

Handwritten notes: Feb 7-79



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Handwritten: XC 24

UN MODELO DE SIMULACION EN COMPUTADORA SOBRE EL-SISTEMA DE SERVICIO DE LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
M A T E M A T I C O
P R E S E N T A

MARIA TERESA PONCE DE LEON GOMEZ

ASESOR: MAT. AGUSTIN CANO G.
MEXICO, D. F. 1979

6413

Handwritten: 35

Handwritten: 41



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

INTRODUCCION

CAPITULO I SIMULACION

CAPITULO II MODELO DE SIMULACION DEL SISTEMA DE SERVICIO DE LA BIBLIOTECA DE- LA FACULTAD DE CIENCIAS

APENDICE 1 PROGRAMA DE SIMULACION

APENDICE 2 CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N

El objeto de esta tesis, es el de construir un modelo de simulación en computadora, del sistema de servicio de la biblioteca de la Facultad de Ciencias, con el objeto de que este modelo pueda ser utilizado para encontrar una solución que agilice el servicio que la biblioteca ofrece a sus usuarios.

En el primer capítulo, se hace una descripción glo-bal de las técnicas de simulación y algunas de sus aplica-ciones, dándose también definiciones de conceptos inheren-tes a dicha técnica que serán usados en este trabajo.

El segundo capítulo, da una descripción del sistema de servicio de la biblioteca y proporciona un primer intento de un modelo matemático que lo represente y describa a-plicando las técnicas de simulación. Queda abierto el problema siguiente: A partir de dicho modelo, encontrar las -

soluciones, que como se dijo anteriormente, mejoren el servicio. Este problema requiere de la estimación de parámetros de las diferentes distribuciones probabilísticas para llegadas y tiempos de servicio necesarias para simular el sistema de servicio de la biblioteca en un tiempo determinado.

C A P I T U L O I

SIMULACION

S I M U L A C I O N

SISTEMAS:

Un sistema se define como un conjunto de componentes capaces de interaccionar de tal manera que satisfacen un conjunto de requerimientos específicos. Ahora bien, al hablar de un sistema, a cualquier objeto en éste, se le denota por entidad y por atributo a cualquier propiedad o propiedades que estas entidades tengan. Actividad se le llama a cualquier proceso que cause cambios en el sistema, estas actividades pueden ocurrir dentro o fuera del sistema, llamándose en el primer caso endógenas y en el segundo exógenas. El término estado del sistema, se usa para dar una descripción de todas las entidades, atributos y actividades en un tiempo determinado.

Por ejemplo, si consideramos el movimiento de los automóviles como un sistema de tráfico (1), los automóviles -

individuales se pueden considerar como entidades, teniendo cada entidad como atributo su velocidad y distancia recorrida y entre las actividades estaría el manejo del carro. Como otro ejemplo, se puede considerar un sistema bancario^{1/}, en este caso, los clientes del banco serían entidades, teniendo como atributos el balance de sus cuentas y/o el estado de su crédito, siendo una actividad típica, el hacer un depósito.

Los sistemas suelen clasificarse en abiertos y cerrados, dependiendo si tienen o no actividades exógenas; por ejemplo si se considera un sistema bancario^{1/} para el estudio de un sólo banco, el límite sobre el interés que el banco puede pagar, se puede considerar como una restricción externa y en este caso se tendría un sistema abierto. Si por el contrario se consideran los efectos de leyes monetarias sobre la industria bancaria, el establecimiento de un límite sobre el interés sería una actividad dentro del sistema y tendríamos un sistema cerrado.

Otra clasificación de los sistemas es la de sistemas continuos y discretos, dependiendo esta clasificación de la forma en que ocurren los cambios en el tiempo; los primeros son aquellos, en los cuales, se producen en forma continua y los segundos son aquellos que sufren cambios discontinuos en el tiempo.

^{1/} System Simulation - Geoffrey Gordon

Si consideramos el sistema de un avión volando bajo el control de un autopiloto; observamos que un giroscopio en el autopiloto detecta la diferencia entre la dirección actual y la dirección deseada, y si mandamos una señal para mover las superficies de control, en respuesta a esta señal el avión toma la dirección deseada, ya que el movimiento -- del avión ocurre uniformemente. Este sistema se puede considerar continuo^{1/}.

Ahora bien, si consideramos el sistema de una fábrica^{1/}, los pedidos de materia prima o la terminación de un pedido ocurren en puntos específicos de tiempo que varían -- de acuerdo con la cantidad de pedidos; éste sería un ejemplo de un sistema discreto.

MODELOS:

Los modelos pueden ser físicos, como el modelo a escala de un automóvil; esquemáticos como dibujos, mapas y diagramas; Simbólicos como los basados en un código de computadora; o bien pueden representar el conjunto de información sobre un sistema.

Los propósitos de usar un modelo, son tan generales -- que es difícil clasificar las funciones que cumplen los mo-

delos; aunque podemos citar las más comunes:

1. Auxiliar para una mejor comprensión del sistema
2. Auxiliar para la experimentación
3. Propósitos de entrenamiento y enseñanza
4. Como herramienta de predicción
5. Es más fácil de manipular que el sistema mismo

La utilidad de los modelos como auxiliares para una mejor comprensión del sistema, es evidente, ya 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 están los modelos a escala normal de los vehículos espaciales para el entrenamiento de astronautas.

Sin embargo, uno de los más importantes usos de los modelos es predecir el comportamiento característico de

Las entidades de un sistema.

SIMULACION

La simulación es una técnica aplicada a diversas disciplinas entre las que se encuentran, la Economía, Investigación de Operaciones, Mercadotecnia, Psicología, Aeronáutica etc. Como ejemplos de aplicaciones en algunas de estas ramas tenemos, en Aeronáutica, las aplicaciones que la N.A.S.A. le ha dado a la simulación al obtener por medio de esta técnica información sobre los efectos que los vuelos espaciales tendrían sobre la tripulación, antes de iniciar los vuelos tripulados. En Economía, se aplica la simulación por ejemplo, para predecir los efectos de una propuesta para bajar los impuestos o bien en los efectos de una campaña de publicidad, en las ventas totales de una empresa.

En términos generales, simulación se puede definir como el proceso de asignar un modelo a un sistema, pudiendo este modelo sujetarse a múltiples manipulaciones con el propósito de entender mejor el comportamiento del sistema o evaluar diferentes estrategias, dentro de los límites impuestos por uno o varios criterios para la operación del sistema; esto es, el proceso de simulación incluye la construcción del modelo y el uso analítico de éste para estudiar un problema, siendo los objetivos más generales de un modelo -

de simulación: a) Describir el comportamiento del sistema. b) Construir teorías o hipótesis que expliquen el comportamiento observado. c) Usar estas teorías para predecir el comportamiento futuro; esto es, predecir los efectos producidos por cambios en el sistema o en sus métodos de operación.

Aunque no existe una determinada clasificación de modelos de simulación, suelen generalmente clasificarse en:

CONTINUOS.- Son aquellos que representan sistemas donde ocurren cambios continuos en el tiempo y los atributos están representados por funciones continuas.

DISCRETOS.- Representan sistemas donde ocurren cambios discontinuos en el tiempo, por lo tanto, se requiere un programa para seguir una secuencia de eventos.

DETERMINISTICOS.- Son aquellos modelos en los cuales, ni las variables exógenas ni las endógenas pueden ser variables aleatorias y se suponen relaciones exactas para las características de operación en lugar de funciones de densidad de probabilidad discretas o continuas.

ESTOCASTICOS.- Son modelos en los cuales, por lo me

nos una de las características de operación está dada por una función de probabilidad.

DINAMICOS.-Son modelos donde las interacciones va-rían con el tiempo.

ESTRUCTURA DE UN MODELO DE SIMULACION

Robert E. Shannon^{2/}, simplifica la estructura matemática fundamental de un modelo como sigue:

$$E = F(X_i, Y_j)$$

donde

E es el objeto del sistema

X_i son variables y parámetros que pueden ser contro
lados.

Y_j son variables y parámetros que no pueden ser con
trolados.

F es la relación entre X_i y Y_j que dan origen a E.

Esta forma por estar tan estructurada sólo muestra la ejecución del sistema afectado por variables que están o no bajo control.

Haciendo más amplia esta estructura puede decirse - que los modelos en su mayoría están constituidos por los - siguientes elementos:

Componentes.- Son partes elementales, que juntas - constituyen el modelo definiéndose algunas veces como sub-sistemas.

VARIABLES.- Que pueden ser de dos tipos endógenas y - exógenas que también, suelen recibir los nombres de varia- bles de entrada y salida respectivamente.

Parámetros.- Son cantidades a las que se les pueden asignar valores arbitrarios.

Características operacionales.- Pueden ser determi- nísticas o estocásticas, las primeras, sólo admiten rela- ciones exactas, esto es, relacionan variables o parámetros cuando un proceso de salida está únicamente determinado - por una entrada dada; las relaciones estocásticas están - dadas por una función de densidad de probabilidad, es de - cir, son aquellas en las que el proceso característicamen- te tiene una salida incierta para una entrada dada; ambos tipos de características de operación toman usualmente, la forma de una ecuación matemática, relacionando las varia- bles endógenas y exógenas.

Restricciones.- Son limitaciones impuestas sobre los valores de los parámetros y variables o bien sobre la manera en que el procedimiento puede ser ejecutado.

Función criterio.- Es una proposición, explícita de los objetivos o metas del modelo y de cómo serán estos objetivos calculados; esta función es usualmente, parte integral del modelo; y la manipulación de éste, condicionada para optimizar o satisfacer el criterio establecido.

DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACION

Para desarrollar un modelo de simulación generalmente se siguen los pasos de análisis, simplificación y abstracción.

El primer paso consiste en separar en partes el sistema, establecer los objetivos, buscar analogías, considerar desde el principio del modelo especificaciones numéricas, establecer hipótesis y definir variables, parámetros, etc.

Una vez hecho el análisis, se procede a simplificar, en este proceso, se puede recurrir a: convertir variables a constantes, a cambios de variables, a establecer suposiciones más fuertes, a suponer linealidad o bien a restrin-

gir las fronteras del sistema.

Finalmente se hace una abstracción determinando el comportamiento esencial del sistema; ahora bien al desarrollar un modelo se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El modelo deberá ser lo más simple posible.
2. Deberá estar dirigido a obtener fines o propósitos bien definidos.
3. No deberá llegar a conclusiones falsas.
4. El modelo deberá ser fácil de controlar y manipular.
5. Deberá tener un inicio fácil e ir aumentando gradualmente su complejidad.

PROCESO DE SIMULACION

La mayoría de los autores, están de acuerdo en que la planeación de un modelo de simulación requiere de los siguientes pasos:

DEFINICION DE SISTEMA.- Que consiste en determinar los límites, restricciones y medidas de efectividad para usarse en definir el sistema que va a ser estudiado.

FORMULACION DEL MODELO.- Que es hacer una reducción

o abstracción del sistema a un diagrama de flujo.

PREPARACION DE INFORMACION.- Etapa en la que se identifica la información necesaria para el modelo y se hace la reducción a una forma apropiada.

TRADUCCION DEL MODELO.- En esta etapa, se hace la descripción del modelo en un lenguaje aceptable por la computadora que va a usarse.

VALIDACION DEL PROCESO.- Consiste en aumentar a un nivel aceptable la confianza en el modelo.

PLANEACION ESTRATEGICA.- Consiste en hacer el diseño de un experimento que producirá la información deseada.

PLANEACION TACTICA.- Es un proceso, en el cual se determinará cuándo, cada corrida en el diseño experimental va a ser ejecutada.

EXPERIMENTACION.- Es la ejecución de la simulación para generar la información deseada y para hacer un análisis de la efectividad del modelo.

INTERPRETACION.- Consiste en hacer inferencias de la información generada por el modelo de simulación.

IMPLEMENTACION.- Consiste en registrar las actividades y resultados del proyecto, así como documentar el modelo y su uso.

SIMULACION EN COMPUTADORAS:

Naylor^{3/} define la simulación en computadoras, como una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital; los cuales requieren ciertos tipos de modelos lógicos y matemáticos que describan el comportamiento del sistema en períodos de tiempo real.

Al establecer la planeación de un modelo de simulación en computadoras, además de seguir los pasos ya mencionados se lleva al cabo una formulación de un programa para la computadora que se inicia, con un diagrama de flujo que deberá describir la secuencia lógica de los eventos que realiza la computadora. Como segundo paso, se efectúa una traducción al lenguaje de la computadora, esto es, deberá considerarse el problema de escribir el código para la computadora y para esto habrá dos alternativas que son, el de usar compiladores de propósitos generales, o bien usar lenguajes de simulación de propósitos especiales; deberá buscarse errores, seleccionar datos de entrada y condiciones iniciales; es decir, deberá determinarse el valor que se les va a designar a las variables y parámetros del modelo.

lo al iniciar la simulación. El paso siguiente puede ser generar datos, esto es, los datos que se utilizan en los experimentos pueden ser obtenidos mediante subrutinas especiales.

La clase de reportes de salida necesarios para dar la información relativa del comportamiento del sistema bajo simulación constituyen una consideración final en el desarrollo de un programa en computadora y las restricciones para estos reportes dependerá del lenguaje que se emplee.

LENGUAJES DE SIMULACION

Los lenguajes de simulación, son lenguajes cuyo objetivo es simplificar la labor de escribir programas de simulación para diversos tipos de modelos y de sistemas; -- siendo los más usados el GPSS 11, SIMSCRIPT, SIMPAC, DYNAMO, SIMULA, etc. Entre los objetivos de estos modelos está:

1. Producir una estructura generalizada para el diseño de los modelos de simulación.
2. Proporcionar una forma rápida para la conversión de un modelo de simulación a un programa de computadora.
3. Proveer una forma rápida para la introducción de

cambios en el modelo de simulación que puedan reflejarse fácilmente en un programa de máquina.

4. Proporcionar una forma flexible para la obtención de reportes de salida que sean útiles cuando se sujeten a su análisis correspondiente.

Ahora bien, la decisión sobre cual lenguaje de simulación utilizar, depende principalmente de consideraciones económicas como disponibilidad de la computadora, programadores con conocimientos de lenguajes de computadoras particulares, costo de programación por unidad de tiempo, costo del tiempo de la computadora, etc.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS LENGUAJES DE PROPOSITOS ESPECIALES

Los lenguajes de propósitos especiales ofrecen las ventajas de menor requerimiento de tiempo de programación, suministran una técnica para eliminar errores superior a la suministrada por los lenguajes de propósitos generales, ofrecen una manera breve y directa de expresar conceptos establecidos en un estudio de simulación, facilitan la construcción de subrutinas requeridas en una corrida de simulación, facilitan la recaudación y extensión de información producida facilitando también el control de manejo y almacenamiento de computos durante la corrida de simulación.

Ahora bien, entre las pocas desventajas que tienen, está el incremento en el tiempo de cómputo y el costo de éste.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACION

El uso de la simulación puede considerarse ventajoso en caso de que existan, una o más de las siguientes razones:

1. Cuando sea imposible describir el sistema observado en términos de un sistema de ecuaciones matemáticas del cual se puedan obtener soluciones analíticas para ser usadas con propósitos de predicción.
2. Cuando sea imposible o extremadamente costoso observar ciertos procesos en el mundo real.
3. Cuando existan métodos analíticos, pero sean tan difíciles que la simulación presente un método más sencillo de solución.
4. Cuando la condensación del tiempo pueda ser requerida para sistemas o procesos de larga duración; la simulación ofrece control completo sobre el tiempo y permite condensación o extensión en la escala del tiempo.

Entre las desventajas de la simulación están:

1. El desarrollo de un modelo de simulación puede ser costoso y consumir mucho tiempo, además de requerir personal especializado.
2. La simulación puede aparentar la vida real, de una manera errónea.
3. La simulación es imprecisa y no se puede medir este grado de imprecisión.
4. Los resultados de la simulación pueden ser tan exactos como se desee y esta exactitud numérica puede llevar a inferencias falsas.

C A P I T U L O II

MODELO DE SIMULACION DEL SISTEMA DE SERVICIO DE LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

MODELO DE SIMULACION DEL SISTEMA DE SERVICIO DE LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

La biblioteca de la Facultad de Ciencias, está es -
tructurada por los siguientes departamentos:

1. Departamento Administrativo
2. Departamento Técnico
3. Departamento de Servicios al público.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO

Este Departamento, se encarga de la coordinación de compra de libros y material de biblioteca, control de presupuesto, correspondencia, información y registro de lectores. El personal que labora en este departamento es el siguiente: Una secretaria, un coordinador y un oficial administrativo.

DEPARTAMENTO TECNICO

Este departamento se encarga, del registro, catalogación, encuadernación y rotulación de obras; elaboración de catálogos, revisión periódica del acervo, revisión periódica de tarjetas de préstamo y alimentación de material de consumo; el departamento tiene también a su cargo la siguiente correspondencia:

1. Cartas a deudores
2. Cartas de no adeudo, para la sección escolar
3. Cartas de no adeudo, para la tesis profesional
4. Préstamo interbibliotecario.

El personal que labora en este departamento es: una persona para el turno matutino y otra para el vespertino.

DEPARTAMENTO DE SERVICIO AL PUBLICO

Este departamento, da los siguientes servicios:

PRESTAMO DIRECTO. Es un préstamo entre biblioteca y usuario, es de tipo interno o domiciliario para usuarios de la propia institución y solo de tipo interno para usuarios de otras facultades o instituciones.

PRESTAMO INTERBIBLIOTECARIO.- Es un préstamo entre bibliotecas de diferentes Facultades o instituciones.

Se encarga también, este departamento, del resello de credenciales y atender a las personas que desean registrarse.

Cuenta este departamento, con un personal de cuatro empleados para el turno matutino y tres para el vespertino.

Ahora bien, el material de préstamo son libros de consulta, revistas y folletos. Actualmente la biblioteca cuenta aproximadamente con 20,000 libros, 3000 tesis y más de 2800 folletos de tipo científico y recibe un total de 48 revistas distintas; todo este material se encuentra catalogado por título, materia y autor.

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE SERVICIO

El servicio de la biblioteca, comienza a las 8:30 Hrs. y termina a las 20:30 Hrs.; con un descanso de 14-15 Hrs.

Su tipo de servicio es: Primero en llegar, primero en ser atendido. Conviene aclarar aquí que entre las disciplinas de colas más comunes para seleccionar la unidad -

en la cola que será atendida están:

- a) Primero en llegar primero en ser atendido denotada por FIFO y como su nombre lo indica, la entidad que tiene más tiempo en la cola es la primera en ser atendida.
- b) Ultimo en llegar, primero en ser atendido. Comunmente llamado LIFO, donde las entidades hacen cola conforme van llegando, pero como su nombre lo indica el último en llegar es el primero en ser atendido.
- c) Aleatorio. - Esta disciplina, efectúa una selección aleatoria de la entidad que será atendida, esto es, todas las entidades que esperan, tienen igual probabilidad de ser seleccionadas para ser atendidas.

Cuenta la biblioteca con dos ventanillas de servicio donde se atienden por separado a los usuarios del departamento de biología, de los usuarios de los departamentos de Matemáticas, Actuaría y Física; esta separación se hace con el objeto de agilizar el servicio, ya que los usuarios de Biología representan el porcentaje de usuarios más elevado dentro de la Facultad, otro de los fines por los que se hizo la separación, es el de tener una o varias personas encargadas de un solo departamento, con el objeto

de que esta persona, tenga un mejor conocimiento, de cuántos ejemplares existen de cada libro, cuántos están prestados y que en determinado momento, pueda recomendar un libro que sustituya a uno que no se encuentre disponible en ese momento.

Como se mencionó anteriormente, el personal encargado de estas funciones está formado por cuatro personas del turno matutino y tres para el turno vespertino.

Los usuarios pueden encontrar la colocación de un libro de tres formas: Por título, materia y autor, la distribución de estas catalogaciones se encuentra repartida en veintiseis gabetas en los que se encuentran libros de consulta y en una gabeta-archivo para tesis, revistas y folletos.

Ahora bien, al llegar un usuario a la biblioteca puede tomar cualquiera de las siguientes decisiones:

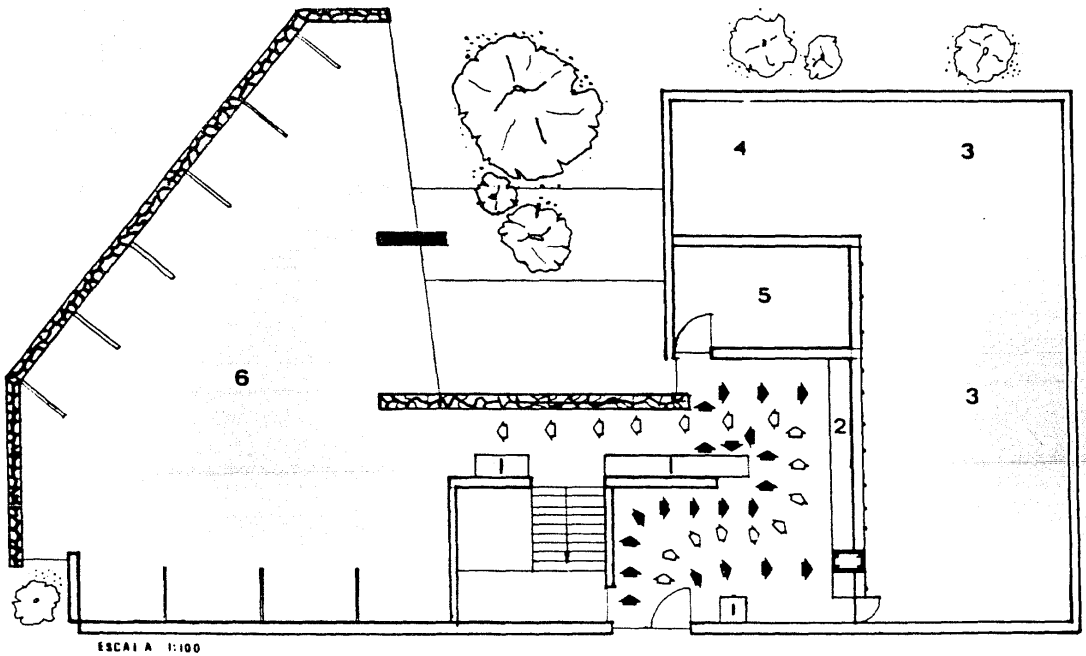
1. Pasar a la sala de lectura, sin pasar por catálogos y mostrador.
2. Pasar a los catálogos, sin pasar por el mostrador.
3. Pasar al mostrador, sin pasar a los catálogos.
4. Pasar a los catálogos y después pasar al mostrador.

En la figura 1 se puede observar, el plano de la sala de servicio de la biblioteca, con flechas que indican estas cuatro posibilidades.

Las llegadas de usuarios a la biblioteca, tienen distribución Poisson, con parámetro μ , variando este parámetro, en los diferentes periodos de tiempo, esto es, se observó que la afluencia de usuarios a la biblioteca depende de varios factores, como día, hora y mes; por ejemplo, el número de llegadas de usuarios a la biblioteca, durante la primera hora de servicio, es mucho más bajo, que el número de llegadas entre las 10 y 11 Hrs.; de la misma manera se puede observar que la afluencia de usuarios, en los primeros días de un semestre escolar es mucho más baja, que en los días en que está por finalizar el semestre.

Los tiempos de servicio, tanto en catálogos, como en mostrador tienen distribución exponencial, con parámetros $\frac{1}{\lambda_1}$ y $\frac{1}{\lambda_2}$ respectivamente, variando también estos parámetros, según la habilidad de la persona que esté dando el servicio y de los usuarios que utilicen los catálogos.

PLANTA BAJA DE LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS



ESCALA 1:100

- 1 CATÁLOGOS
- 2 MOSTRADOR
- 3 ACERVO
- 4 DEPARTAMENTO TÉCNICO
- 5 OFICINA ADMINISTRATIVA
- 6 SALA DE ESTUDIO

FIGURA 1

CLASIFICACION DEL SISTEMA

El sistema puede clasificarse como un sistema abierto, ya que como se dijo antes, la afluencia de usuarios depende de causas externas a éste; es también un sistema discreto, ya que todos los eventos en el sistema, se producen en forma discontinua en el tiempo; sus entidades con sus atributos principales son:

ENTIDADES	ATRIBUTOS
Usuarios	Carrera, tiempos de servicio y de espera.
Catálogos	Ubicación, tipo de catalogación.
Mostrador	Ubicación, departamento

El medio ambiente del sistema, es la Facultad de Ciencias pues los diferentes períodos académicos de ésta, son los que determinan el conjunto de circunstancias, sobre las cuales va a estar el sistema.

Los eventos dentro del sistema son los siguientes:

1. Llegadas de usuarios a la biblioteca
2. Llegada de un usuario al mostrador
3. Llegada de un usuario a cualquiera de los catálogos

4. Inicio de un servicio en cualquier catálogo
5. Inicio de un servicio en el mostrador
6. Terminación de un servicio en cualquier catálogo
7. Terminación de un servicio en el mostrador

Ahora bien, cada evento va a determinar, diferentes actividades dentro del sistema como: Aumento de colas o - procesamientos de servicios.

MODELO DEL SISTEMA

Clasificación:

El modelo es estocástico, ya que tanto la afluencia de usuarios a la biblioteca, como los tiempos de servicio, están dados por una función de probabilidad, el modelo es también dinámico, ya que las interacciones dentro del sistema varían con el tiempo.

Para la construcción de este modelo se hicieron las siguientes consideraciones:

1. Solo se tomaron cuatro catálogos y un mostrador.
2. Para seleccionar el catálogo, se generaron números del 1 al 4 con distribución uniforme.

Para la elaboración del programa, se recopilaron datos durante una semana de 17 a 18 Hrs. (hora pico de turno vespertino), en esta hora, con ayuda de tres personas se tomó nota de: a) Número de llegadas por minuto de usuarios a la biblioteca. b) Total de usuarios que entraron a la biblioteca a esa hora. c) Número de usuarios que pasaron directamente al mostrador. d) Número de usuarios que pasaron directamente a los catálogos y de éstos cuantos pasaban al mostrador. e) Se calculó el tiempo que permaneció cada usuario en el catálogo. f) Se calculó el tiempo de servicio de cada usuario en el mostrador.

Se observó que el tiempo promedio que permanece un usuario en el catálogo es de 3 minutos y medio, y el tiempo de servicio promedio de un usuario en el mostrador es de 3 minutos; durante la hora entraron un promedio de 239 personas, de las cuáles el 9% pasaron directamente a los catálogos, el 30% directamente al mostrador y el resto a la sala de lectura, de los usuarios que pasaron a los catálogos el 93% pasó al mostrador.

Se observó también, que el número de llegadas por minuto de usuarios a la biblioteca tienen distribución poisson y los tiempos de servicio en catálogos y mostrador tienen distribución exponencial, los parámetros variaron su valor en los diferentes días de la semana.

Estos datos aunque dieron una idea del comportamiento de la biblioteca en una hora determinada durante una semana, no pueden utilizarse para hacer generalizaciones, ya que son insuficientes para esto. Para poder hacer generalizaciones, sería conveniente un procedimiento como el seleccionar los días hábiles del año y de estos días por algún tipo de muestreo, obtener una muestra de n días; por ejemplo si se desea que estos días queden repartidos durante todo el año, un muestreo sistematizado sería el adecuado; una vez seleccionados los n días de la muestra habría dos posibilidades, una sería muestrear durante todo el día, y en caso de no ser esto posible nuevamente habría que escoger un tipo de muestreo para seleccionar las horas en las que se obtendrían las muestras, con esto tendríamos una muestra de m horas en n días, con lo cual podríamos hacer mejores inferencias sobre el comportamiento de la biblioteca.

DEFINICION DE VARIABLES

ENT = Tiempo de entrada de un usuario a la biblioteca

AT = Intervalo de tiempo entre la llegada del $(i-1)$ -ésimo usuario y el i -ésimo usuario.

TE = Tiempo de espera de un usuario en el catálogo

TS = Tiempo de servicio de un usuario en el catálogo

TT = Tiempo total que un usuario permanece en el -
catálogo

LCC = Longitud de cola en el catálogo

TSM = Tiempo de servicio de un usuario en el mostra-
dor

TEM = Tiempo de espera de un usuario en el mostra-
dor

TTM = Tiempo total que un usuario permanece en el -
mostrador

LCM = Longitud de cola en el mostrador

TOC = Tiempo de ocio en el catálogo

TOM = Tiempo de ocio en el mostrador

SB = Tiempo de salida de un usuario de la bibliote-
ca

ESPECIFICACIÓN DE VARIABLES, PARAMETROS, CARACTERIS- TICAS DE OPERACION E IDENTIDADES DEL MODELO

VARIABLES EXOGENAS

AT_i = Intervalo de tiempo entre las llegadas del -
(i-1)-ésimo usuario y el i-ésimo usuario a la
biblioteca.

TS_{ij} = Tiempo de servicio del i-ésimo usuario en el j-ésimo
catálogo.

TSM_{ij} = Tiempo de servicio del i-ésimo usuario en -
el mostrador.

VARIABLES DE ESTADO

$TE_{i,j}$ = Tiempo de espera del i -ésimo usuario en el j -ésimo catálogo.

TEM_i = Tiempo de espera en el mostrador del i -ésimo usuario.

TOC_j = Tiempo de ocio del j -ésimo catálogo

TOM = Tiempo de ocio en el mostrador

LCC_j = Longitud de cola en el j -ésimo catálogo, en determinado tiempo.

LCM = Longitud de cola en el mostrador, en determinado tiempo.

VARIABLES ENDOGENAS

$TT_{i,j}$ = Tiempo total que el i -ésimo usuario permanece en el j -ésimo catálogo.

TTM = Tiempo total que el i -ésimo usuario permanece en el mostrador.

TTB = Tiempo total que el i -ésimo usuario permanece en la biblioteca.

PARAMETROS

$E(AT)$ = Intervalo de tiempo esperado entre las llegadas de los usuarios a la biblioteca.

$E(TS)$ = Tiempo de servicio esperado del i -ésimo u-
suario en el j -ésimo catálogo.

$E(TSM)$ = Tiempo de servicio esperado del i -ésimo u-
suario en el mostrador.

$M(TS)$ = Promedio de tiempo de servicio esperado del
 i -ésimo usuario en el j -ésimo catálogo.

$M(TSM)$ = Promedio esperado del tiempo de servicio -
del i -ésimo usuario en el mostrador.

$P(UC)$ = Porcentaje de usuarios que se espera pasen
directamente a los catálogos.

$P(UM)$ = Porcentaje de usuarios que se esperan pasen
de los catálogos al mostrador.

CARACTERISTICAS DE OPERACION

$F(AT)$ = Función de densidad de probabilidad para el
intervalo de tiempo, entre las llegadas de los
usuarios.

$F(TS)$ = Función de densidad de probabilidad, para -
el tiempo de servicio en catálogos.

$F(TSM)$ = Función de densidad de probabilidad, para-
el tiempo de servicio en el mostrador

IDENTIDADES

$ENT = RELOJ + AT$

$$TTM = TEM + TSM$$

$$TT = TE + TS$$

$$TTB = TT + TTM$$

$$SB = ENT + TTB$$

se define DIF como el tiempo de entrada del i -ésimo usuario al j -ésimo catálogo menos el tiempo de salida del $(i-1)$ -ésimo usuario del j -ésimo catálogo.

$$DIF = ENT_i - SAL_{i-1}$$

del valor de DIF depende que en un tiempo determinado ocurra, un tiempo de espera en un usuario o un tiempo de ocio en un catálogo.

Si el valor de DIF es igual con cero
habrá un $TOC=0$ y $TE = 0$

Si el valor de DIF es menor que cero

habrá un $TOC=0$ y $TE = -DIF$

Si el valor de DIF es mayor que cero

habrá un $TOC = DIF$ y $TE = 0$

para el mostrador se define DIFF como el tiempo de entrada del i -ésimo usuario al mostrador menos el tiempo de salida del $(i-1)$ -ésimo usuario al mostrador. Y tiene la misma función que DIF, es decir, determina los tiempos de espera

de un usuario y los tiempos de ocio del mostrador.

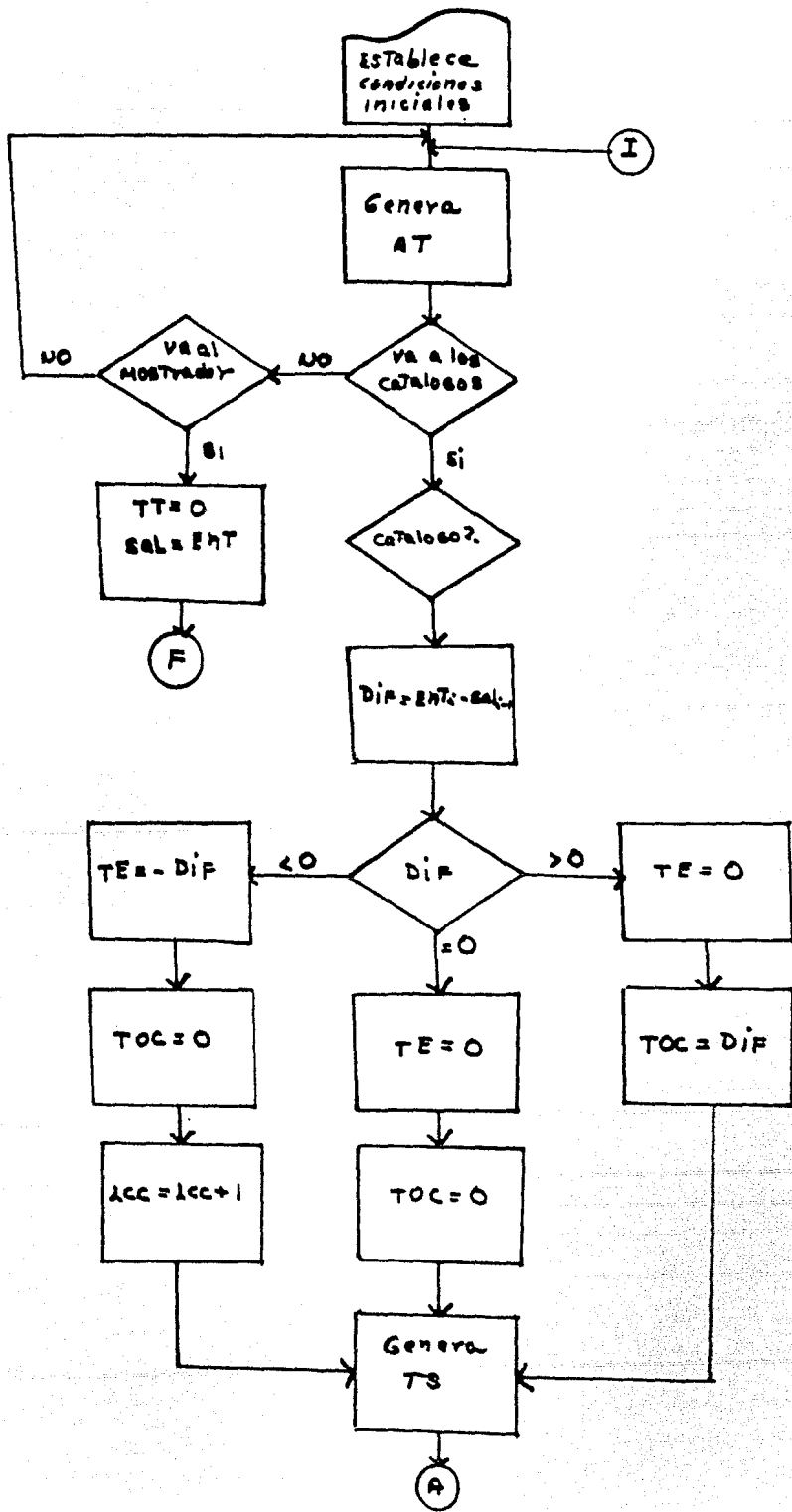
CONDICIONES INICIALES

Reloj = 1020 minutos

I = 100

reloj determina la hora en la cual se inicia la simulación y I el número de usuarios en consideración.

DIAGRAMA DE FLUJO



Establece condiciones iniciales

I

Genera AT

Va a los catalogos

Catalogos?

$DIF = ENT - SAL$

DIF

$TE = - DIF$

$TE = 0$

$TOC = 0$

$TE = 0$

$TOC = DIF$

$ACC = ACC + 1$

$TOC = 0$

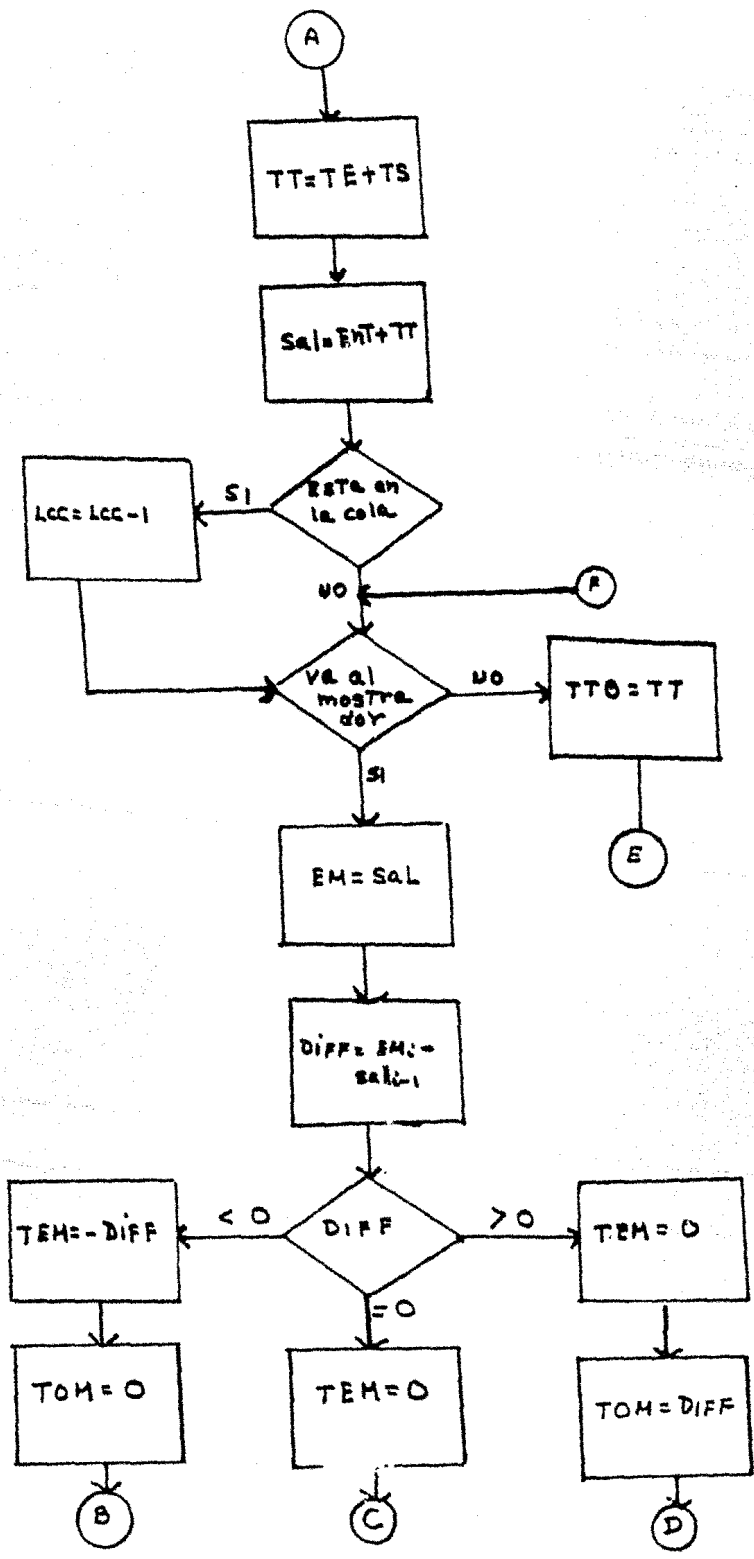
Genera TS

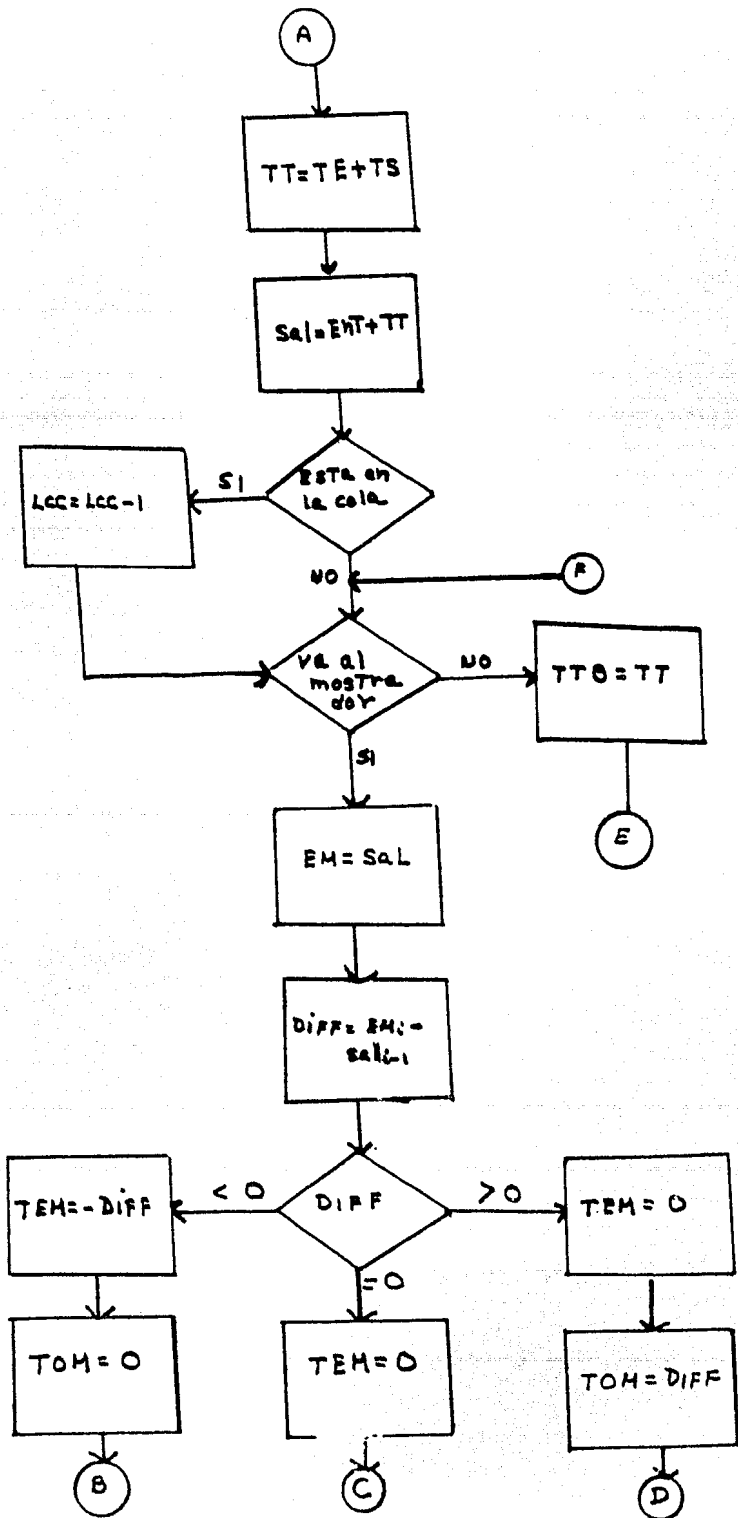
A

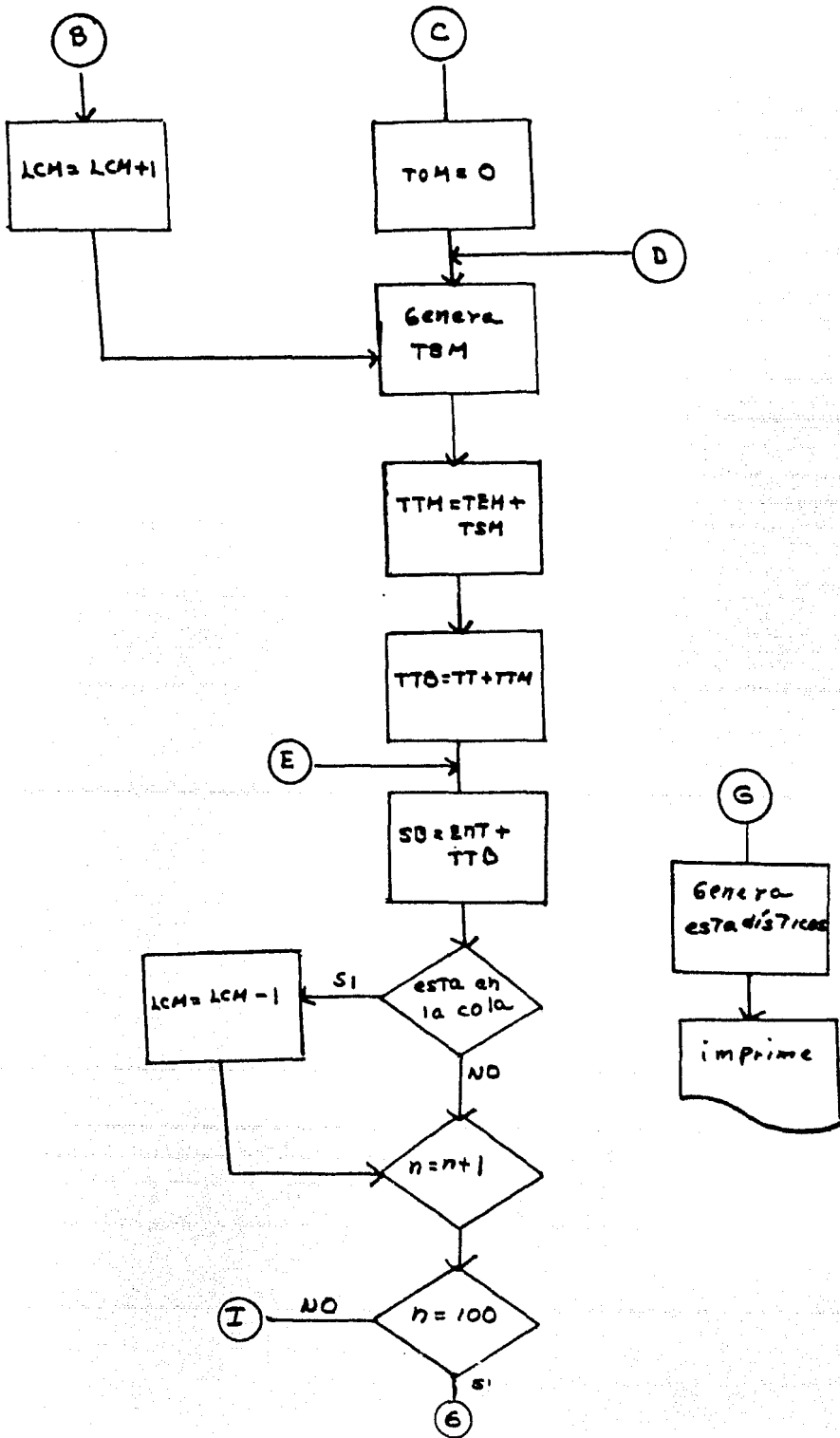
Va al mostrador?

$TT = 0$
 $SAL = ENT$

F







A P E N D I C E 1



== (J C R I) C A I C E / C O D F 1 1 0 = O N = P A C K ==

```

3 SFT LIST
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
COMMENT
ESTE PROGRAMA SIMULA EL SISTEMA DE SERVICIO DE LA BIBLIOTECA CL
LA FACULTAD DE CIENCIAS, CONSIGIEN CUAATRO CATALOGOS Y UN POS
TRABAJ:
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
REGIM

```

```

FILE D01 (NAME=LISF);
FILE D02 (NAME=PRINTF);

```

```

INTEGER
N1, L2, N3, N4, N5, K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, LCC1, LCC2,
LCC3, LCC4, LCC5, DUL0, L, FIF, DIF, L, J, AT, I, TS, TOC, A, P, C,
D, F, T, R, M, C, P, S, T, U, V, W, CH, L1, L2, L3, L4, L5;
REAL B, K, Z1, Z2, O, Z3, FHT, Z4, LL;
INTEGER
ARRAY CCA1[0:101, 1:51], CAT1, CAT2, CAT3, CAT4[0:101], CCA1[0:101],
CCA2, CCA3, CCA4[0:40, 1:21], MST[0:101], CCAH[0:101, 1:21];
LABEL
T1, T2, T3, T4, T5;

```

```

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
COMMENT
PROCEDIME CATALOGOS DETERMINA LOS TIEMPOS DE ESPERA, TIEMPO TOTAL QUE
REMANECE CADA UNIDAD EN EL CATALOGO, ASI COMO EL TIEMPO DE OCIO DE
CADA CATALOGO;

```

```

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
PROCEDIME CATALOGOS (X1, X2, X3, X4, LC, TFC, LCC);
INTEGER X1, X2, X3, X4, LC;
ARRAY TFC[1, LCC[*, *]];

```

```

REGIM
TFC[0] := 0;
X1 := *+1;
SAL := TFC[X1-1];
TFC := TFC + SAL;
IF DIF GT 0 THEN
REGIM
TF := 0;
TOC := TFC;
END
ELSE IF DIF LSS 0 THEN
REGIM
W1 := - DIF;
END
ELSF
REGIM
TF := 0;
TOC := 0;

```

```

00000800 000:0000:0
00000700 000:0000:0
00000600 000:0000:0
00000500 000:0000:0
00000400 000:0000:0
00000300 000:0000:0
00000200 000:0000:0
00000100 000:0000:0
00000000 000:0000:0
1 F 0000 IS SEGMENT 00003
00002JCC 003:0000:1
DATA IS 0005 LONG
00003000 003:0000:1
DATA IS 0005 LONG
00004000 003:0000:1
00005000 003:0000:1
00006000 003:0000:1
00007000 003:0000:1
00008000 003:0000:1
00009000 003:0000:1
00010000 003:0000:1
00011000 003:0000:1
00012000 003:0000:1
00013000 003:0000:1
00014000 003:0000:1
00015000 003:0000:1
00016000 003:0000:1
00017000 003:0000:1
00018000 003:0000:1
00019000 003:0000:1
00020000 003:0000:1
00021000 003:0000:1
00022000 003:0000:1
00023000 003:0000:1
00024000 003:0000:1
00025000 003:0000:1
00026000 003:0000:1
00027000 003:0000:1
2 00028000 003:0010:1
00029000 003:0011:1
00030000 003:0012:1
00031000 003:0013:1
00032000 003:0014:1
3 00033000 003:0015:1
00034000 003:0016:1
00035000 003:0017:1
3 00036000 003:0018:1
00037000 003:0019:1
3 00038000 003:001A:1
00039000 003:001A:1
3 00040000 003:001A:1
00041000 003:001A:1
3 00042000 003:001B:1
00043000 003:001B:1

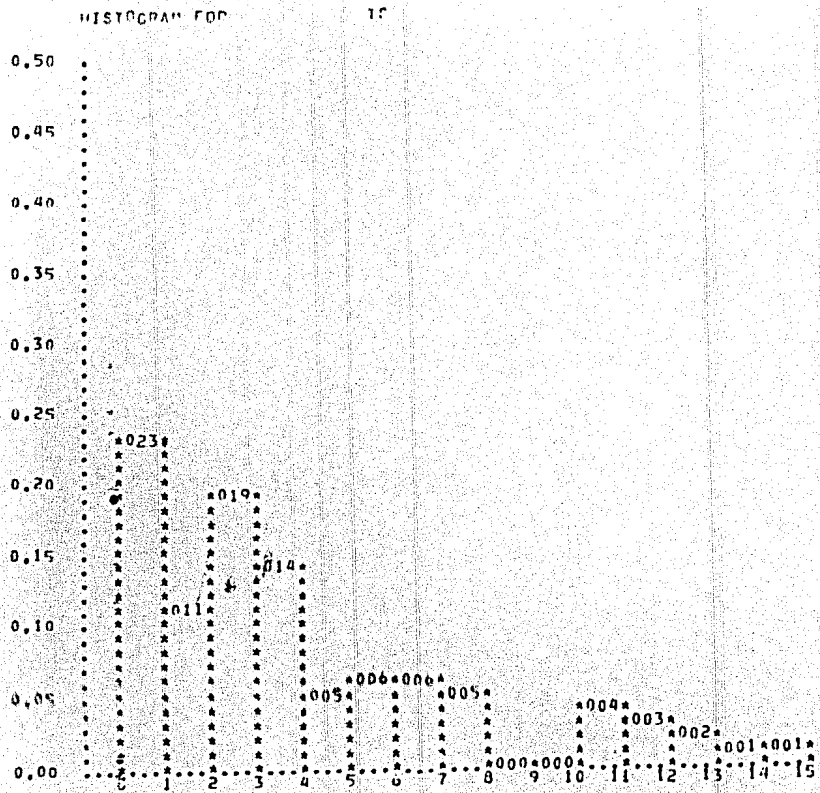
```


JOB REF= *****
 PROC REF= HIST
 DATA REF= DAT00
 ANALYSIS= UNIVAP
 DATA SET= 1

STATISTICAL

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS= 100

PAGE 7
 BASIS 7.00
 05/16/78



JOB REF= *****
PROC REF= HIST
DATA REF= DATOS
ANALYSIS= UNIVAR
DATA SET= 1

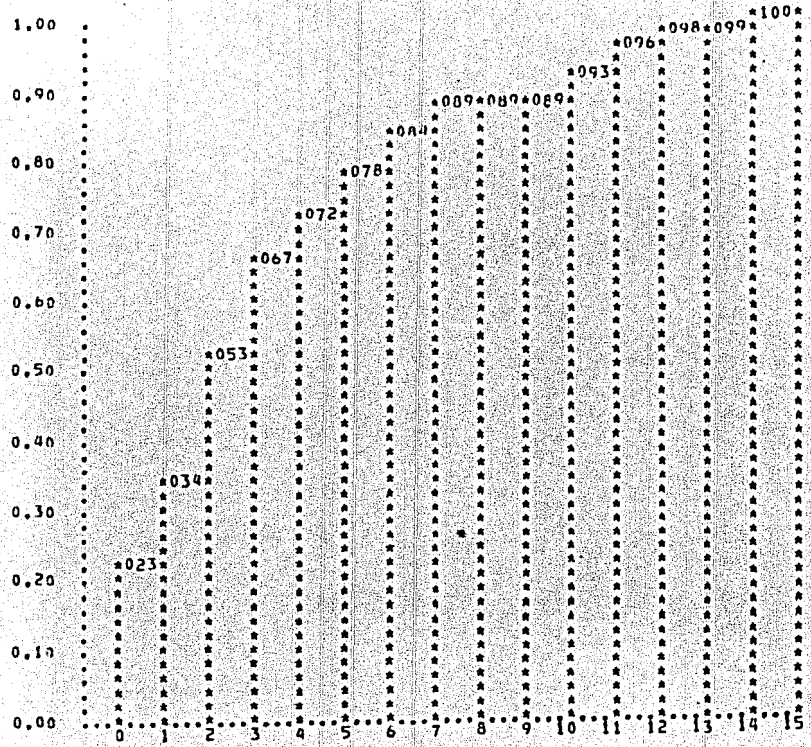
ESTADISTICAS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS= 100

PAGE 18
BASIS 7, 66
05/16/78



CUMULATIVE HISTOGRAM FOR TS



JOB EFF= *****
 PROC EFF= HIST
 DATA DEF= DATOS
 ANALYSIS= UNIVAR
 DATA SET= 1

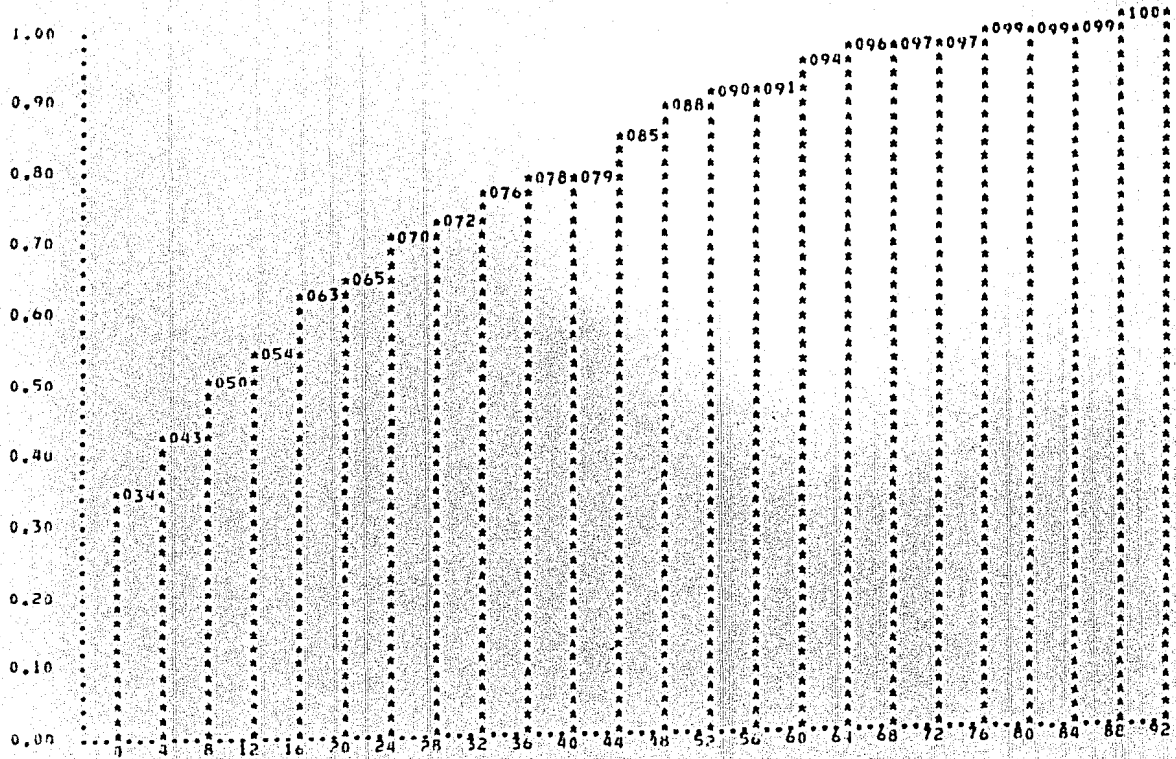
ESTADISTICAS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS= 100

PAGE 15
 BASIS 7, 66
 05/16/79



CUMULATIVE HISTOGRAM FOR TE



JOB REF=*****
 PROC REF= HIST
 DATA REF= DATOS
 ANALYST= UNIVAR
 DATA SET= 1

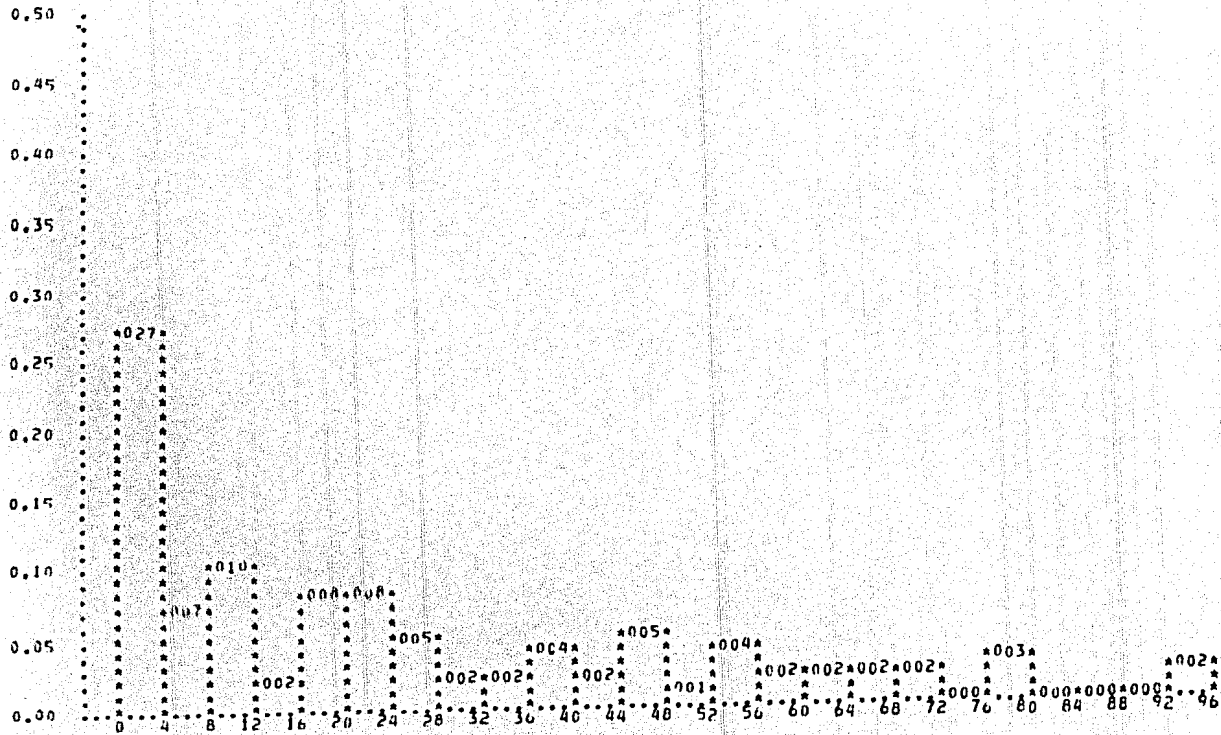
FGSTADISTICAS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS* 100

PAGE 1
 BASIS 7 06
 05/16/79



HISTOGRAM FOR IT

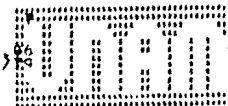


JOB REF = *****
 PROC REF = TEST
 DATA REF = DATOS
 ANALYSIS UNIVAR
 DATA SET = 1

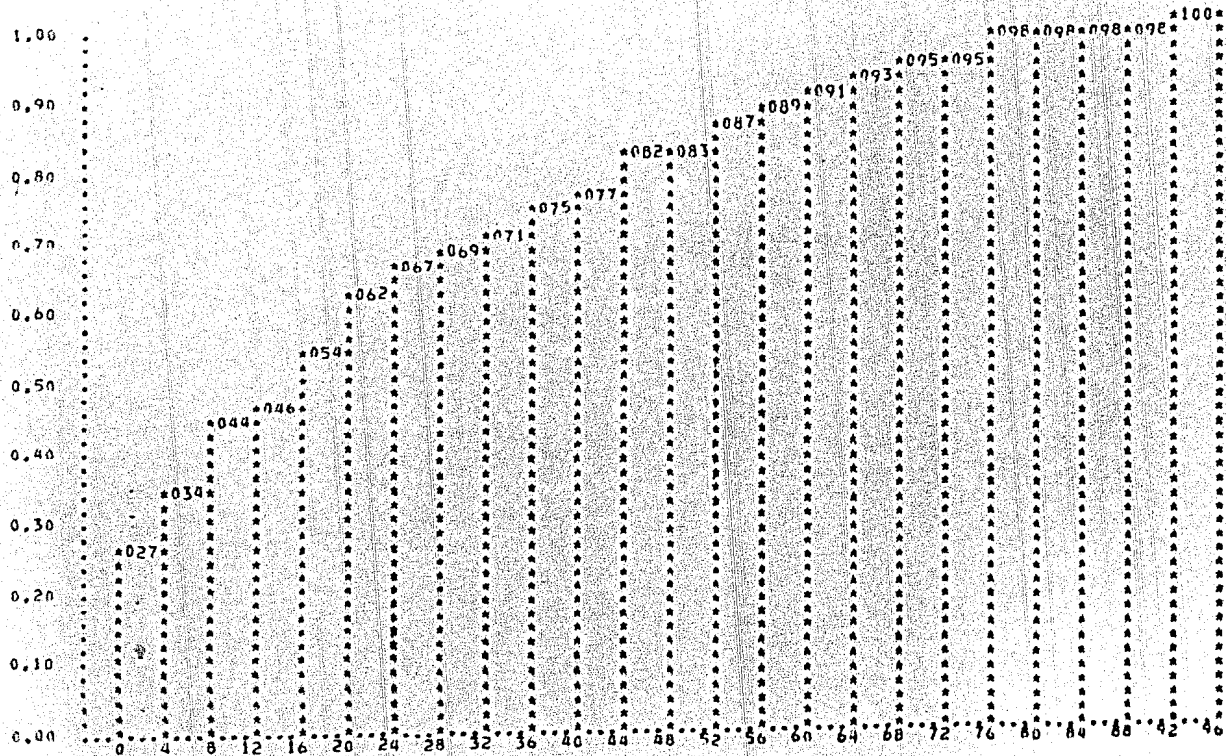
ESTADISTICAS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM HEIGHTS= 100

PAGE
 PASIS 7, 06
 05/16/79



CUMULATIVE HISTOGRAM FOR TT



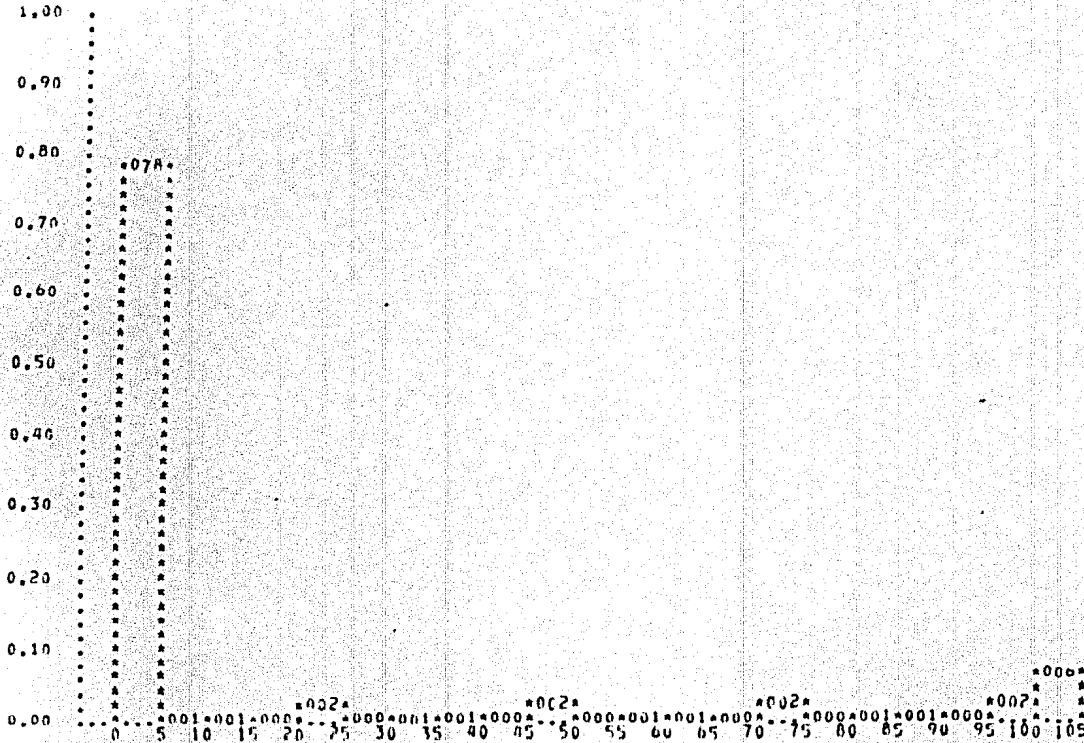
JOB REF= *****
 PROC REF= HIST
 DATA REF= DATOS
 ANALYSIS= UNIVAR
 DATA SET= 1

ESTADISTICAS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS= 100

PAGE 0001
 BASIS 7, 8, 9
 05/16/79

HISTOGRAM FOR TEM



JOB DEF *****
 PROC REF HIST
 DATA DEF DATOS
 ANALYSIS UNIVAR
 DATA SET 1

ESTADÍSTICAS

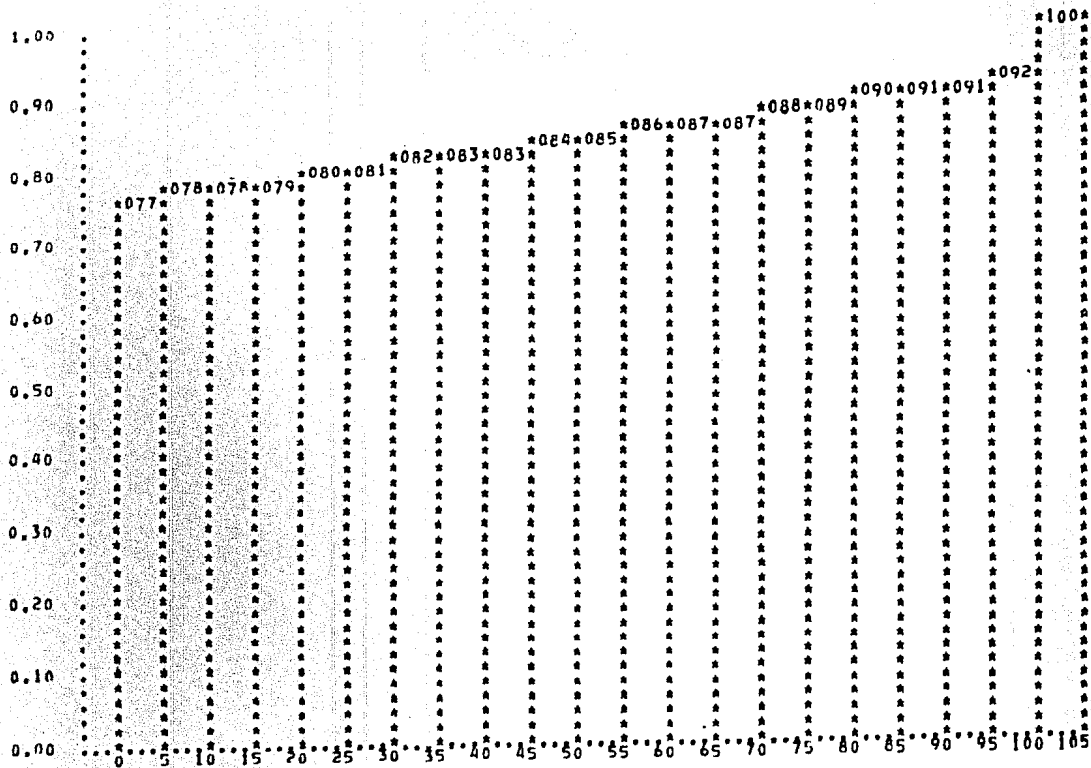
OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED,

REJECTED, SUN HEIGHTS* 100

PAGE
 BASIS 7, 85
 05/16/75



CUMULATIVE HISTOGRAM FOR TTH



JOB DEF= *****
 PROC EFF= HIST
 DATA CFF= DATOS
 ANALYSIS= UNIVAR
 DATA SET= 1

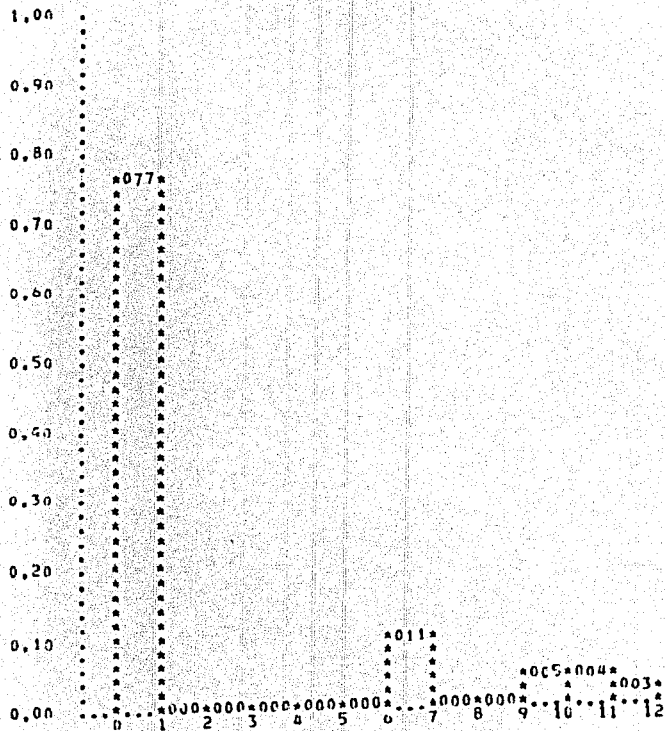
ESTADÍSTICAS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED. SUN HEIGHTS# 100

PAGE 1
 BASIS 7, 6
 05/16/79



HISTOGRAM FOR TSM

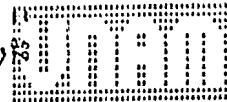


JOB EFF= *****
 PROC EFF= HIST
 DATA EFF= DATOS
 ANALYSIS= UNIVAR
 DATA SET= 1

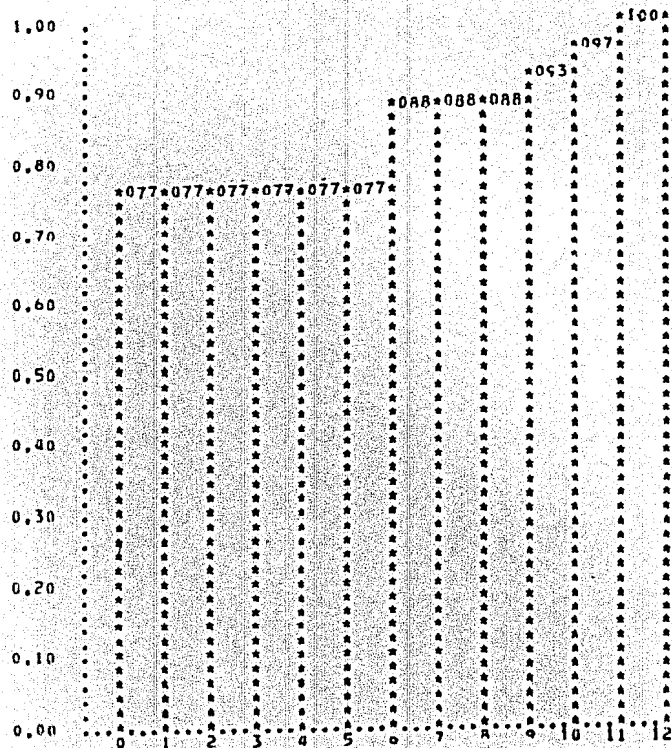
STATISTICS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS= 100

PAGE 11
 BASIS 7.85
 05/16/80



CUMULATIVE HISTOGRAM FOR TSM



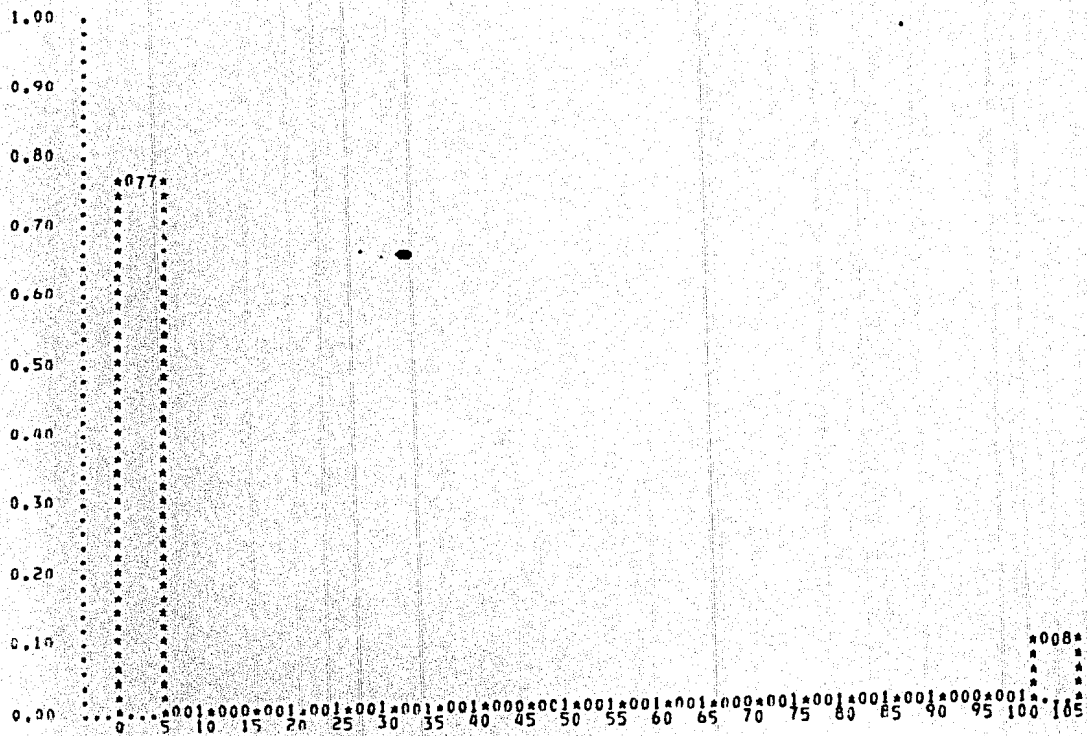
JOB REF= *****
 PROC REF= HIST
 DATA REF= DATOS
 ANALYSIS= UNIVAP
 DATA SET= 1

ESTADISTICAS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS= 100

PAGE 1
 BASIS 7.00
 05/16/79

HISTOGRAM FOR T



JOB DEF *****
 PROC DEF HIST
 DATA DEF DATOS
 ANALYSIS UNIVAR
 DATA SET I

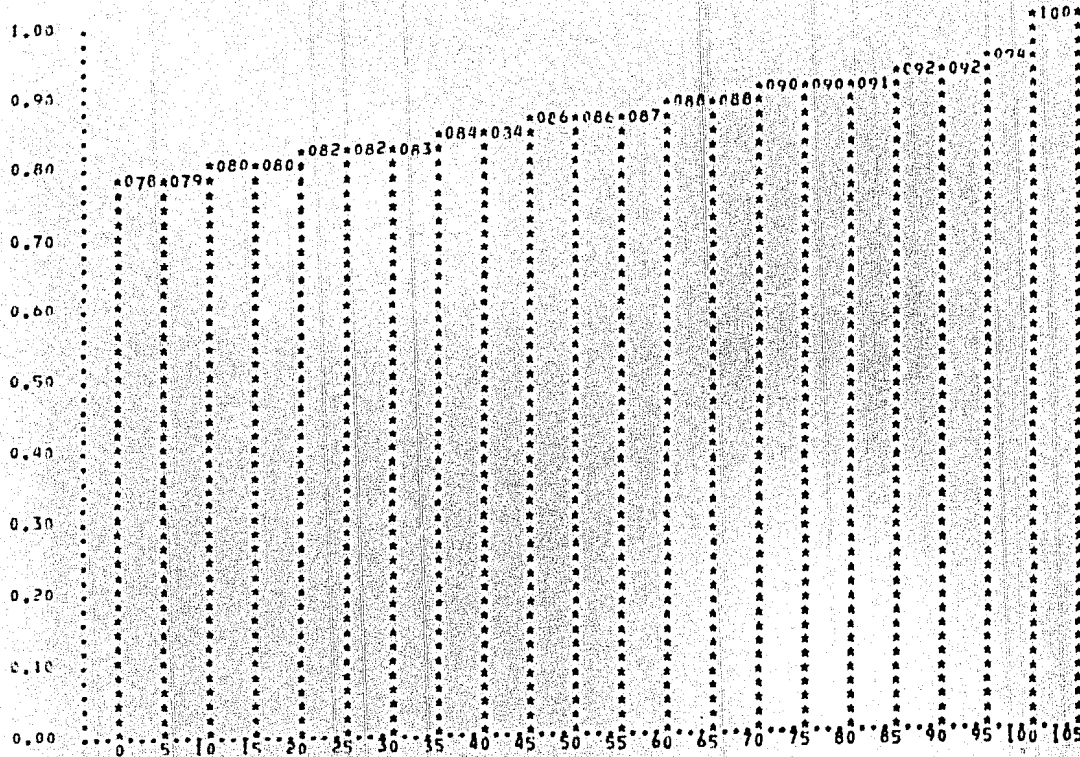
ESTADISTICAS

OBSERVATIONS: 100 READ, 100 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS= 100

PAGE
 BASIS 7, 06
 05/16/79



CUMULATIVE HISTOGRAM FOR TFM



APENDICE 2

C O N C L U S I O N E S

C O N C L U S I O N E S

El programa, simula el comportamiento de la biblioteca, aunque no en un momento específico, es decir genera 100 entradas a la biblioteca a partir de las 5 de la tarde y de estas escoge aleatoriamente porcentajes para los siguientes casos:

1. Número de usuarios que pasan directamente al mostrador.
2. Número de usuarios que pasan directamente a los catálogos.
3. Número de usuarios que de los catálogos pasan al mostrador.

El programa funciona de la siguiente manera:

Asigna aleatoriamente que usuario pasa a los catálogos : al mostrador, si pasa al catálogo le asigna también-

aleatoriamente un número del 1 al 4 para indicar el catálogo al que va a entrar el usuario, por último un nuevo número aleatorio indica si este usuario pasa o no al mostrador, los tiempos de servicio tanto en catálogos como en mostrador fueron generados aleatoriamente con distribución exponencial, que como se indicó anteriormente fue la distribución que se observó. Para generar los números del 1 al 4 se utilizó una función de distribución uniforme, aunque no se verificó que realmente ésta fuera. Los porcentajes de usuarios que pasan a catálogos y mostrador, fueron determinados por el siguiente procedimiento:

Para cada caso se generaron números aleatorios con distribución uniforme y todos los números menores que un número K (diferente para cada caso) determinaban a los usuarios que pasarían a los catálogos o mostrador; ahora bien aunque esto sirvió para verificar el funcionamiento del programa, este procedimiento y la selección de catálogos deberán reconsiderarse a la hora de hacer una simulación en un tiempo determinado, pues por ejemplo el valor de los porcentajes para los diferentes casos deberán tener más exactitud.

Como se mencionó anteriormente se consideraron 4 catálogos y un mostrador, si se desea aumentar el número de catálogos deberá aumentarse el número de arreglos con los

nombres c_{ati} y Q_{cati} ($i=1, 2, 3, 4$), para aumentar el número de mostradores, un procedimiento sería el siguiente:

1. La variable LCM (Longitud de cola en el mostrador) debería cambiarse por LCM_i (longitud de cola en el mostrador i), si solo se aumenta otro mostrador, puede utilizarse el mismo formato de salida.
2. La parte del programa que calcula tiempos de espera y tiempos totales en el mostrador está incluida entre las etiquetas $t1$ a la $t5$, al aumentar el número de mostradores, sería conveniente incluir esta parte en un procedure, como se hizo para los catálogos (procedure catálogos).

Otra observación sobre el programa es el que genera entradas pero no controla el tiempo transcurrido, si se desea por ejemplo tener una hora límite para simular, un procedimiento podría ser el de comparar cada tiempo de entrada nuevo con la hora límite si es menor continúa el proceso y si es igual o mayor termina.

Una vez generadas las 100 entradas, se calculan las estadísticas.

BIBLIOGRAFIA

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

1. *Geoffrey Gordon-System Simulation*
1969 Prentice-Hall series in automatic computation
2. *Robert E. Shannon-System simulation the art and science* 1975. Prentice-Hall Inc.
3. *Naylor, Balintfy, Burdick y Chu-Técnicas de simulación en computadoras-1971.* Editorial Limusa, S.A.
4. *George S. Fishman- Conceptos y métodos en la simulación digital de eventos discretos - 1978* Editorial Limusa, S.A.
5. *Sidney Siegel - Estadística no paramétrica*
1970 Editorial Trillas, S.A.
6. *Bernard Ostle - Estadística Aplicada*
1965 Editorial Limusa, S.A.