P R O B A B I L I D A D | F R E C U E N C I A | P R O B A B I L I D A D | F R E C U E N C I A           | P R O B A B I L I D A D |
| 1                            | 0                   | .0000000                | 0                   | .0000000                | 0                             | .0000000                |
| 2                            | 0                   | .0000000                | 2                   | .0112994                | 2                             | .0112994                |
| 3                            | 0                   | .0000000                | 0                   | .0000000                | 0                             | .0000000                |
| 4                            | 0                   | .0000000                | 4                   | .0225988                | 4                             | .0225988                |
| 5                            | 0                   | .0000000                | 8                   | .0451976                | 8                             | .0451976                |
| 6                            | 0                   | .0000000                | 6                   | .0368098                | 6                             | .0368098                |
| 7                            | 2                   | .0135860                | 14                  | .0891720                | 16                            | .1031580                |
| 8                            | 6                   | .0487805                | 18                  | .1275596                | 24                            | .1764401                |
| 9                            | 5                   | .0526316                | 22                  | .1886342                | 27                            | .2406658                |
| 10                           | 19                  | .2405063                | 11                  | .1224222                | 30                            | .3627286                |
| 11                           | 0                   | .0000000                | 6                   | .1000000                | 6                             | .1000000                |
| T O T A L                    | 32                  | .3559044                | 91                  | .7448380                | 123                           | 1.1007424               |

\* N U M E R O D E G A N A D O R E S = 54

M E R G D E C O N C U R S A N T E S Q U E S E P R E S E N T A R O N = 177

S I T U A C I O N F I N A N C I E R A

C N T O = 4504500.00 UTILIDAD OBTENIDA POR INTERESES = 0.00  
 A S T O = 4212288.00 PROMEDIO GASTO SEMANALMENTE = 27001.85  
 M A N E N T E = 292212.00

S U B S I D I O S E M A N A L I C P T I M C = 28875.00

N U M E R O D E V E C E S Q U E S E E J E C U T O E L P R O C E S O E N L A B U S Q U E D A D E L C P T I M C = 13

ANALYSIS= STAT  
A SET= 1

OBSERVATIONS= 156 READ, 156 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS= 156

TABLE (X) X  
SAMPLE SIZE (N) 156  
SUM OF X 4.21229E+06  
SUM OF X\*\*2 3.29119E+11  
VARIANCE (UNBIASED) 27001.84615  
STANDARD DEVIATION 1.38954E+09  
F OF VARIATION 1.38052  
MINIMUM VALUE 0.00000  
MAXIMUM VALUE 144000.00000

RANGE OF RANGE 0.99692

90 PERCENT CONFIDENCE INTERVAL FOR MEAN --

UPPER LIMIT 21106.27586  
LOWER LIMIT 32897.41644

90 PERCENT CONFIDENCE INTERVAL FOR VARIANCE --

UPPER LIMIT 1.12545E+09  
LOWER LIMIT 1.75946E+09

A N E X O D

. B I B L I O G R A F I A

/

.

- 1.- ACKOFF RUSSELL L.  
Scientific Method  
John Wiley and Sons, Inc., 1962.
- 2.- AIGNER D. J.  
A Note on Verificacion of Computer Simulation Models  
Management Science Vol. 18 No. 11, Jul. 1972.
- 3.- BEACH E. F.  
Economic Models  
New York John Wiley and Sons, 1957.
- 4.- CHURCHMAN C. WEST  
An Analysis of the Concept of Simulation  
Simposium on Simulation Models. Cincinnati, Sout-Western  
Publishing Co., 1963.
- 5.- ELMAGHRABY S.E.  
The role of modeling in I. E. Design  
Journal of Industrial Engineering. Vol. XIX. No.17,  
Mar. 1967.
- 6.- FELLER WILLIAM  
An Introduction to Probability Theory and its Applications  
Vol. 1, New York, John Wiley and Sons Inc., 1957.
- 7.- FISHMAN GEORGE S.  
Conceptos y Métodos en la Simulación Digital de Eventos  
Discretos.  
Editorial Limusa, S. A., 1978.
- 8.- FORRESTER J. W.  
Industrial Dynamics  
New York, The M.I.T. Press and John Wiley and Sons, 1961

- 9.- GEOFFRY GORDON  
Systems Simulation  
Englewood Cliffs N. J. 1969 Prentice-Hall.
- 10.- GUETZKOW HAROLD  
Simulation in Social Science  
Behavioral Science, 4 July 1959.
- 11.- HAMMERSLEY J. M. AND HANDSCOMB D.C.  
Monte Carlo Methods.  
New York, John Wiley and Sons, 1964.
- 12.- HARRIS BERNARD  
Theory of Probability  
Addison Wesley, 1966.
- 13.- HILLIER FREDERICK S. AND LIEBERMAN GERALD J.  
Operations Research  
San Francisco, Holden - Day Inc., 1974.
- 14.- HOESCHLE D.F.  
Analog-to-Digital-Digital-to-Analog Conversion Techniques  
New York, John Wiley and Sons, 1968.
- 15.- JORDAN CHESTER WALLACE  
Life Contingencies  
The Society of Actuaries, 1967.
- 16.- LUCE DUNCAN R. AND RAIFF A HOWARD  
Games and Decision  
John Wiley and Sons, 1957.

- 17.- MCCRACKEN DANIEL  
A Guide to Fortran Programming  
New York, John Wiley and Sons, 1961.
- 18.- MEYER H. A.  
Symposium on Monte Carlo Methods  
New York, John Wiley and Sons, 1956.
- 19.- MIHRAM G. ARTHUR  
Simulation: Statistical Foundations and Methodology  
Academic Press, New York, 1972.
- 20.- MOOD ALEXANDER M. Y GRAYBILL FRANKLIN A.  
Introducción a la Teoría Estadística  
Aguilar, 1972.
- 21.- NAYLOR, BALINTEY, BURDICK Y KONG CHU  
Técnicas de Simulación en Computadoras  
Editorial Limusa, 1977.
- 22.- NAYLOR T. H. AND FINGER J. M.  
Verification of Computer Simulation Models  
Management Science Vol. 14, No. 2, Oct. 1967.
- 23.- PARZEN EMANUEL  
Procesos Estocásticos  
Paraninfo Madrid, 1971.
- 24.- PLANE DONALD R. AND OPPERMANN EDWARD B.  
Business and Economic Statistics  
Business Publications, Inc., 1981.
- 25.- REICHENBACH HANS  
The Rise of Scientific Philosophy  
Berkeley, University of California Press, 1951.

- 26.- ROSENBLUETH ARTURO AND WIENER NORBERT  
The role of Models in Science  
Philosophy of Science, XII, No. 4, Oct. 1945.
- 27.- SHANNON ROBERT E.  
System Simulation the Art and Science  
Prentice Hall Inc., 1975.
- 28.- SHUBIK M. A.  
On the Scope of Gaming  
Management Sci, Vol. 18, Núm. 5, Jan. 1972.
- 29.- TEICHROEW, LUBIN AND TRUITT  
Discussion of Computer Simulation Techniques and  
Comparison of Language  
Simulation, Vol. 9, 1967.
- 30.- TOCHER K. D.  
The Art of Simulation  
Unibooks, 1975.
- 31.- VAN HORN R. L.  
Validation of Simulation Results  
Management Science, Vol. 17, No. 5, Jan. 1971.
- 32.- WAGNER HARVAY  
Principles of Operations Research  
Englewood Cliffs, N. J.: Prentice - Hall, 1975.