



3
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
A C A T L A N

**LA SIMULACION COMO ALTERNATIVA
EN EL ANALISIS DE SISTEMAS:
UN CASO PRACTICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

ACTUARIO

P R E S E N T A :

ARTURO ANDREA PIZANO NAVARRO

MEXICO, D. F.

1980



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.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA Y ACTUARIA.

CAI-A-052/80.

SR. ARTURO ANDREA PIZANO NAVARRO
Alumno de la Carrera de Actuario,
P r e s e n t e.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 5 de junio de 1980, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: - "La simulación como alternativa en el análisis de sistemas: Un caso práctico" el cual se desarrollará como sigue:

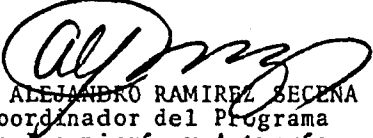
- I.- Generalidades sobre simulación
- II.- El sistema en estudio
- III.- La simulación como alternativa
- IV.- Conceptos básicos de dynamo
- V.- Diseño del modelo
- VI.- Validación y análisis de resultados
- VII.- Conclusiones

Asímismo fué designado como Asesor de Tesis el señor José Luis Vázquez Santamarina, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar -- servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses -- como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de -- Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en -- lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título -- del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimir se en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 14 de Julio de 1980.




ING. ALEJANDRO RAMIREZ SECENA
Coordinador del Programa
de Ingeniería y Actuaría.

ENEP - ACATLAN
COORDINACION DE
INGENIERIA Y ACTUARIA

CONTENIDO

P R E F A C I O

vi

capítulo uno

GENERALIDADES SOBRE SIMULACION

1

- 1.1 Introducción 1**
- 1.2 Ventajas y desventajas de la simulación 5**
- 1.3 Clasificación de modelos 9**
- 1.4 Estructura de un modelo de simulación 11**
- 1.5 Criterios para construir un buen modelo 14**
- 1.6 El proceso de simulación 16**

capítulo dos

E L S I S T E M A E N E S T U D I O

26

- 2.1 Antecedentes 26**
- 2.2 El proceso de captura 28**
- 2.3 Características del proceso de captura 31**
- 2.4 Problemática 38**

capítulo tres

LA SIMULACION COMO
ALTERNATIVA

39

- | | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | La simulación en el proceso de captura | 39 |
| 3.2 | Aspectos de consideración | 45 |
| 3.3 | Tipos de simulación por computadora | 49 |
| 3.4 | Método de Monte-Carlo | 53 |
| 3.5 | Lenguaje de simulación | 59 |
| 3.6 | Selección del lenguaje | 78 |

capítulo cuatro

CONCEPTOS BASICOS DE
DYNAMO

81

- | | | |
|-----|---|-----|
| 4.1 | Introducción | 81 |
| 4.2 | Manejo de tiempo | 82 |
| 4.3 | Variables: Ecuaciones DYNAMO | 95 |
| 4.4 | Secuencia de cálculo | 89 |
| 4.5 | Reglas para construir ecuaciones DYNAMO | 95 |
| 4.6 | Funciones DYNAMO | 97 |
| 4.7 | Marcos | 108 |
| 4.8 | Tarjetas de direccionamiento y control de trabajo | 110 |

capítulo cinco

DISEÑO DEL MODELO 115

5.1 Descripción gráfica del sistema 115

5.2 Características del modelo 118

5.3 Entrada de datos 126

5.4 Ecuaciones del modelo 152

capítulo seis

VALIDACION Y ANALISIS DE RESULTADOS 184

6.1 Validez del modelo 184

6.2 Verificación 185

6.3 Validación 186

6.4 Análisis de resultados 190

capítulo siete

CONCLUSIONES 215

apéndice A

EL PROGRAMA IOSIMULA *

Agradezco

A mis Maestros, por los conocimientos y experiencias que adquirí a su lado

A mis Compañeros, de la Generación 77-80 por su -- amistad y apoyo

A la Familia Lucio-Muñoz por el cariño que me han - brindado durante estos años

Al Personal del Departamento de Investigación de Operaciones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público por sus valiosas opiniones y muy especialmente al Sr. Mat. José de Jesús Romo Moreno por las facilidades que me dió para la realización de este trabajo

Al Ing. José Luis Vázquez Santamarina por su desinteresada colaboración en el desarrollo del mismo.

A todas aquellas personas que se han preocupado por - mi desarrollo profesional

ARTURO PIZANO NAVARRO

Octubre, 1980

PREFACIO

En los últimos años las matemáticas han logrado un avance extraordinario, es por ello que actualmente se pueden apreciar sus aplicaciones en, prácticamente, todos los campos. Estas aplicaciones se basan en el diseño de modelos que representan situaciones específicas de los sistemas que se están estudiando. En ocasiones, la formulación de un modelo matemático puede volverse muy compleja o, aún en el caso de que éste pueda construirse, las técnicas disponibles para implementarlo pueden no ser suficientes. En estos casos, es necesario buscar otros medios para analizar los sistemas.

Desde la aparición de la computadora electrónica en la década de los 50's, se ha desarrollado un poderoso instrumento de análisis cuyo impacto en varias disciplinas científicas ha sido significativo.

Este instrumento es la Simulación.

En sentido general, la simulación se relaciona con el estudio de sistemas en el tiempo. Los modelos de simulación son diseñados para mostrar las características de los sistemas que representan observando el comportamiento de los mismos a través del tiempo y, posteriormente, recopilando la información pertinente.

La simulación es, probablemente, la más versátil de las herramientas disponibles para el análisis de sistemas complejos, ya que posee una gran flexibilidad en la construcción de un modelo. Esta versatilidad aumenta con el uso de las computadoras para realizar las simulaciones.

El objetivo del presente trabajo es diseñar un modelo de un sistema real, que permita apreciar la aplicación de la simulación como apoyo para el análisis de sistemas complejos.

Para apreciar realmente las ventajas y desventajas de esta técnica se ha seleccionado un sistema que por sus características -- permite aplicarla de manera natural. El sistema elegido es el -- "Proceso de Captura de Datos en un Sistema de Información".

En el primer capítulo se trata una introducción a los conceptos más importantes de la técnica de Simulación. En el capítulo dos se describe el Proceso de Captura para, posteriormente, en el capítulo tres justificar la simulación como recurso para analizarlo. En este mismo capítulo se menciona las ventajas en el uso de una computadora y se hace una evaluación de los diferentes lenguajes de computación enfocados a esta técnica, finalizando con la elección del lenguaje utilizado.

El capítulo cuatro se ocupa de la introducción de los conceptos básicos del lenguaje seleccionado, haciendo hincapié en aquellos que serán más útiles en el diseño del modelo.

Los capítulos quinto y sexto se refieren al diseño del modelo. En el primero de ellos se explica las características principales del sistema así como la forma de considerarlo en el modelo. El segundo contiene la validación del mismo así como un análisis de los resultados obtenidos.

En la parte final del trabajo, capítulo siete, se hace una evaluación de la efectividad de la simulación como herramienta del Análisis de Sistemas.

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE SIMULACION

1.1 INTRODUCCION

La toma de decisiones en nuestros días se ha venido dificultando a medida que los sistemas sociales creados por el hombre crecen en su complejidad. Esta complejidad surge de las interrelaciones entre los elementos de las organizaciones y los sistemas físicos con que interactúan. A pesar de que esta complejidad ha existido por mucho tiempo, apenas se empieza a apreciar su importancia. Es ahora cuando se reconoce que cambiar una parte del sistema puede producir alteraciones, o bien, crear la necesidad de ellas en otras partes del mismo: es aquí, donde la ciencia del análisis de sistemas se ha enfocado a estudiar y entender la ramifi-

cación de dichos cambios. Particularmente desde el advenimiento de las computadoras electrónicas, se ha desarrollado una de las más importantes y útiles herramientas para analizar el diseño y operación de sistemas complejos. Esta herramienta es la Simulación.

Hasta el momento se ha utilizado en varias ocasiones la palabra Sistema. Antes de continuar con el trabajo y debido a que será de utilidad para el desarrollo del mismo, es conveniente establecer los conceptos de Sistema y Modelo.

Existen varias acepciones de la palabra Sistema. Desde el punto de vista de la simulación, se puede decir que "Sistema es un conjunto de objetos o entidades relacionados entre si de alguna manera".⁽¹⁾

Como se puede observar, casi cualquier cosa se puede identificar como un sistema y así, por ejemplo, el cuerpo humano es un sistema, una refinería es un sistema, y como éstos una infinidad de ejemplos.

Debido a la gran variedad de los sistemas, se ha convenido clasificarlos refiriéndose a ciertas características comunes a la mayoría de ellos. De acuerdo a los cambios que a través del tiempo sufren los componentes de un sistema se tienen: Sistemas Continuos, - Sistemas Discretos y Sistemas Mixtos.

Desde otro punto de vista, los sistemas pueden clasificarse como determinísticos, si la ocurrencia de los cambios o la duración de los mismos no dependen de factores aleatorios, o probabilísticos, cuando existen fenómenos azarosos que afectan su comportamiento.

El otro concepto intimamente ligado a la Simulación de Sistemas es el de modelo. De las varias definiciones de modelo existentes, se ha seleccionado la siguiente por considerarse afin a los objetivos de este trabajo.

"Modelo, es el conjunto de información que se tiene acerca de un Sistema, organizado de tal forma que permite observar el comportamiento del mismo, bajo determinadas condiciones".⁽¹⁾

En la sección 1.3 se presenta una clasificación de los Modelos de Simulación.

De acuerdo a estas definiciones y tomando en cuenta que, en esencia, cada modelo o representación de un ente es una forma de simulación, la siguiente es una de varias definiciones de Simulación:

" Simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real, y conducir experimentos con el mismo, con el propósito, ya sea de conocer la conducta del sistema, o bien, evaluar distintas estrategias para su operación".⁽²⁾

En esta definición se entiende por "modelo de un sistema real" la representación del grupo de objetos o ideas que lo componen, - en forma diferente a la entidad misma; y aquí, el término "real" se usa en el sentido de "existente o capaz de existir", i. e., --- aquellos sistemas que están en una etapa preliminar o de planeación pueden ser modelados en igual forma que los ya existentes. - De esta definición también desprende el hecho de que la simulación no consta sólo del diseño del modelo, sino también comprende el uso analítico del mismo para estudiar el problema.

Bajo esta definición, la simulación puede o no ser tipo probabilista, esto es, los datos de entrada del modelo y las relaciones -- funcionales del mismo pueden o no, contener elementos aleatorios sujetos a las reglas de la probabilidad. Aún más, la definición no se restringe a la experimentación conducida por medios electrónicos, muchas simulaciones pueden ser llevadas a cabo utilizando - alguna otra herramienta. La simulación, por lo tanto, es una metodología experimental y aplicada que trata de:

- describir la conducta de los sistemas
- construir teorías e hipótesis a partir de la conducta observada
- usar estas teorías para predecir el comportamiento futuro i. e., los efectos que pro-

ducirán los cambios en el sistema o, en su modo de operación.

1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACION

Todo modelo de simulación es también llamado modelo de entrada-salida. Es decir, que llega a la salida del sistema, dada la entrada a los subsistemas que lo constituyen. Antes de establecer las ventajas y desventajas de la simulación, es necesario dejar -- claro que la simulación no resuelve el problema en el sentido de los modelos analíticos, es sólo una herramienta que ayuda al análisis de la conducta del sistema, bajo condiciones especificadas -- por el experimentador. Es por esto que la simulación es una metodología y no una teoría. Aún más, la simulación es sólo una de varias aproximaciones para la solución del problema, a la disposición del analista de sistemas.

Como es necesario crear la herramienta propia de cada problema y no viceversa, esto conduce naturalmente a una pregunta: -- ¿Cuándo es útil la simulación?

Se ha definido la simulación como la experimentación en un modelo del sistema real, entonces, el problema principal de la simulación es, la validez que tenga el modelo, en tanto que represente

realmente al sistema en cuestión. A primera vista, esto sugiere la experimentación en el sistema real en lugar de la simulación. Sin embargo esta experimentación directa tiene desventajas que - en ocasiones son muy grandes.

- Puede afectar seriamente la operación del sistema (si éste ya existe)
- Si el factor humano es parte del sistema, el llamado "Efecto Hawthorne" puede afectar los resultados. Esto es, si la gente está siendo observada, normalmente modifica su conducta.
- Puede ser muy difícil mantener las mismas condiciones de operación para cada una de las repeticiones del experimento.
- La elección del tamaño de muestra puede ser muy costosa.
- Puede no ser posible explorar ciertas alternativas en la experimentación directa.

Por lo tanto, se debe considerar el uso de la simulación cuando una o varias de las siguientes condiciones existan:

- No hay una formulación matemática del problema, o los métodos analíticos apropiados para resolver el modelo matemático no han sido desarrollados o no están disponibles - (Muchos problemas de líneas de espera están en este caso)
- Los métodos analíticos están disponibles, pero los procedimientos matemáticos son muy complejos y, por lo tanto, la simulación provee un método más simple de solución.
- La solución analítica del problema existe y es posible utilizarla, pero no se cuenta con los recursos necesarios para ello.
- Se desea observar la historia del proceso a través del tiempo para estimar ciertos parámetros.
- La simulación puede ser el único modelo posible para conducir experimentos y observar los fenómenos en su medio ambiente natural. (Este es el caso del estudio de vehículos espaciales)

- El tiempo que requiere la experimentación puede ser muy grande. La simulación ofrece un control absoluto sobre el tiempo, ya que un fenómeno puede ser "acelerado" o "retrasado" sin problema (Algunos problemas demográficos están en este caso).

Otra ventaja de la simulación es su poder educacional. El desarrollo y uso de los modelos permite al experimentador jugar con el sistema. Esto puede proporcionarle una gran ayuda para entender y sentir mejor el problema, estimulando, al mismo tiempo, su capacidad de innovación.

Desprovista de elegancia y sofisticación matemática, la simulación es una de las técnicas cuantitativas más usadas en la toma de decisiones. A pesar de todo lo anterior, la simulación no es siempre la técnica más adecuada. A continuación se presentan algunas razones que avalan esta afirmación.

- Desarrollar un modelo de simulación es, en ocasiones, muy costoso y requiere -- mucho tiempo, además de cierto talento, que puede no estar disponible.
- Una simulación puede hacer que una si-

tuación parezca cercana a la realidad, cuando en verdad, no lo es.

- La simulación es imprecisa, y no es posible medir el grado de imprecisión. El análisis de sensibilidad, al cambiar los parámetros del modelo, resuelve sólo en parte ese problema.
- Usualmente, los resultados de una simulación son numéricos, de donde surge el riesgo de atribuirles un grado de validez mayor al que realmente tienen.

De lo anterior se concluye que la simulación, a pesar de ser una técnica muy útil para aproximarse a la solución de un problema, ciertamente no es la panacea en la toma de decisiones.

- (3)

1.3 CLASIFICACION DE MODELOS

Desde el punto de vista de su naturaleza, los modelos se pueden clasificar como Físicos o Abstractos y estos últimos a su vez como Matemáticos o Descriptivos.

Los modelos físicos, también conocidos como Icónicos, son por lo general representaciones a escala del sistema real. Un ejemplo de -

estos modelos, son las plantas piloto o los modelos de aeroplanos utilizados en aeronáutica.

Los modelos Matemáticos, consisten en un conjunto de relaciones matemáticas; este conjunto puede ser muy sencillo, con una simple ecuación, o bien muy complejo, como un sistema de ecuaciones diferenciales parciales. Debido a esta característica, también se les conoce como Modelos Simbólicos.

Los modelos Descriptivos, también llamados Analógicos, constituyen básicamente un puente entre los modelos físicos y los matemáticos. Estos modelos tratan de describir físicamente (y de ahí su nombre) a los sistemas. Esta descripción puede ser verbal, gráfica o de cualquier otro tipo y generalmente utiliza conceptos matemáticos para lograr su objetivo. Un ejemplo de estos modelos, es el conjunto de gráficas que representan las ventas y el crecimiento de una empresa en los últimos cinco años.

Desde otro punto de vista, los modelos pueden clasificarse como Estáticos o Dinámicos.

Son estáticos aquellos que representan a un sistema en forma independiente del paso del tiempo, como por ejemplo, las maquetas que construyen los arquitectos para visualizar el aspecto que tendrá un edificio una vez construido, o como la matriz de insumo produc-

to de un sistema económico.

Los Modelos Dinámicos están elaborados de tal forma que permiten estudiar los cambios que ocurren en un sistema a través del tiempo.

Por último y al igual que en la Clasificación de los Sistema, el elemento aleatorio permite distinguir dos tipos de modelos: Los modelos Probabilísticos y los Determinísticos de acuerdo a la intervención o no, de elementos aleatorios.

1.4 ESTRUCTURA DE UN MODELO DE SIMULACION

Antes de empezar a desarrollar un modelo, es necesario entender la estructura de los bloques que lo forman. Pese a la complejidad matemática o física que puede presentar un modelo, su estructura fundamental es muy simple. Se puede representar esta estructura de la siguiente manera: (2)

$$E = f (X_i, Y_i)$$

donde

- E Efecto en el funcionamiento del sistema
- X_i Variables y parámetros controlables
- Y_i Variables y parámetros no controlables
- f Relación entre X_i y Y_i que da lugar a E

Esta sobresimplificación no es de mucha ayuda, excepto porque muestra que el funcionamiento del sistema está afectado por las variables bajo control, así como por aquéllas fuera de él.

Desagregando esta estructura, se observa que casi todos los modelos de simulación contienen alguna combinación de los siguientes elementos:

- Componentes
- Variables
- Parámetros
- Relaciones funcionales
- Restricciones
- Funciones de criterio

COMPONENTES, son todos aquéllos entes que al unirse dan lugar al sistema. Algunas veces se hace referencia a los componentes como los elementos del sistema o como los subsistemas del mismo.

Los PARAMETROS son aquéllas cantidades a las cuales el operador del modelo puede asignar valores arbitrarios, y se distinguen de las VARIABLES, en que éstas sólo pueden tomar valores en el rango de las relaciones funcionales.

Existen dos tipos de variables; endógenas y exógenas. Las exó-

genas son también llamadas variables de entrada, i.e., son variables originadas o producidas fuera del sistema, o que resultan de causas externas. Las variables endógenas son aquellas que se producen dentro del sistema o resultantes de causas internas. También se conocen como variables de status (para indicar su estado o condición dentro del sistema) o variables de salida (cuando salen de él).

Las RELACIONES FUNCIONALES describen el comportamiento de las variables y parámetros dentro de las componentes del sistema. Estas relaciones y operaciones características son de naturaleza determinística o estocástica. Ambos tipos de relaciones funcionales toman, usualmente, la forma de ecuaciones matemáticas, relacionando las variables endógenas con las exógenas y los parámetros.

Las RESTRICCIONES son limitaciones impuestas a los valores de las variables, ya sea, por quien diseña el modelo, o bien, por la naturaleza del mismo.

La FUNCION DE CRITERIO es una descripción explícita de los objetivos o metas del sistema y su forma de evaluación. Esta descripción no debe ser ambigua por dos razones: Primero, tienen una influencia fundamental en el diseño y manipulación del modelo; Segundo, una concepción errónea de esta función lleva, obviamente, a conclusiones equivocadas. La función de criterio es una parte fundamental

del modelo, y la manipulación del mismo está guiada a optimizar o satisfacer las metas y objetivos plasmados en ella.

1.5 CRITERIOS PARA CONSTRUIR UN BUEN MODELO

Se ha definido la simulación como el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y conducir experimentos con el mismo, - con el propósito de conocer la conducta del sistema o bien, eva--luar estrategias para la operación del mismo. Esta definición sugiere varias características concernientes a la naturaleza de la simulación: (1) está relacionada con la operación del sistema; (2) está relacionada con la solución de problemas reales; y (3) está enfocada como un servicio para aquéllos que están involucrados en el control del sistema o al menos, están interesados en conocer la - conducta del mismo. A continuación se examina lo que estas características implican en términos de un criterio para un buen mode-lo.

La simulación relacionada con la operación de un sistema. -Operación de un sistema es un conjunto de actos coordinados que se requieren para lograr cierto objetivo específico. Esto obliga a conocer exactamente este objetivo, y a recordarlo constantemente al diseñar el modelo.

Como la simulación está relacionada con la solución de proble-

mas reales, el modelo debe reflejar la situación del sistema real. Cualquier modelo debe ser evaluado en los extremos del rango de valores de las variables y parámetros, para conocer las situaciones críticas del sistema.

Un modelo de simulación debe ser capaz de dar respuestas y preguntas del tipo "Y si...", ya que éstas son las más útiles para conocer la naturaleza del problema y para evaluar las posibles alternativas disponibles.

Finalmente, siempre hay que tener presente a la persona que va a utilizar la información que se obtenga del modelo. No hay justificación para crear un modelo que finalmente no sea comprensible para el tomador de decisiones, pues entonces, no la utilizará.

Ahora podemos establecer ciertos criterios sobre lo que debe ser un modelo de simulación.

Un buen modelo de simulación debe ser:

- Fácil de comprender para el usuario
- Dirigido a metas u objetivos específicos
- Consistente, i. e., que no proporcione respuestas absurdas
- Fácil de manipular y controlar por el usuario

- Completo
- Adaptivo, con un procedimiento fácil para modificarlo y/o actualizarlo
- Evolucionario, esto es, debe ser sencillo al principio y volverse complejo a medida que el usuario lo requiere.

La necesidad de muchos de estos criterios es evidente. Es suficiente decir que si el modelo va a ser utilizado, se debe planear su desarrollo cuidadosamente, pensando en el usuario, sus necesidades y forma de razonar. Por último un modelo de simulación debe ser un proceso de aprendizaje, tanto para el modelador como para el usuario.

1.6 EL PROCESO DE SIMULACION ⁽²⁾

Suponiendo que la simulación se utilizará para investigar las propiedades de un sistema real, es necesario, identificar las siguientes etapas en el diseño del modelo.

- Definición del Sistema. - Determinar las cotas, restricciones y medidas de efectividad a utilizar en la representación del sistema en estudio.
- Formulación del Modelo. - Abstractar el sistema real y repre-

sentarlo en un diagrama.

- Preparación de los Datos. - Identificar los datos necesarios y organizarlos de manera adecuada.
- Describir el modelo de tal forma que se puedan conducir experimentos o hacer inferencias a partir de él.
- Validación. - Incrementar el nivel de confianza de las inferencias que, a partir del modelo, se hagan del sistema real.
- Planeación Estratégica. - Determinar como se va a ejecutar cada corrida del experimento.
- Experimentación. - Ejecución del modelo para generar los datos necesarios y efectuar el análisis de sensibilidad.
- Interpretación. - Extraer inferencias de los datos generados en la experimentación.
- Implementación. - Poner el modelo y/o los resultados del modelo en práctica.
- Documentación. - Recopilar y describir las actividades y resultados del proyecto.

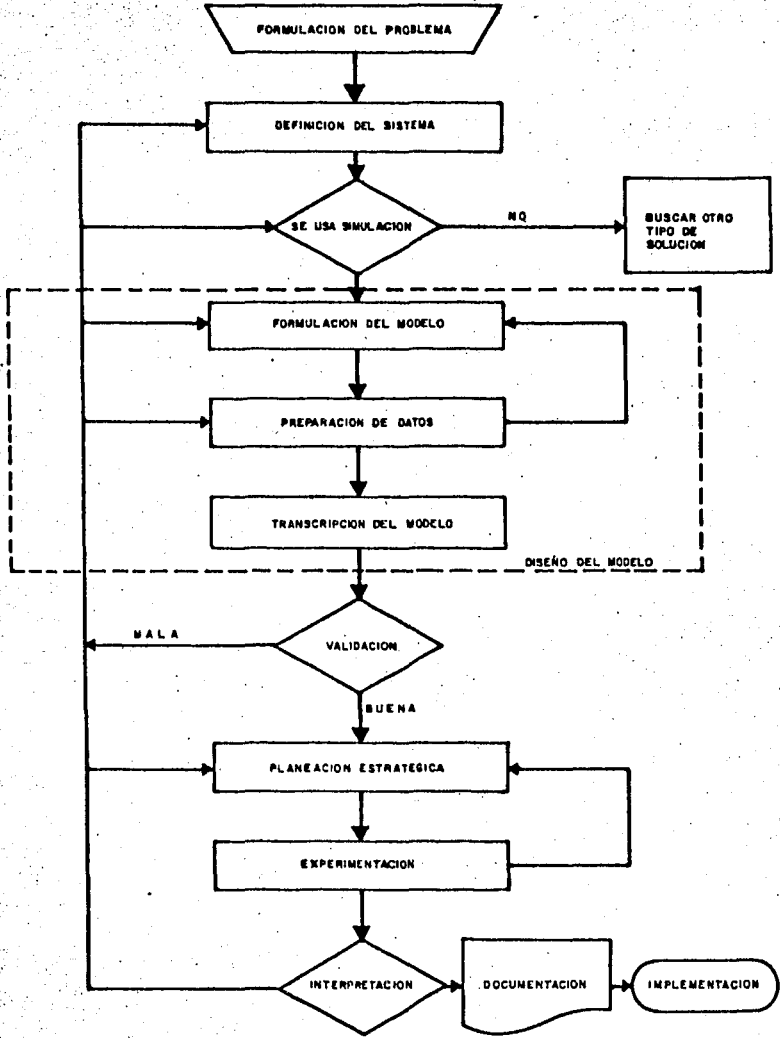
Los pasos anteriores suponen que la simulación ha sido elegida

como la mejor alternativa para enfrentar el problema. Como se ha mencionado anteriormente, éste no es siempre el caso. En algunas ocasiones la simulación es sólo una primera aproximación a la solución del problema.

Por otra parte, es obvio que si un problema puede reducirse a un modelo simple, y resolverlo por medio analíticos, no hay necesidad de la simulación.

Estos pasos o elementos de la simulación se describen en el siguiente diagrama de flujo. El inicio del proyecto se da cuando alguien en la organización se da cuenta de la existencia del problema y decide resolverlo.

PROCESO DE SIMULACION



La primera etapa, o formulación del problema, es en ocasiones más importante que la solución del mismo. Primero, porque permite conocer muchos aspectos del sistema, normalmente ignorados, y segundo, porque una mala formulación del problema provoca desviaciones el diseño del modelo que pretende darle solución.

Una parte primordial de la formulación del problema, es la definición del sistema (segunda etapa del diagrama). Todos los sistemas son, a su vez, subsistemas de otras organizaciones más grandes, lo que sugiere la necesidad de definir exactamente los límites del sistema en estudio y sus interacciones con él o los sistemas a que pertenece.

Para la definición de un sistema es necesario establecer las metas y objetivos que rigen el funcionamiento del mismo. Esto permitirá conocer más fácilmente el comportamiento de las partes que lo componen

Una vez establecidas las metas y objetivos del sistema en estudio y definidos los límites del mismo, el siguiente paso es reducir el sistema real a un diagrama de flujo o cualquier representación esquemática del mismo. El problema de comenzar el diseño de un modelo, construyendo un diagrama del mismo, es la tendencia a elaborarlos demasiado detallados, ocasionando con esto una complicación innecesaria. Antes de realizar el diagrama o representación gráfica del mo

delo, es conveniente tener en cuenta él o los problemas que este deberá resolver, y guiar la construcción del mismo alrededor de ellos.

Para muchos estudios, el esfuerzo del modelado termina en este punto. En un gran número de casos, donde la situación problemática se describe en una forma lógica y precisa, los problemas se vuelven aparentes, eliminando, con esto, la necesidad de un estudio de simulación, y, por lo tanto, antes de tratar el siguiente paso, la construcción del modelo, es necesario detener el estudio y hacer una pregunta. ¿Es necesaria la simulación? - (Paso 3 en el diagrama)

Si la respuesta a la pregunta anterior fue si, el siguiente paso es el diseño del modelo, el cual se realiza en cuatro etapas:

- Formulación del modelo
- Preparación de datos
- Transcripción del modelo
- Validación

Aún cuando las tres primeras etapas se realizan en ese orden, no se puede aislar una de la otra, haciendo necesaria una visión global del diseño del modelo, antes de realizar cualquiera de ellas.

La formulación del modelo comienza con la interpretación del diagrama de flujo del sistema. Esta tarea normalmente se realiza mediante modificaciones ligeras al diagrama construido en la definición del sistema. Estas modificaciones se hacen considerando los datos que alimentarán el modelo, así como la forma de representarlos.

La preparación de los datos normalmente se interpreta como la colección de números, sin embargo, ésta es sólo una parte de la preparación de los mismos. Generalmente hay que recopilar datos de tipo cualitativo (los números son por naturaleza cuantitativos) y después seleccionar de todos ellos, cuáles son realmente de interés para el estudio del sistema.

Eventualmente, existen problemas para la descripción del modelo cuando se va a utilizar una computadora. El rápido desarrollo de la simulación ha conducido al desarrollo de un gran número de lenguajes de programación orientados a ella. Estos lenguajes facilitan la transcripción del modelo, dirigiéndose cada uno de ellos a situaciones específicas. Las diferencias entre ellos radican en:

- la organización del tiempo y las actividades
- la estructura de las componentes
- las pruebas de condición en las actividades

- el tipo de pruebas estadísticas que pueden desarrollarse
- la facilidad para cambiar la estructura del modelo

Aún cuando cada uno está orientado a un tipo de problema en especial, su gran variedad hace posible la transcripción del modelo en diferentes formas. Antes de decidir cual de ellos se va a utilizar, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La facilidad para la transcripción del modelo
- La disponibilidad del lenguaje que se pretenda utilizar

La validación es el proceso que asigna cierto nivel de confianza a las inferencias que se hagan a partir del modelo. Esta etapa es extremadamente importante, pues de ella dependerá la validez de las conclusiones que se hagan.

No existe una prueba para validar modelos, el experimentador debe construir sus propias pruebas, pudiendo basarse en ciertos patrones que pueden servir como guía.

El primer método de validación, y uno de los más utilizados por su facilidad, se realiza en tres etapas sucesivas:

- Comprobar que, al menos aparentemente, la simulación sea correcta. Por ejemplo, si un modelo genera respuestas absurdas, automáticamente se rechaza.

Observar con más detalle si los resultados obtenidos son razonables.

- Si el modelo pasó las pruebas anteriores, - acudir a las personas que conocen el sistema y consultar su opinión.

El segundo método de validación es la prueba de las suposiciones (ver si son correctas); y la tercera consiste en checar la relación entre las entradas y salidas del sistema. Estos métodos utilizan ciertas pruebas estadísticas como pruebas de hipótesis, - análisis de varianza, regresión, etc.

La planeación estratégica, es la planeación de los experimtos que se deberán llevar a cabo para obtener los resultados deseados. La planeación táctica se relaciona con la forma en que se ejecutarán estos experimentos.

La siguiente etapa es la experimentación para obtener la información deseada. Una parte importante de la simulación, a efectuar en esta fase, es el análisis de sensibilidad; este ayudará a conocer el comportamiento del modelo ante cambios en sus parámetros, permitiendo con esto, predecir con cierta validéz la conducta del sistema en situaciones extremas.

La implementación de los resultados del modelo, depende de la

aceptación del usuario. La documentación es la última etapa del proceso de simulación y consiste en describir detalladamente la construcción del modelo, su modo de empleo, la forma en que se llevó a cabo la experimentación y un análisis de los resultados.

CITAS BIBLIOGRAFICAS:

- (1) Apuntes del curso "Modelos de Simulación". Serie de Cursos Internacionales. Instituto Mexicano del Petróleo.
- (2) SHannon, Robert. Systems Simulation Capftulos 1 y 6.

CAPITULO 2

EL SISTEMA EN ESTUDIO

2.1 ANTECEDENTES

Uno de los problemas de mayor magnitud en el funcionamiento de una empresa es la falta de información que sirva como apoyo para la toma de decisiones.

A últimas fechas ha cobrado importancia el desarrollo de ciertos sistemas tendientes a solucionar este problema. Estos sistemas, denominados Sistemas de Información^{*/}, están constituidos por una serie de mecanismos, más o menos complejos, destinados a comunicar al tomador de decisiones los hechos internos o externos de la organización.

^{*/} Los Sistemas de Información, son un tema por sí mismos, su utilidad para este trabajo se limita a la ubicación del sistema que se va a estudiar.

La función de estos sistemas se reduce a la transformación de los datos, consecuencia de algún suceso relacionado con la empresa, en información útil para la misma.

Básicamente, en toda empresa existe un Sistema de Información (S.I.). En algunos casos estos sistemas son pequeños y hasta rudimentarios. Sin embargo, en empresas de dimensión mayor, esos sistemas suelen ser complejos.

Tal es el caso de la S.H.C.P. en donde su Sistema de Información debe prestar apoyo a las actividades de servicio y control de las obligaciones fiscales.

Estas actividades son muy variadas y algunas de ellas dan lugar a una serie de comunicaciones entre los diversos sujetos con obligaciones fiscales, denominados causantes, y la Secretaría.

A su vez, estas comunicaciones se manifiestan en forma de documentos que contienen una serie de datos útiles para la misma. En otras palabras, estos datos son la materia prima del Sistema de Información, y por lo mismo, una de las etapas más importantes en el funcionamiento de dicho sistema, es su organización, conocida también como Proceso de Captura de Datos.

2.2 EL PROCESO DE CAPTURA

El número de documentos, la gran variedad de ellos, así como las diferencias en los datos que contienen, hacen de éste un Sistema de Información complejo, cuyos procedimientos utilizan las facilidades de la computación electrónica para generar información a partir de grandes cantidades de datos.

De esta forma, el Proceso de Captura de Datos, se convierte en una serie de actividades encaminadas a organizar los datos en dispositivos accesibles a una computadora. Antes de describir estas actividades es conveniente establecer, las diferencias entre los documentos.

Un primer criterio de clasificación entre los documentos es la clase de información que contienen. De acuerdo a esto, se distinguen 17 tipos de documentos: 3 de ellos relacionados con el registro y localización de los causantes, documentos de registro, y los 14 restantes, relacionados con las obligaciones de los mismos, documentos de declaración.

De la información contenida en los documentos, se desprende otro criterio de clasificación: las prioridades de proceso.

Debido a un límite en las capacidades de cada actividad, es necesario

sario suponer que en un momento dado estas capacidades podrían ser sobrepasadas por las demandas de servicio en alguna actividad.

Esta situación hace necesario establecer un criterio para seleccionar cuáles documentos deberán procesarse primero, basándose en la importancia que tenga cada documento para el Sistema de Información y dando lugar a las prioridades de proceso.

Este criterio está establecido de antemano, y así por ejemplo, los documentos de Registro son más importantes para el Sistema de Información, y por lo mismo, tendrán las prioridades más altas. Al final de esta sección se encuentra un cuadro con las características, incluyendo las prioridades, de cada documento.

Otro elemento que distingue a los documentos, es la periodicidad en su recepción. Esta característica se manifiesta en forma de fechas fijas, preestablecidas, para la entrega de los documentos. De esta forma, se tienen documentos con periodicidad mensual y documentos con periodicidad anual. Estos últimos tienen otra característica más, y es el mes de su presentación.

El último criterio para caracterizar a un documento es el número de caracteres que contiene, y es importante pues de él depende el tiempo que requiera cada documento en cada actividad.

/ De acuerdo a lo anterior, el siguiente cuadro es un resumen de las características de cada documento. En la columna de la izquierda se encuentra el nombre con el que se distinguirá cada uno durante el desarrollo de este trabajo.

NOMBRE	PRIORIDAD	PERIODICIDAD	No. DE --- CARACTERES
<u>Documen</u> tos de - Registro			
HRFC 01	1	Mensual	230
HRFC 21	2	Mensual	230
HRFC otros	3	Mensual	230
Documentos de Declaración			
HISR 95	4	Anual	157
HISR 15	5	Anual	157
HISR 01	6	Mensual	213
HISR 02	7	Mensual	365
HISR 03	8	Mensual	157
HISR 88	9	Anual	092
HISR 91	10	Anual	157
HISR 93	11	Anual	157
HISR 17	12	Anual	157
HISR 23	13	Anual	157

NOMBRE	PRIORIDAD	PERIODICIDAD	No. DE --- CARACTERES
HISR 26	14	Anual	157
HISR 27	15	Mensual	157
HIVA 04	16	Mensual	157

2.3 CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE CAPTURA

Como se mencionó anteriormente, el proceso de captura tiene como finalidad organizar los datos en la forma más adecuada para los procedimientos del Sistema de Información.

Para lograr este objetivo, es necesario dar un tratamiento especial a los documentos. Este tratamiento está compuesto por una serie de actividades que requieren de ciertos recursos, humanos y materiales, además de cierto tiempo para su realización. A continuación se presenta una descripción de ellas:

Recepción de Documentos. - Consiste en un recuento de los documentos existentes. Los documentos no sufren ninguna modificación. - La importancia de esta actividad está en el tiempo que requiere.

Clasificación y Lotificación. - El objetivo de estas dos actividades es preparar los documentos para su codificación, separándolos y agrupándolos de acuerdo al tipo de datos que contienen. Al igual que

en la actividad anterior, la importancia de éstas radica en los tiempos que requieren.

Codificación. - En ocasiones, algunos de los datos requeridos por el Sistema de Información no están contenidos en los documentos o simplemente, la forma en que se encuentran no es apropiada. Así - por ejemplo, si uno de los datos en el documento es el sexo del - causante, es posible encontrarlo indicado como M o F (para mascu- lino y femenino respectivamente). Sin embargo, algunos de los proce- dimientos del S.I. pueden requerir este dato en forma numérica, y - por lo tanto es necesario cambiar por ejemplo, M por 1 y F por 0.

Este procedmiento de agregar o modificar datos en el documento se conoce como codificación y es una de las actividades importantes del proceso.

Captura. - Ya codificados los documentos, el siguiente paso consiste en organizar los datos en los dispositivos apropiados para su pro- ceso. En este caso, los procedimientos son electrónicos, por lo que los dispositivos a utilizar son cintas magnéticas accesibles a una computadora. Sin embargo, antes de almacenar en forma definitiva los datos en estas cintas, es necesario asegurarse de su consistencia.

El alto grado de intervención del factor humano en el manejo de los documentos tiene como consecuencia una serie de errores que es

necesario prevenir. Para esto se ha establecido un sistema de detección de errores, llamado doble captura, y funciona como sigue:

Se graban los datos de cada documento en un Disket (dispositivo magnético similar a un disco).

Se repite esta operación, esta vez en un Disket diferente.

Se graban los datos de ambos Disketes en una cinta magnética.

Una vez realizada esta operación, el siguiente paso es revisar los errores existentes en esta última cinta. Esta actividad se describe a continuación.

Proceso de Confrontación.- Esta actividad consiste en revisar la consistencia de los datos grabados en una cinta. Esta revisión se realiza en dos fases, ambas por medios electrónicos:

PRIMERO.- Comparando los dos registros correspondientes a un mismo documento. Si son exactamente iguales, se pasan a la siguiente revisión. Si existe alguna diferencia, se separa el documento y se marca una inconsistencia de confrontación - (I. C.) en él.

SEGUNDO.- Si el documento no tiene I.C. entonces se verifica si no tiene errores de lógica. Este tipo de errores se presentan cuando los datos contenidos en un documento son incon

gruentes. Por ejemplo, si el dato correspondiente a la fecha indica 30 de febrero. En estos casos se separa el documento y se indica una inconsistencia de lógica(I.L.) en él.

Una vez identificados los documentos con inconsistencias para validación, los restantes se graban en otra cinta correspondiente a un archivo en donde permanecerán en forma definitiva.

Validación.- Esta es la última etapa del Proceso de Captura y es la encargada de corregir los errores en los documentos. Una vez terminada esta etapa los documentos corregidos se mandan a la fase de captura.

Hasta este punto se han explicado las actividades que componen el Proceso de Captura. Cabe señalar que estas se realizan en ciertas - unidades denominadas Centros de Procesamiento. Estos centros se encuentran divididos en secciones, cada una de las cuales se encarga - de realizar una actividad en especial. A continuación se presenta un resumen de las funciones de cada sección. Junto con él se encuentra un diagrama que permite seguir el flujo de los documentos en el proceso.

(1) SECCION DE CORRESPONDENCIA

Función. - Recibir los documentos y verificar que son los correctos.

Tiempo Requerido. - Un día

Capacidad. - Sin límite*/

(2) SECCION DE RECEPCION Y DISTRIBUCION

Función. - Clasificar y lotificar los documentos recibidos.

Tiempo-Requerido. - Un día para clasificar y otro para lotificar.

Capacidad. - Sin límite*/

(3) SECCION DE ARCHIVO

Función. - En esta sección no se realiza ninguna de las actividades mencionadas anteriormente. Es el lugar en donde se encuentran físicamente los documentos después de la sección de Recepción y Distribución.

Tiempo Requerido. - Depende de la capacidad disponible en cada sección.

Capacidad. - Sin límite

(4) SECCION DE REGISTRO

Función. - Codificar y validar los documentos de registro. Estas actividades las realiza el mismo personal, por lo que se establecen las siguientes prioridades :

Primero se validan documentos con inconsistencias de lógica; en seguida se realiza lo propio con aquellos que

*/ El personal encargado de estas actividades no requiere ningún tipo de especialización, por lo que se supone que en cualquier momento se podrá disponer del necesario.

tienen inconsistencias de confrontación y, por último, se codifican los documentos recién llegados.

Tiempo Requerido. - Un día para cada actividad

Capacidad. - **/ 1 200 documentos con I.L. o, 3 700 con I.C. o, 2 000 documentos para codificar.

(5) SECCION DE DECLARACIONES

Función. - Codificar y validar los documentos de declaraciones. A diferencia de la sección anterior, en ésta se cuenta con personal dedicado exclusivamente a validar errores de lógica, mientras otras personas validan errores de confrontación y codifican, en ese orden.

Tiempo Requerido. - Un día para cada actividad

Capacidad. - **/ 18 900 documentos con I.L. y 18 375 documentos -- para validar I.C. o codificar.

(6) SECCION DE CAPTURA

Función. - Grabar en diskettes los datos contenidos en los documentos.

Esta función se realiza por el método de doble captura.

Tiempo Requerido. - Un día para cada captura

Capacidad. - 8 000 000 de caracteres

**/ Estas capacidades se pueden ver disminuídas por el ausentismo del personal. El índice correspondiente fluctua entre 5 y 10 por ciento.

2.4 PROBLEMATICA

Como se puede apreciar, el Proceso de Captura es un sistema complejo que requiere de ciertos recursos humanos y materiales para el desarrollo de sus actividades. En ocasiones estos recursos tienen cierto grado de especialización, y así por ejemplo, el personal encargado de realizar la captura requiere capacitación para manejar el equipo utilizado en esta actividad, y a su vez, la adquisición de este equipo se debe hacer con cierta anticipación.

De acuerdo a esto, y suponiendo que en determinado momento puede ser necesario adquirir ciertos recursos, es conveniente crear un plan de trabajo que determine de antemano para cada período, los recursos necesarios para la realización de las actividades del Proceso.

Este plan deberá estar respaldado por un análisis del comportamiento futuro del sistema, mismo que requerirá de un pronóstico de las demandas de servicio (recepción de documentos).

En los siguientes capítulos se presenta una alternativa para realizar este análisis. El pronóstico de recepción de documentos no se tratará en detalle, sin embargo, los conceptos básicos relacionados con él se tratan en el libro *Sistemas de Producción e Inventario* de E.S. Buffa y W.H. Traubet. Editorial Limusa.

CAPITULO 3

LA SIMULACION COMO ALTERNATIVA

3.1 LA SIMULACION EN EL PROCESO DE CAPTURA

Una etapa importante en el diseño de un modelo, es la elección de la técnica más adecuada a las necesidades del mismo. En este capítulo se expondrán las razones por las que se utilizará la simulación para analizar la conducta del proceso de Captura de Datos.

Como se estableció en el capítulo anterior, el objetivo principal de este estudio es hacer un análisis a futuro del comportamiento de dicho proceso. Este análisis partirá del conocimiento de la situación actual para, posteriormente, con ayuda de un pronóstico de las demandas de servicio, hacer inferencias sobre su conducta futura.

Entre otras, existen dos alternativas que pueden ser adecuadas para realizar un primer análisis de la situación del proceso: La - experimentación directa y la simulación.

Cada una de ellas tiene puntos a favor y puntos en contra, por lo cuál a continuación se hará una evaluación de ambas para determinar cuál es la más apropiada:

Como se pudo apreciar en la descripción del proceso, el factor humano es un elemento presente en casi la totalidad de las actividades del mismo. Este factor es generalmente difícil de considerar - en cualquier modelo debido a que, por razones naturales, el rendimiento de una persona puede cambiar en forma considerable de un día a otro. Además, algunos métodos de análisis de sistemas se basan en gran parte en la observación, siendo éste un factor que puede aumentar la variación del comportamiento humano.

En la simulación, este problema se refleja en la forma de expresar, en términos de símbolos y ecuaciones, las reacciones humanas, ya que hasta ahora no se cuenta con una herramienta suficientemente confiable para cuantificar o predecir dichas reacciones.

En la experimentación directa, el factor humano juega un papel - importante en el momento de establecer los controles del experimento. Una respuesta diferente, a la supuestamente normal ante un estí

mulo, puede afectar seriamente el desarrollo de la prueba, siendo imposible predecir las respuestas en el momento de realizar el diseño de la misma.

De acuerdo a lo anterior, en el aspecto humano ninguna de las alternativas se muestra más adecuada que la otra, y por lo tanto, para poder establecer una diferencia significativa en la eficiencia de las técnicas propuestas, es necesario analizar otro factor de la conducta del sistema. Este factor debe tener suficiente influencia en el sistema pues en base a él se hará la selección.

Existen aspectos importantes para el comportamiento del sistema, como pueden ser las capacidades de proceso o las demoras de servicio en cada sección. Sin embargo, ninguno de ellos afecta la forma de realizar el análisis, como lo hace el factor tiempo, por lo que éste constituirá el siguiente punto de comparación entre las citadas alternativas.

El factor tiempo se manifiesta en las demandas de servicio, ya que estas varían de acuerdo a la periodicidad en la llegada de los documentos. Un análisis a futuro pretende considerar todas las situaciones que se prestan en el sistema, y por lo mismo, la observación del proceso se deberá llevar a cabo en un período de tiempo más grande, o de otra forma, será necesario efectuar alteraciones en el

desarrollo normal de las actividades del mismo, para poder evaluar su comportamiento en condiciones extremas. Sin embargo, al parecer, ninguna de estas soluciones es adecuada de acuerdo con los siguientes criterios:

- En primer lugar, extender el período de observación retrasa considerablemente la culminación del proyecto. En términos de costos ésta es una alternativa difícil de considerar.
- Además, para realmente evaluar todas las posibles situaciones del sistema, es necesario observar el mismo durante un ciclo de operación completo. En este caso es un año, eliminando, prácticamente, la alternativa.
- El hecho de modificar la conducta del sistema, implica distraer recursos del mismo para dedicarlos al experimento, esto es, habría necesidad de aislar ciertos elementos (Humanos y Materiales) y suponer situaciones extremas para observar su desempeño.
- Estos recursos se pueden obtener fuera del sistema, esto es, se puede contratar equipo y gente para dedicarlo exclusivamente al experimento. Sin embargo, debido a lo especializado del equipo, esto resulta bastante costoso.

- De otra forma, sería necesario utilizar los recursos ya disponibles en el sistema. Esto, a la vez de significar un incremento en los costos del proyecto, puede provocar un desequilibrio en su forma normal de operación, restando validez a los resultados de las observaciones. A este respecto, la simulación tiene dos grandes ventajas sobre la experimentación directa.
- Se puede establecer un control absoluto sobre el tiempo en el modelo. Además, si la simulación se efectúa con una computadora, su ejecución no demora más de algunas horas.
- Por otra parte, se puede realizar el diseño del modelo en forma independiente al proceso, teniendo contacto con éste sólo para obtener información, y en ocasiones para la validación.

Como se puede apreciar, en término de costos y facilidad de operación, ahora es posible establecer una conclusión acerca de las ventajas de la simulación para conocer el comportamiento del sistema. Sin embargo, aún no se ha tomado en cuenta la problemática del mismo. En este punto surge otra alternativa: Los modelos analíticos --- (matemáticos).

Antes de referirse a los modelos analíticos enfocados a este problema particular, es conveniente mencionar un punto de importancia relevante, ahora que el uso de estos modelos se ha generalizado.

La mayoría de los modelos analíticos, llámense programación lineal, teoría de redes, colas, etc., tienen como fin, el obtener una solución óptima para el problema en cuestión, sin considerar necesarias soluciones "menos óptimas pero más factibles".

La última frase del párrafo anterior no es totalmente correcta, sin embargo, refleja el sentimiento de muchos de los usuarios de estos modelos. En primera instancia, estos modelos están diseñados para generar soluciones óptimas y factibles, siendo esta factibilidad sólo en el sentido matemático, concepto en ocasiones diferente al de factibilidad real.

El rigorismo matemático propio de estos modelos obliga, en muchos casos, a establecer hipótesis o suposiciones difíciles de comprobar. La simulación en cambio, posee una flexibilidad sumamente valiosa para poder "jugar" con los parámetros e hipótesis del modelo.

Por lo que se refiere a los modelos analíticos más específicamente relacionados con problemas similares al de este trabajo, -

como son los modelos de control de flujos desarrollados en la teoría de redes, o el balanceo de líneas de la teoría de colas, son difíciles de plantear y resolver. Además, algunos de ellos son de naturaleza estática, lo cual se contrapone al dinamismo propio del estudio de sistemas en el tiempo (análisis a futuro).

Por último, en este caso particular, es muy importante tener presente los objetivos del análisis, ya que en ellos no se establece la necesidad de obtener una solución concreta al problema. Aún -- más, de hecho, no se establece un problema específico, la problemática del sistema radica en determinar, con cierto grado de confianza, el posible comportamiento del proceso y, en caso de detectar algún problema específico en su funcionamiento, entonces, tratar de resolverlo en una forma más concreta.

Este último punto, es realmente la justificación del uso de la simulación, dado que en este aspecto, los modelos matemáticos, como se mencionó anteriormente, se limitan a tratar de encontrar soluciones concretas.

3.2 ASPECTOS DE CONSIDERACION

Una vez definida la Simulación como la técnica más adecuada para analizar el comportamiento del Proceso de Captura, es neces-

rio tener en cuenta ciertos problemas propios del diseño de un modelo de este tipo. En esta sección se analizarán algunos de ellos con el objeto de evitar su influencia en el desarrollo del proyecto.

Como se mencionó anteriormente, una dificultad común a estos modelos, es la fidelidad con la que se represente al sistema real en cuestión.

El primer paso para realizar una buena simulación, es conocer perfectamente todas las funciones del sistema con el fin de determinar, antes de diseñar el modelo, cuáles son las más importantes en su funcionamiento.

Es necesario estar concientes de que un modelo, por realista que sea, no podrá reflejar exactamente al sistema, y aún cuando se conozcan todos los elementos del mismo, así como sus relaciones, el tratar de incorporar todos los detalles al modelo es una tarea injustificada y, antes bien, puede crear complicaciones innecesarias.

Una forma de aumentar significativamente la similitud del modelo con la realidad, es aislar, hasta donde sea posible, los bloques que conforman el sistema, modelando y validando cada uno de ellos por separado. Esto representa una simplificación considerable en el manejo de las relaciones del mismo, pues en un momento dado, el modelador requerirá solamente la información correspondiente a un

solo bloque de componentes, sin tener que recurrir el conocimiento global del proceso. Además, la validación del modelo se puede simplificar mediante la verificación aislada de las componentes de cada bloque con la posibilidad de hacerlo en forma simultánea.

En relación a esto, en el modelo de este trabajo se distinguen cuatro bloques principales; manejando, en principio, cada uno por separado. Posteriormente se describe detalladamente este procedimiento.

Otro aspecto importante de los modelos de simulación, y en general de los modelos matemáticos, es la interpretación de los resultados.

En la mayoría de los casos, los modelos hechos con computadora producen resultados numéricos. Esta situación origina dos dificultades; una se presenta en el desarrollo del modelo, y la otra en el análisis de la información proveniente de él.

El primero de ellos es la exactitud de los cálculos y es un factor dependiente en gran parte del equipo de cómputo a utilizar. Sin embargo, es posible disminuir los efectos de la precisión en la máquina, desarrollando las operaciones en forma adecuada. El siguiente ejemplo es una ilustración de lo anterior.

Sean A y B dos números del orden del 10^9 y C aproximadamente -

igual a 10^{-q} , considerese la ecuación $X=A*B/C$ y la capacidad de la maquina igual a 10^{q+5} . De acuerdo a la forma usual de realizar las operaciones, la computadora calculará primero el producto $A*B$. El resultado de esta operación es del orden de 10^{2q} , lo cual si $q > 5$, excede el límite de precisión del equipo, originando cualquiera de las siguientes situaciones.

- El programa se cancela por exceder el límite de capacidad para realizar operaciones.
- Se efectua una operación de redondeo o truncamiento

A pesar de que cualquiera de estas situaciones es grave para el desarrollo del modelo, la segunda es quizá más peligrosa, pues existe la posibilidad de no detectar el problema, pudiendose afectar los resultados.

Este mismo problema se presenta cuando después de realizar cierto número de operaciones, los errores por redondeo o truncamiento se acumulan. En este como en el caso anterior es difícil precisar la gravedad de la aproximación.

Si se observa, realizando la operación $X=A*(B/C)$ no se incurre en ninguno de los errores antes mencionados.

La otra dificultad relacionada con los resultados del modelo, es la interpretación de los mismos, pues en muchos casos es difícil comprender el significado de los números, en relación al objeto o concepto real que representan.

Los resultados por sí solos no tienen sentido y es necesario hacer un análisis para interpretarlos. Uno de los métodos más usados es el Análisis de Sensibilidad, siendo éste una medida de la variación de un modelo en respuesta a pequeños cambios en los parámetros o restricciones del mismo.

3.3 TIPOS DE SIMULACION POR COMPUTADORA

A pesar de la similitud en los objetivos del diseño de los experimentos en una simulación por computadora y en una simulación física, existen ciertas características que en algunos casos significan una ventaja para los experimentos por computadora. Estas características son:

- La facilidad para reproducir las condiciones del experimento
- La facilidad para detener y restaurar la ejecución del mismo
- El control de las variables aleatorias

Estas ventajas dependen del tipo de modelo que requiera el siste-

ma en estudio por lo que su utilidad es relativa. Sin embargo, para el modelo de este estudio, estas ventajas son realmente significativas, por lo que a continuación se hace una descripción más amplia de la simulación por computadora.

En sentido general, la simulación electrónica se puede realizar en una de las siguientes computadoras, Computadoras Digitales, -- Computadoras Analógicas o más recientemente Computadoras Híbridas. Las ventajas de una sobre de otra radican en las facilidades en el manejo de las variables. Una computadora analógica representa las variables del modelo en forma de impulsos eléctricos fáciles de controlar y la ejecución del modelo se desarrolla mediante operaciones simultáneas (en paralelo). En las computadoras digitales, las variables se manejan en localidades de memoria electrónica, realizando las operaciones secuencialmente (en serie). En términos de eficiencia, esto significa una mayor rapidez de operación en las computadoras analógicas.

Sin embargo, la computadora digital es capaz de obtener una mayor precisión, debido a su facilidad para contar, obedecer reglas lógicas, realizar operaciones matemáticas de punto flotante y utilizar variables de diferentes longitudes (dígitos).

Otro aspecto interesante que marca una diferencia entre estas máquinas, es la forma de representar las variables. En las computado-

ras analógicas las variables dependientes aparecen en forma continua (las independientes no necesariamente), mientras en las digitales ambos tipos de variables se trabajan en forma discreta.

Las computadoras híbridas pretenden abarcar las ventajas de las dos anteriores. En la mayoría de los casos, este tipo de máquinas se forman con la unión de una computadora analógica y una digital por medio de un interface. Sin embargo, existen algunas construidas híbridas desde un principio. Su uso no está muy generalizado - por lo que no se tratarán más en este trabajo y además, en general, una computadora digital de gran escala puede realizar cualquier trabajo propio de una analógica o una híbrida, aunque muchos problemas resultan más fáciles y rápidos con estas últimas */

En la siguiente hoja se muestra un cuadro que indica las diferencias básicas de la simulación digital y la analógica.

*/ Debido a la disponibilidad de las computadoras digitales, este trabajo se realizará con la ayuda de una de ellas.

DIFERENCIAS ENTRE LOS TIPOS DE SIMULACION POR COMPUTADORA (1)

SIMULACION ANALOGICA

1.) VARIABLES

- Se pueden tratar en forma discreta o continua.

2.) PRECISION

- Depende de la calidad de las componentes de la máquina.

3.) OPERACIONES

- Se realiza en paralelo y/o en serie.

4.) TIEMPO

- El tiempo de la simulación está limitado por las características de los elementos de la máquina y no por la complejidad del problema.

5.) OPERACIONES ARITMETICAS Y FUNCIONES

- Las operaciones aritméticas así como las funciones no lineales se efectúan con bastante facilidad. - Por otra parte, las operaciones lógicas, manejo de datos, demoras de tiempo y manejo de cantidades no numéricas está muy limitado.

6.) PROGRAMACION

- La técnica de programación se basa en la sustitución de los elementos de la máquina (amplificadores, resistencias, etc.) por las correspondientes componentes del sistema físico.

SIMULACION DIGITAL

- Todas son tratadas en forma discreta.

- Es independiente de la calidad de las componentes de la máquina, depende más bien del tamaño de los registros de memoria que se utilicen.

- Se realizan en serie y muy pocas en paralelo.

- El tiempo de la simulación está determinado por el número de operaciones del modelo, i.e., por la complejidad del problema.

- El número de operaciones aritméticas está limitado, sin embargo, la cantidad en el manejo de datos es virtualmente ilimitada, además de ser posible realizar operaciones lógicas -- aún con datos no numéricos.

- Las técnicas de programación se basan en lenguajes de computación de alto nivel.

3.4 METODO DE MONTE-CARLO⁽²⁾

Una de las técnicas de la matemática aplicada más interesante y cuya validez depende de la ley de los grandes números, es el Método de Monte-Carlo. La idea básica de este método es reemplazar un cierto problema por uno probabilístico, que tenga la misma respuesta, y resolver este último.

Como se puede observar este método es bastante general y permite resolver problemas de muy diversa índole. Como ejemplo, a continuación se presenta la evaluación de una integral definida por el Método de Monte-Carlo.

Supóngase que se desea evaluar una integral de la forma:

$$\int_a^b h(x)g(x)dx$$

y no se tiene una forma analítica de resolverlo.

Supóngase también que $g(x)$ es una función de probabilidad^{*/}. Entonces se tiene

$$\int_a^b h(x)g(x)dx = E \{ h(x) \}$$

^{*/} Esta no es una suposición fundamental para el método y se utiliza sólo para facilitar el ejemplo.

y si

$$E | h(x) | < \infty$$

entonces la sucesión $\{h(X_k)\}$, donde $\{X_k\}$ es una muestra aleatoria de $g(x)$ y satisface la ley de los grandes números, por lo que la media muestral

$$(1/n) \sum_{i=1}^n h(X_i)$$

es un buen estimador de $E \{h(x)\}$

De acuerdo a esto, usando una tabla de números aleatorios se puede generar una muestra aleatoria de la función $g(x)$ para de ahí obtener, mediante la transformación inversa de la función de probabilidad, los valores empíricos de $h(x_i)$ y así calcular la estimación de $E \{h(x)\}$

Para ilustrar esto considerese la evaluación de:

$$\int_0^1 2x \operatorname{sen} x \, dx$$

usando el Método de Monte-Carlo. Como $2x$ es una función de probabilidad, sea $g(x)=2x$. Entonces $G(x)=x^2$, $0 \leq x \leq 1$ y la función inversa es $x=Y^{1/2}$ donde Y uniformemente distribuida en $[0, 1]$. La siguiente tabla muestra la forma de evaluar la integral a partir de una muestra de la variable Y .

i	Y	$X = Y^{1/2}$	sen X
1	0.687	0.829	0.497
2	.675	.822	.238
3	.418	.647	.454
4	.872	.933	.813
5	.765	.875	.523
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
47	.169	.411	.400
48	.635	.797	.715
49	.026	.161	.160
50	.366	.605	.569
Total	24.152	33.264	30.257
Media	0.483	66.528	0.605

El valor de la integral es 0.605, el cuál comparado con el resultado exacto, 0.6023, puede no ser una aproximación adecuada. Sin embargo, considerando que este método es fácilmente implementable en una computadora, es posible realizar un muestreo con más valores de Y, obteniendo una mejor aproximación para la integral.

La aplicación anterior permite apreciar los conceptos básicos - del Método de Monte-Carlo. Sin embargo, no es en este tipo de pro

blemas en donde se observa el poder de esta técnica.

La aplicación más importante de esta técnica, misma que lo vincula con el tema de este trabajo, es la generación de muestras aleatorias en los modelos de simulación por computadora.

En el Método de Monte-Carlo, los datos artificiales o experimentales requeridos son obtenidos usando algun generador de números aleatorios y la distribución de probabilidades de interés. Este generador puede ser una tabla de números aleatorios, una subrutina de computación, una ruleta, etc.... La distribución de probabilidades puede estar basada en datos históricos, experimentos recientes o puede ser cualquier otra distribución teórica.

El proceso es relativamente simple. Para extraer una muestra aleatoria artificial de una población descrita por alguna función de probabilidad, son necesarios los siguientes pasos.

- Graficar o Tabular los datos de interés en forma de función de distribución con los valores de la variable en el eje X y las probabilidades en el eje Y.
- Elegir un número aleatoriamente distribuido entre 0 y 1 por medio de un generador de números aleatorios.
- Se proyecta el punto correspondiente al número aleato-

rio, hasta que interseste la curva acumulativa.

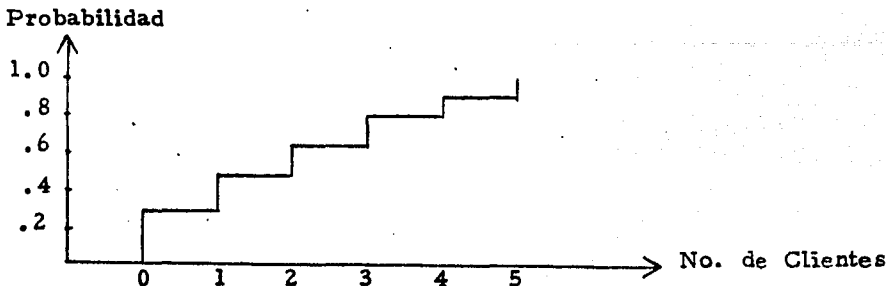
- Proyectar el punto de intersección sobre el eje X.
- Tomar el valor X donde se intersesta la proyección como valor muestral.
- Repetir los pasos 2 al 6 hasta obtener el número de muestreo de muestras deseadas.

EJEMPLO.- Supóngase que se tiene un sistema en donde los clientes arriban con la siguiente probabilidad:

Clientes en el Sistema	Probabilidades	Acumulado
0	0.30	0.30
1	.20	.50
2	.15	.65
3	.15	.80
4	.10	.90
5 ó más	.10	1.00

y se desea tomar una muestra del sistema en cinco períodos consecutivos.

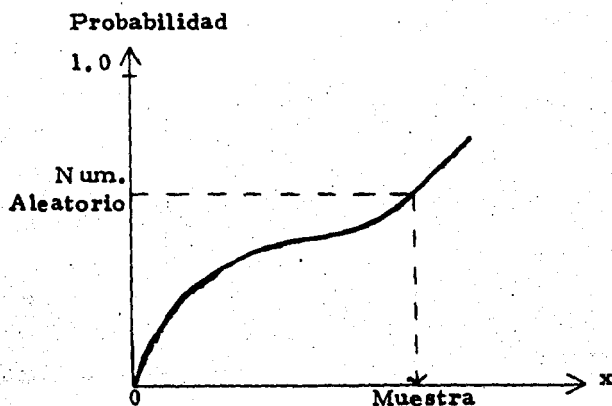
Graficando la Tabla anterior:



El siguiente paso es elegir, de alguna forma, cinco números - aleatorios uniformemente distribuidos. Si los números obtenidos son .15, .35, .17, .95, .70 entonces, proyectando en la gráfica se obtiene la siguiente relación:

Tiempo	Número Aleatorio	Número de Clientes
1	.15	0
2	.35	1
3	.17	0
4	.95	5 ó más
5	.70	3

De igual forma se pueden obtener muestras de poblaciones con - función de distribución continua como lo muestra la siguiente gráfica:



3.5 LENGUAJES DE SIMULACION

Hasta ahora el trabajo se ha enfocado a la descripción del proceso y los conceptos básicos de la simulación. El siguiente paso del estudio es el diseño del modelo. De acuerdo con el diagrama del proceso de simulación, esta parte se realiza en tres etapas.

A pesar de que estas se encuentran en orden, para los fines de este estudio es más conveniente comenzar en lo referente a la transcripción del modelo.

Anteriormente se representó el sistema en un diagrama que muestra el flujo de los documentos en las diferentes secciones. El problema en este momento es la selección de un lenguaje comprensible para la computadora.

A continuación se hará una descripción general de los lenguajes de simulación más utilizados. Posteriormente, se seleccionará el más adecuado de acuerdo con las características del modelo así como la disponibilidad del mismo.

En general cualquier tipo de lenguaje algorítmico (científico) se presta para realizar una simulación. Sin embargo, existen razones para utilizar un lenguaje orientado, en lugar de uno de propósitos generales.

A continuación se listan algunas ventajas y desventajas de ambos tipos de lenguaje: (3)

Lenguajes orientados a la Simulación

Lenguajes no orientados a la Simulación

VENTAJAS:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Requieren menos tiempo de programación - Proveen técnicas para detección de errores superiores a las de los lenguajes no orientados - Proveen una forma más directa de expresar -- los conceptos más utilizados en un estudio de simulación - Generan automáticamente ciertos datos comúnmente utilizados en una simulación. Por ejemplo, números aleatorios - Presenta facilidades para manejar la información de la manera más adecuada | <ul style="list-style-type: none"> - Menos restricciones para diseñar formatos de salida. - Aprendizaje más rápido - Disponibles en la mayoría de los equipos |
|---|--|

DESVENTAJAS:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Reduce la flexibilidad en la construcción del modelo | <ul style="list-style-type: none"> - El tiempo de programación aumenta |
|--|---|

- Se incrementa el tiempo de computadora
- Están muy restringidos en los formatos de salida
- No están disponibles en todas las máquinas
- Carecen de ciertas facilidades propias de la simulación (manejo de tiempo, números aleatorios, etc.)

Existen diversas clasificaciones de los lenguajes orientados a la simulación. Estas clasificaciones se basan en las características generales de los mismos. Una de las más útiles divide los lenguajes en dos grandes categorías:

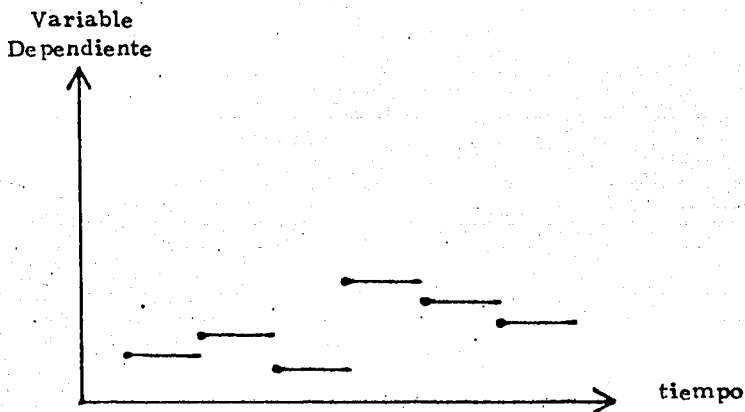
(4) (5)

SIMULADORES DE SISTEMA DISCRETOS

Como se estableció anteriormente, un sistema se considera discreto cuando las variables del mismo cambian discontinuamente en puntos específicos del tiempo. De acuerdo a esto, la variable tiempo se puede manejar en forma discreta o continua, dependiendo de si los cambios en el sistema pueden ocurrir en cualquier momento o sólo en determinados puntos.

En general los valores de las variables dependientes del tiempo permanecen constantes durante el tiempo transcurrido entre -

los cambios en el sistema. Un ejemplo de respuesta para una variable dependiente, en un sistema discreto, se muestra en la siguiente gráfica.

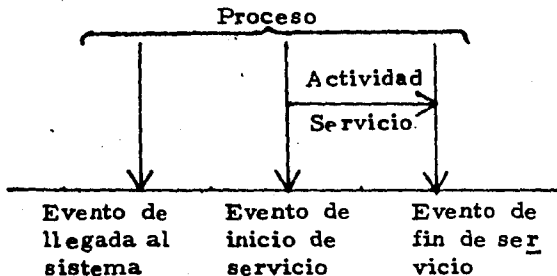


Si se define el estado de un sistema como la situación que -- guardan las componentes o entidades del mismo en un momento -- dado, entonces es posible relacionar los cambios de estado en un sistema con la ocurrencia de eventos. De acuerdo a esto un evento debe tener tres características:

- El tiempo o momento en que ocurre
- Las condiciones necesarias para su ocurrencia
- Cambios de estado que produce

El momento de ocurrencia de un evento se puede considerar como el inicio de una o varias actividades dentro del sistema. Sin -

embargo, también es posible considerar un evento como el momento final de alguna(s) actividad(es). A su vez, se puede definir un proceso como una serie de actividades desarrolladas dentro del sistema. La siguiente gráfica permite apreciar con más claridad los conceptos de evento, actividad y proceso. En el se representa un sistema constituido por un servidor y una serie de entidades en espera de servicio.



El propósito de los modelos de simulación discretos es reproducir las actividades o eventos de un sistema modificando los estados del sistema a través del tiempo. De acuerdo a esto, un modelo de simulación discreto puede formularse mediante:

- La definición de los cambios que sufre el sistema al ocurrir un evento.
- La descripción de las actividades por medio de su condición de ocurrencia, tiempo de duración, atributos, etc.

- La descripción del proceso (actividades y eventos) que fluyen a través del sistema.

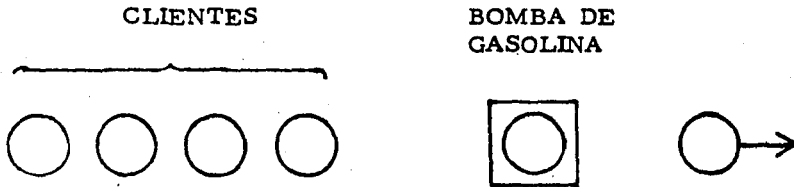
Los conceptos de evento, actividad y proceso llevan naturalmente a considerar tres alternativas en el enfoque de los lenguajes de simulación orientados a modelos discretos. A continuación se describen estos enfoques.

- Lenguajes orientados a eventos

Bajo este enfoque los sistemas son modelados definiendo los cambios que provoca la ocurrencia de un evento determinado. El trabajo del analista consiste en determinar cuando debe ocurrir cada evento, así como los cambios de estado que provoca. La simulación del sistema se realiza ejecutando la lógica asociada con cada evento en forma secuencial.

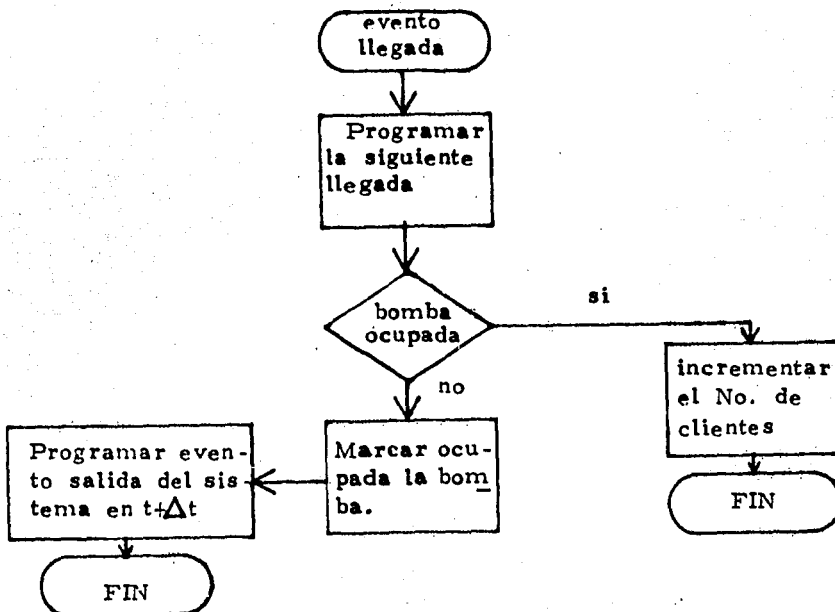
Para ilustrar la forma en que trabajan estos lenguajes considérese un sistema compuesto por una estación de gasolina en la que por facilidad se supone una sola bomba de servicio. Supóngase que los clientes llegan a la gasolinera en intervalos uniformemente distribuidos entre 5 y 8 minutos. Suponga también un tiempo de servicio uniformemente distribuido entre 4 y 6 minutos. La situación (estados) del sistema queda definida por el número de clientes en

espera y la posición de la "Bomba" (1 si está ocupada, 0 si no lo está) y permanecerá constante hasta que algún cliente llega o se va de la estación.



De acuerdo a esto, el modelo de eventos para este sistema -- consiste en describir que sucede cuando un cliente llega o sale de la estación:

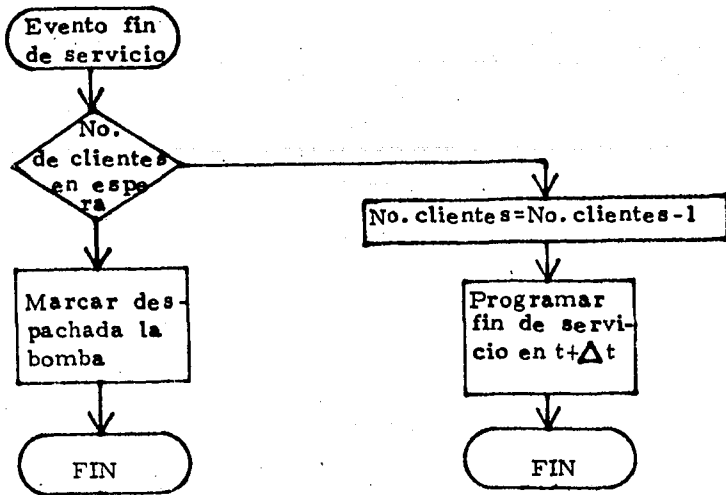
A continuación se presenta el diagrama de las rutinas correspondientes a cada uno de estos eventos:



La primera acción del diagrama es programar la siguiente llegada. De esta forma, una vez que se programa la primera llegada, las siguientes se "autoprogramarán". Cabe señalar que generalmente es bastante laborioso programar la ocurrencia de los eventos. Sin embargo es aquí donde se aprecia una de las ventajas de los lenguajes orientados a simulación, ya que estos poseen rutinas especializadas que realizan este trabajo.

El siguiente paso es ubicar al cliente dentro del sistema. Esto se hace dependiendo del estado del sistema: Si la bomba está ocupada, el cliente debe esperar y el cambio en el sistema se manifiesta en el número de clientes en el mismo. En caso contrario, el cliente es puesto inmediatamente en la bomba, y el cambio respectivo se refleja en la posición de la misma (cambio de 0 → 1)

Para finalizar, en caso de haber un cambio en la situación de la bomba, será necesario programar en evento de fin de servicio. A continuación se presenta el diagrama correspondiente a este evento.

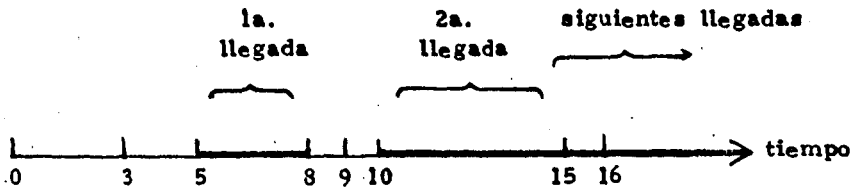


En este evento la primera acción que se realiza es la verificación del número de clientes en espera. Si nadie espera servicio, se marca desocupada la bomba. En caso contrario, se reduce el número de clientes en espera en 1 y se programa un fin de servicio.

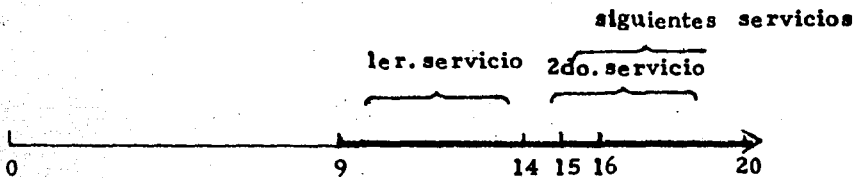
Para completar la simulación de este sistema usando el enfoque de eventos, es necesario definir el tiempo de la primera ocurrencia del evento llegada (los otros eventos se autoprograman a partir de este)

Un aspecto interesante de este sistema es el comportamiento de la variable tiempo. Primero es obvio que durante los primeros 5 -

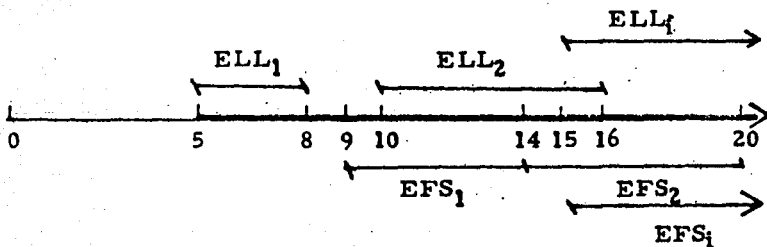
minutos no ocurre ningún evento (los clientes llegan con una distribución $U(5,8)$). También se puede apreciar que la llegada del segundo cliente puede suceder únicamente en el intervalo $(10, 16)$ y a partir de ese momento, las llegadas pueden suceder en cualquier instante. La siguiente gráfica muestra lo anterior



Por lo que respecta al evento fin de servicio, se puede observar que la primera ocurrencia de éste se puede dar en el intervalo $(9, 14)$ (correspondiente a $U(5,8)+U(4,6)$); la segunda en $(14, 20)$ y la siguientes en cualquier momento. Gráficamente



Empalmando ambas gráficas



donde

ELL_i = Evento de la i -ésima llegada

EFS_i = Evento del i -ésimo fin de servicio.

Como se puede apreciar, la variable tiempo es continua en el intervalo $\{ (5, 8) \cup (10, \infty) \}$. Este ejemplo permite apreciar un comportamiento mixto (continuo y discreto) de la variable tiempo. - GASP-II y SLAM son ejemplos de lenguajes orientados a eventos.

- Lenguajes Orientados a Actividades

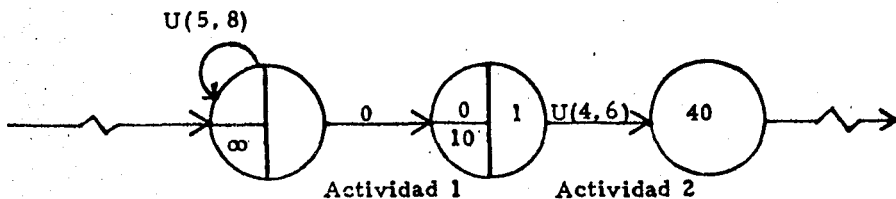
En este enfoque, el analista describe las actividades del sistema y establece condiciones para iniciar o terminar las mismas. Estas condiciones, se basan en el estado del sistema, de esta forma no es necesario programar la ocurrencia de los eventos que inician o terminan cada actividad.

A medida que el tiempo de simulación avanza, las condiciones para iniciar o finalizar una actividad son probadas. En caso de cumplir se toman las acciones correspondientes a ese evento. Para asegurarse de considerar todas las posibles acciones a realizar, es necesario probar las condiciones de todas las actividades en cada tiempo. Esta situación hace de este un enfoque ligeramente ineficiente, en cuanto al tiempo requerido para ejecutar el modelo, por lo -

que no se han desarrollado muchos lenguajes de este tipo.

- Lenguajes Orientados a Procesos

Muchos modelos de simulación incluyen una serie de eventos que ocurren con un patrón definido, por ejemplo una cola de entidades en espera de ser procesado por un servidor. La lógica asociada con estos patrones puede ser generalizada y definida en una declaración o instrucción. El lenguaje de simulación puede entonces --- transformar dichas instrucciones en una secuencia de eventos, --- usándolos para representar una serie de entidades, llamadas transacciones, fluyendo dentro del sistema



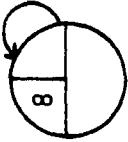
El diagrama anterior muestra la forma de representar la gasolina de los ejemplos anteriores, utilizando la simbología definida para el lenguaje de simulación SLAM^{*/}. En el se pueden apreciar

^{*/} SLAM (Simulation Language for Alternative Modeling) es un paquete que permite realizar modelos de simulación discretos, continuos y mixtos.

tres bloques y dos actividades. El significado de estas entidades es el siguiente.

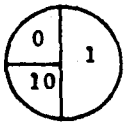
Bloque 1

U(5, 8)



Este bloque, denominado **GENERATE**, tiene como función simular la llegada de clientes al sistema. En la parte superior del mismo se indica la frecuencia de llegada (U(5, 8)). El símbolo ∞ de la parte inferior izquierda indica que no existe límite en el número de clientes que pueden llegar.

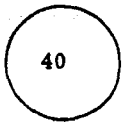
Bloque 2



Denominado **QUEUE**, este bloque representa la cola de clientes en espera de servicio. El significado de sus parámetros es el siguiente: El 0 significa que no debe haber clientes en espera al iniciar la simulación; el 10 indica el límite o capacidad de la cola (se supone que el onceavo cliente abandona el sistema) y por último el 1 es la marca con que se identificará la cola en el modelo (puede haber más de una)

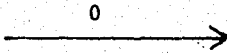
Bloque 3

Este último bloque, llamado **TERMINATE** representa la salida del sistema. Su único pa



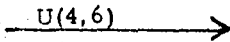
rámetro indica que la simulación debe terminar - al pasar el cliente número 40.

Actividad 1



Representa la llegada de los clientes a la cola. El parámetro cero se utiliza bajo la suposición de que el cliente no consume tiempo al formarse.

Actividad 2



Representa el servicio que se da en la bomba de gasolina. El tiempo requerido se distribuye $U(4, 6)$.

Como se puede apreciar esta es una forma más sencilla de representar al sistema. Sin embargo, a pesar de que en estos lenguajes existen muchos más bloques, y aún los tres utilizados tienen varias opciones, estos están limitados, por lo cual un lenguaje de simulación orientado a eventos es más flexible. El ejemplo típico de los lenguajes orientados a procesos es GPSS (General Purpose Simulation System) el cuál tiene más de 50 bloques.

SIMULADORES DE SISTEMAS CONTINUOS

En un modelo de simulación continuo, el estado del sistema se representa por variables con cambios continuos en el tiempo. Para dis

tinguir las variables continuas de las discretas se ha convenido en denominar las primeras como variables de estado. Un modelo de simulación continuo, consiste de una de ecuaciones que relacionan las variables de estado, de tal forma que en conjunto (variables y relaciones) describen la conducta dinámica del sistema.

Frecuentemente, este tipo de ecuaciones se describen en términos de las derivadas de las variables de estado. La razón para esto es que en ocasiones es más fácil construir una relación para la tasa de cambio de un estado que encontrar una relación para el estado directamente. Esta tasa de cambio es normalmente descrita mediante una ecuación diferencial del tipo

$$\frac{dS(t)}{dt} = f(S(t), t)$$

en donde $S(t)$ representa la situación de un cierto estado en el tiempo t .

En algunos casos, es posible determinar una expresión analítica para la variable $S(t)$ a partir de la ecuación para $dS(t)/dt$ lo cual conduce a una expresión del tipo

$$S(t_2) = S(t_1) + \int_{t_1}^{t_2} (dS(t)/dt) dt$$

La forma de realizar la integración depende de cada tipo de lenguaje. A pesar de que las computadoras digitales pueden realizar operaciones matemáticas con gran rapidez y exactitud, la operación de integración requiere el uso de métodos numéricos -- apropiados. Estos métodos dividen el rango de la variable independiente (normalmente el tiempo) en partes infinitesimales llamadas pasos. Para evaluar las variables de estado se requiere una aproximación de $S(t)/dt$.

En algunos lenguajes se utilizan ecuaciones en diferencias en lugar de ecuaciones diferenciales. En estos modelos el eje de tiempo se descompone en intervalos de longitud Δt . El dinamismo de las variables de estado se especifica en la ecuación que asigna valor en el tiempo $k+1$ a partir de su valor en el tiempo k . La siguiente es una ecuación tipo

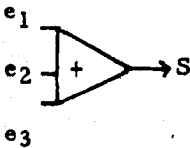

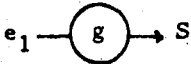
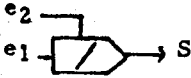
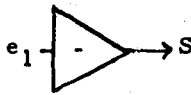
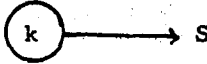
$$S_{k+1} = S_k + T_c * \Delta t$$

donde T_c es la tasa de cambio del estado.


Un tipo especial del lenguaje de simulación continuos son los llamados lenguajes orientados a bloques. Estos lenguajes manejan el mismo concepto de los lenguajes discretos orientados a procesos. Es decir, dentro de los modelos de simulación continuos existen --

ciertas lógicas que se pueden generalizar y plasmar en un bloque.

Los siguientes son algunos de los bloques utilizados por estos lenguajes*/.

NOMBRE	SIMBOLO	OPERACION
Sumador		$S = e_1 + e_2 + e_3$
Multiplicador		$S = e_1 \cdot e_2$
Ganancia		$S = g \cdot e_1$
Divisor		$S = e_1 / e_2$
Inversor		$S = -e_1$
Constante		$S = k$

*/ La simbología es similar a la utilizada en computadoras analógicas. Los lenguajes de simulación por bloques representan estos conceptos por medio de rutinas digitales.

NOMBRE	SIMBOLO	OPERACION
Integrador		$S = p + \int_0^t e_1 dt$

Generador



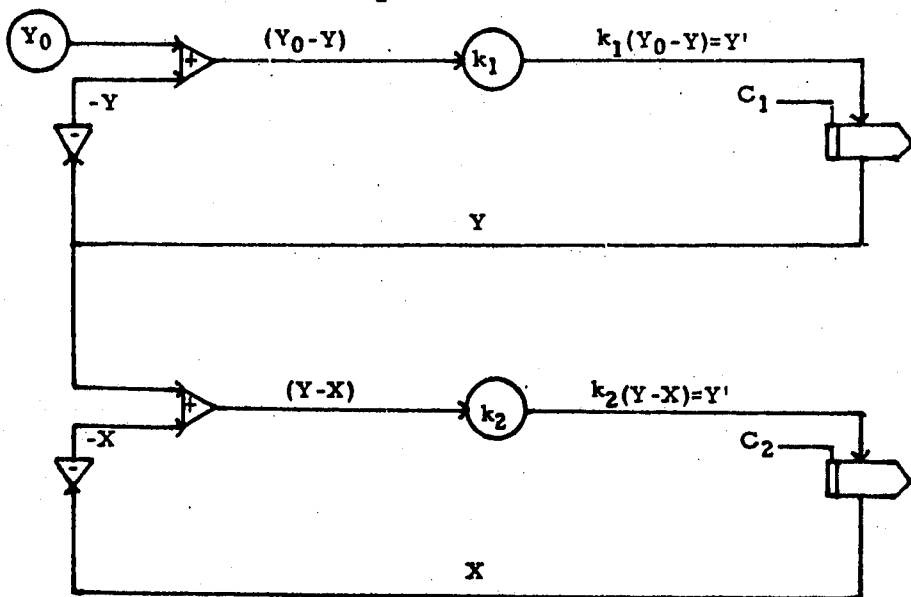
$S = F(t)$

El siguiente diagrama

El siguiente diagrama muestra la forma de asociar estos bloques para simular el sistema de ecuaciones

$$Y' = k_1(Y_0 - Y)$$

$$X' = k_2(Y - X)$$

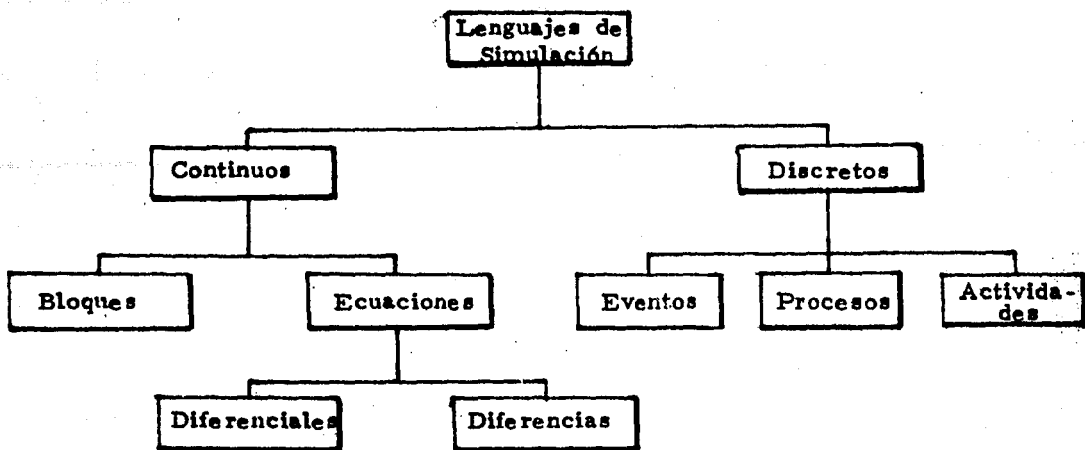


A partir del valor Y_0 se puede apreciar como se generan (con un sumador y una ganancia), las cantidades $(Y_0 - Y)$ y $k_1(Y_0 - Y) = Y'$. Una vez calculado el valor de Y' el siguiente paso es integrarlo - para dar lugar a Y . Del mismo modo a partir del valor de Y se obtienen los valores $(Y - X)$ y $k_2(Y - X)$ que dan lugar a X .

Nótese la forma en que se reciclan los valores de X y Y en los sumadores respectivos. Como ejemplo se tiene el lenguaje CSMP - (Continuous System Modeling Program). Otro ejemplo de este tipo de lenguajes es DYNAMO con la diferencia de que este último se - enfoca a la descripción de sistemas representados por ecuaciones - en diferencias.

Además de los lenguajes de simulación continuos orientados a bloques, se tienen algunos lenguajes orientados a manejar los sistemas utilizando sus relaciones directamente en forma de ecuaciones.

El siguiente esquema resume la clasificación de los lenguajes de simulación.



3.6 SELECCION DEL LENGUAJE

Antes de elegir el lenguaje de simulación a utilizar, es necesario ubicar el modelo dentro de la clasificación antes dada, para en base a esto, determinar el lenguaje más apropiado.

Aun y cuando la mínima unidad posible de considerar en el proceso, es un documento, no es conveniente considerar la llegada de un documento como evento por separado.

Si en lugar de esto, se toma la recepción diaria de documentos

como un flujo, y se manejan los movimientos dentro del sistema - como flujos de documentos, es posible suponer estos flujos continuos y ubicar el modelo dentro de la clasificación de modelos continuos.

Esta suposición no es difícil de comprobar si se observa que aún cuando los documentos llegan en grupo, el volumen de ellos y el tratamiento secuencial que se les da, sugiere el acomodo de ellos uno tras otro en una forma casi continua.

Por otra parte, si se maneja como unidad el grupo de documentos, la diferencia en el tamaño complicaría su manejo a través del sistema.

De acuerdo con los simuladores continuos, éstos utilizan, en su mayoría, ecuaciones diferenciales. Sin embargo, esto es conveniente cuando la variable tiempo se maneja en forma continua.

En el caso del modelo en estudio, por razones que se expondrán posteriormente, se convino que la unidad de tiempo en la simulación fuera un día, lo cual implica el manejo de la variable tiempo en forma discreta.

El hecho de manejar la variable tiempo de esta forma, permite utilizar las ecuaciones en diferencias, en donde para determinar

La situación actual del proceso, es suficiente conocer la situación del mismo en un período anterior y la nueva demanda. Esta última característica determina que las ecuaciones a utilizar sean de primer orden.

Se además, como es el caso, se pueden aislar partes del sistema formando bloques interrelacionados, la bibliografía relacionada⁽¹⁾ sugiere el uso de los siguientes lenguajes: DYNAMO, MIMIC o CSMP.

El argumento que permite elegir DYNAMO como el lenguaje a utilizar, es la disponibilidad de éste en las computadoras con las que se va a realizar el trabajo (IBM370 y BURROUGHS 6700 de la S.H.C.P. y C.S.C. de la U.N.A.M.), además de ser el más conocido por lo que la documentación relacionada es más accesible.

- (1) SHANNON, Robert. Systems Simulation. Capítulos 1 y 3
- (2) HARRIS, Bernard. Theory of Probability. Capítulo 7
- (3) PRISTKER, Alan & PEGDEN, Claude. Introduction to Simulation and SLAM. Capítulo 3
- (4) Apuntes del curso "Modelos de Simulación" Serie de Cursos Internacionales. Instituto Mexicano del Deporte.

CAPITULO 4

CONCEPTOS BASICOS DE DYNAMO

4.1 INTRODUCCION

DYNAMO (Dynamic Modeling) es un programa de computadora para compilar y ejecutar la simulación de sistemas continuos (modelos descritos por medio de ecuaciones diferenciales). Fue creado para simular modelos dinámicos de retroalimentación, aunque su diseño le permite simular en general cualquier modelo continuo.

La continuidad de estos modelos radica en su conducta, la cual depende más bien, de un flujo agregado de eventos, que de la ocurrencia de estos por separado. Aunque la mayoría de los fenómenos no son estrictamente continuos, se pueden estudiar agregando los eventos en un flujo continuo, y situando este flujo en el contexto de las variables (continuas) que lo afectan y son afectadas por éste.

Típicamente, estas variables forman lo que se conoce como un sistema de retroalimentación.

DYNAMO usa ecuaciones en diferencias de primer orden para aproximar el proceso continuo, debido a la dificultad que presentan las ecuaciones diferenciales para su evaluación. Las variables esenciales en el estudio de un sistema dinámico, variables de estado y variables de salida, son descritas en DYNAMO por las --- ecuaciones de nivel y las ecuaciones de tasa.

Las variables de estado (niveles), describen la situación del sistema en un tiempo determinado, las variables de salida (tasas) describen como cambian los estados con el paso del tiempo. En secciones posteriores, se hará una descripción detallada del papel que juegan estas variables, así como otras, en el estudio de los sistemas dinámicos.

4.2 MANEJO DE TIEMPO

DYNAMO representa el tiempo como una sucesión de intervalos de longitud DT , se consideran tres momentos en el tiempo: el tiempo presente, tiempo K ; el tiempo pasado, tiempo J ; el tiempo futuro, tiempo L . Además se consideran dos intervalos: el intervalo transcurrido entre el momento pasado y el momento actual, intervalo JK ; el intervalo transcurrido entre el momento presente y el

futuro, intervalo KL. (Ver fig.1)

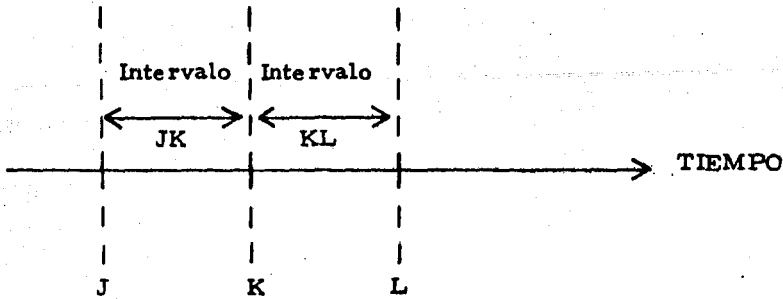


FIGURA 1

La importancia de esta notación radica en la necesidad de manejar variables en diferentes momentos e intervalos, lo que lleva a usarla en forma de suscrito para clasificar las variables.

4.3 VARIABLES; ECUACIONES DYNAMO

DYNAMO reconoce 6 tipos de cantidades para la construcción de un modelo. Cuatro de estas cantidades son variables y las dos restantes son constantes. Las variables son:

- Variable de nivel
- Variables de tasa
- Variables de auxiliares
- representan a los estados del sistema
- representan a los flujos dentro del sistema
- controlan las tasas en sistemas no-conservativos

- Variables suplementarias
- se utilizan principalmente para impresión y gráficas

Las constantes son:

- Condiciones Iniciales
- Se utilizan para dar un valor inicial a los niveles, aunque también se pueden asignar a tasas o auxiliares
- Constantes
- Son cantidades invariables durante la ejecución del programa.

Existen ciertas reglas a seguir durante la construcción de las ecuaciones para asignar valores a las variables del sistema. A continuación se presenta la estructura de las ecuaciones para cada tipo de variable, así como el significado de cada una de ellas en la representación del sistema real.

- Ecuaciones de Nivel

Estas ecuaciones están relacionadas con el proceso de integración, herramienta básica en el proceso de simulación de sistemas continuos. La integración, es el proceso de relacionar un estado con sus fluctuaciones en el tiempo. En forma de ecuación:

$$\text{NIVEL AHORA} = \text{NIVEL ANTERIOR} + \text{TIEMPO TRANSCURRIDO} \\ * \text{TASA DE CAMBIO}$$

Introduciendo la notación de tiempo:

$$L \quad \text{NIVEL .K} = \text{NIVEL .J} + \text{DT} * \text{TASA DE CAMBIO}$$

Esta estructura tiene el problema de considerar la tasa de cambio constante en el tiempo, cosa poco común en sistemas reales, en los cuales las tasas son variables. En estos casos, la integral no puede calcularse por medio de esta sola expresión. En realidad para calcular la integral, se debe dividir el intervalo de integración en partes infinitesimales, y calcular el área para cada una de ellas (DT puede considerarse como la longitud de intervalo). Desafortunadamente las computadoras digitales no pueden integrar exactamente y por lo tanto, la integral se debe calcular por aproximaciones. Un método muy simple, que trabaja aceptablemente cuando no se requiere mucha precisión, es calcular la tasa de cambio en el momento J y suponerla constante en el intervalo JK. La exactitud puede ser controlada mediante una elección adecuada de la longitud del intervalo (DT.) La figura 2 ilustra este proceso, que es el utilizado por DYNAMO.

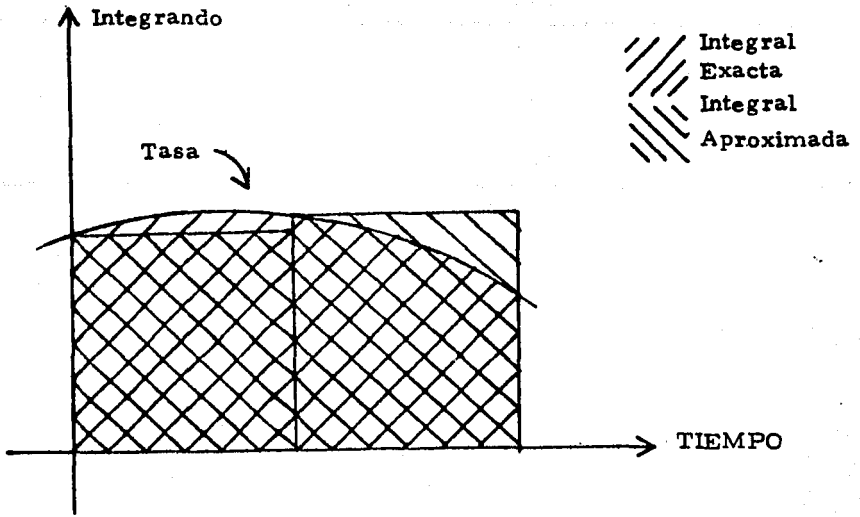


FIGURA 2

- Ecuaciones de Tasa

Existen subsistemas en los cuales el material (dinero, información, etc.) fluye de una parte del sistema a otra sin modificar su estado. Estas partes del sistema se conocen como subsistemas conservativos, y los flujos se identifican como tasas.

En estos subsistemas, las tasas de cambio de los niveles toman la forma de suma o diferencia de varias tasas. Típicamente, una tasa aparece en relación con dos niveles; en uno se agrega y de otro se extrae. En aquellos casos, donde la tasa se agrega a un

nivel, pero no se substraee de otro, esta se construye de tal manera que relaciona el nivel con alguna fuente de recursos exterior. En el caso contrario, la tasa vierte su contenido en algún lugar fuera del sistema. De manera muy general, la forma de una ecuación de tasa es la siguiente:

$$R \quad \text{TASA 1. KL} = (\text{NIVEL JK.} + \text{TASA 2. JK}) / \text{NIVEL 1.K}$$

En donde las tasas llevan dos suscritos, pues su acción no se efectua en un momento dado, sino durante el transcurso de un intervalo de tiempo.

Ya conocida la forma y el significado de las ecuaciones de tasa, es posible presentar una estructura más adecuada para las ecuaciones de nivel en sistemas conservativos:

$$L \quad \text{NIVEL 1.K} = \text{NIVEL 1.J} + \text{DT} * (\text{TASA 1. JK} - \text{TASA 2. JK})$$

- Ecuaciones Auxiliares

Los subsistemas no-conservativos son todo lo restante de un sistema, después de identificar los subsistemas conservativos. Estos subsistemas contienen relaciones integrales y algebraicas. Las integrales son calculadas en ecuaciones de nivel, sin embargo en este caso, las "tasas de cambio" son más complicadas que simplemente

la suma (diferencia) de varias tasas, como es el caso de los subsistemas conservativos. Un ejemplo típico de una ecuación en un sistema no conservativo es la ecuación diseñada para simular una atenuación en las ventas.

$$L \quad \text{SMSLS.K} = \text{SMSLS.J} + \text{DT} * (\text{SALES.JK} - \text{SMSLS.J}) / \text{SMPRD}$$

En éste caso la 'tasa de cambio' es más complicada que simplemente la diferencia entre dos tasas. En la ecuación para SMSLS, la 'tasa de cambio' está representada por la diferencia de dos cantidades (SMSLS no es una tasa), además de estar dividida por una constante.

Las ecuaciones auxiliares se utilizan en los subsistemas no-conservativos para calcular expresiones algebraicas, más o menos simples, que son parte de alguna tasa. Estas ecuaciones son calculadas en el tiempo K y pueden incluir niveles y otras tasas también en el tiempo K. Debe tenerse cuidado al manejar auxiliares en función de otras auxiliares, pues DYNAMO no maneja ecuaciones simultáneas.

Las ecuaciones auxiliares frecuentemente son usadas para constituir bloques que son parte de alguna(s) tasa(s). Es importante, para la concepción del modelo, construir los bloques formados por las ecuaciones auxiliares con algún significado real, y no con relaciones algebraicas sin sentido.

- Ecuaciones Suplementarias

Las ecuaciones suplementarias, así como las auxiliares, se refieren a alguna expresión utilizada posteriormente. En este caso, la expresión se va a utilizar como información de salida en el modelo, pudiendo hacerse esto en forma tabular o gráfica.

Lo referente a las cantidades de condición inicial, se explicará después de la sección de orden de evaluación de las ecuaciones DYNAMO. Las cantidades constantes son todas aquellas invariables durante la ejecución de la simulación.

4.4 SECUENCIA DEL CALCULO

El orden de la evaluación de las ecuaciones DYNAMO está implícito en lo expuesto en la sección anterior. Las primeras cantidades calculadas en el instante K, son todos los niveles. Ellos dependen de su valor en el tiempo anterior (Tiempo J), de ecuaciones auxiliares (subsistemas no conservativos) en el tiempo J, y de tasas calculadas en el tiempo J y afectan al nivel durante el intervalo JK.

Ver figura 3.

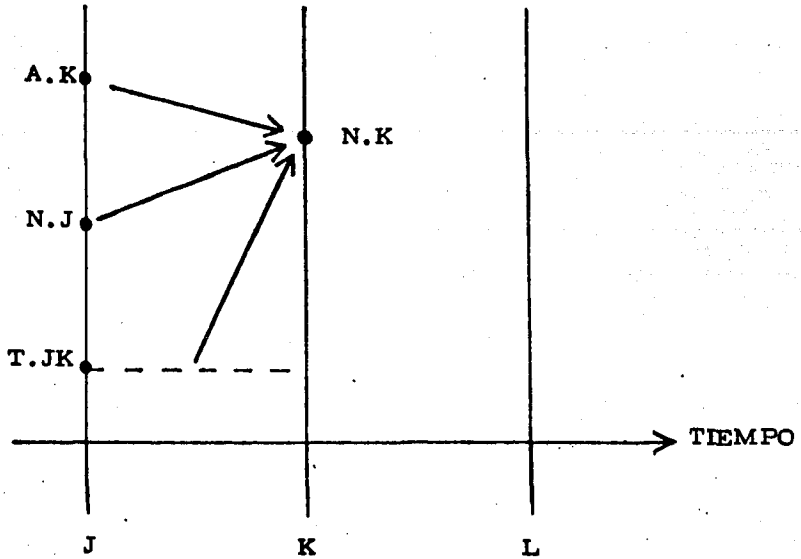


FIGURA 3

Secuencia de cómputo para ecuaciones de Nivel

Luego, las auxiliares, automáticamente ordenadas por DYNAMO, son calculadas para el instante K; de niveles en el tiempo K, otras auxiliares en el tiempo K y tasas en el intervalo JK.

Como se mencionó anteriormente, es importante para el modelo no tener ecuaciones simultáneas. La secuencia de cálculo de estas ecuaciones se presenta en la figura 4.

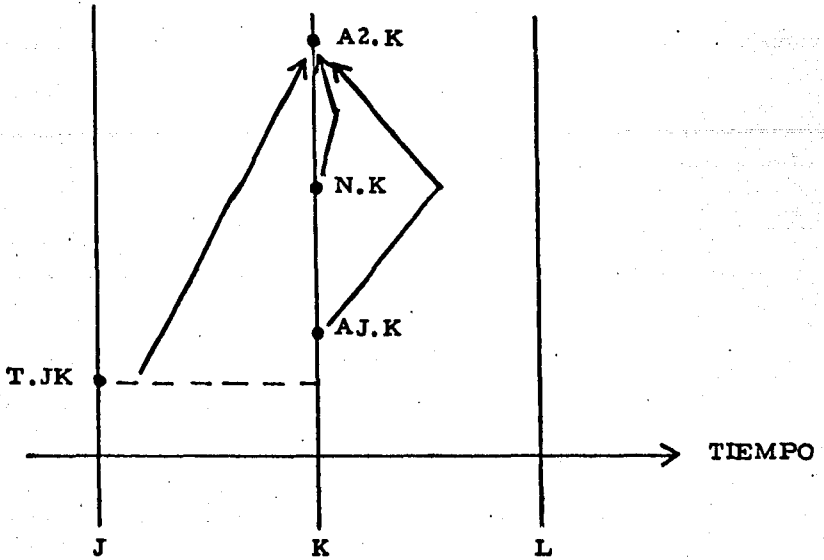


FIGURA 4

Secuencia de Cómputo para las ecuaciones Auxiliares

Por último se calculan las tasas para el intervalo KL, esto se hace a partir de las ecuaciones de nivel y auxiliares calculadas para el tiempo K. En alguna ocasión, se podrá utilizar otra tasa en una ecuación de tasa, esto es posible siempre y cuando se tome el valor de este en el intervalo JK.

En ningún caso es posible utilizar tasas calculadas para el intervalo KL en el lado derecho de una ecuación. Ver figura 5

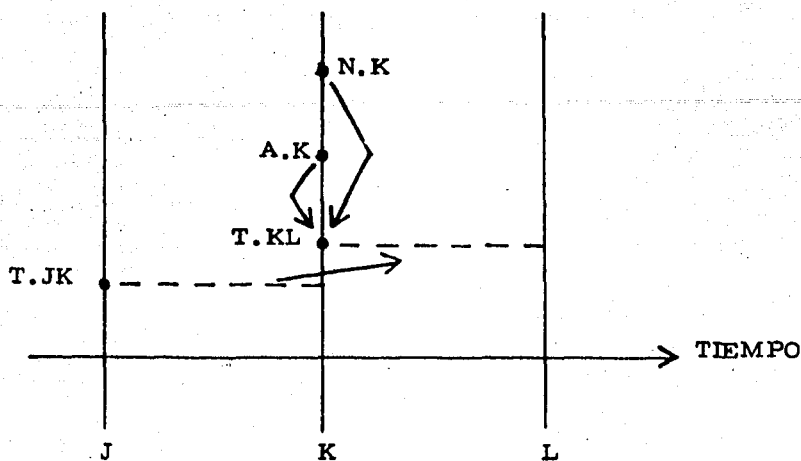


FIGURA 5

Secuencia del cálculo para las ecuaciones de Tasa

Una vez calculadas las tasas, la variable TIME (variable implícita de DYNAMO) se incrementa en DT unidades de tiempo y se renueva el ciclo. Las cantidades calculadas en el tiempo K están ahora en el tiempo J ; y las tasas pasan del intervalo KL a JK .

Una vez escritas las ecuaciones "activas" del modelo, el proceso de inicialización debe ser considerado. De acuerdo al ciclo del cálculo presentado anteriormente, existe un problema para calcular el primer valor de una variable de nivel, pues estas se construyen a partir de su propio valor en el tiempo anterior. De aquí surge la necesidad

sidad de asignar un valor inicial a las variables de nivel, y de ese modo DYNAMO no necesita calcular ese primer valor. La siguiente es una "ecuación" de condición inicial

N NIVEL = CTE.

Es absolutamente necesario asignar a las ecuaciones de nivel - una condición inicial. Ocasionalmente una ecuación auxiliar o una - de tasa pueden tener condición inicial.

La tabla 1 muestra las convenciones en los suscritos que se deben respetar al construir las ecuaciones de un modelo. Nótese que toda cantidad en el lado derecho de una ecuación debe estar definida en alguna otra parte del modelo, i. e., debe aparecer en el lado izquierdo de otra ecuación. Hay dos casos especiales para esta regla: DT y TIME; DT es la longitud de los intervalos y debe incluirse en las tarjetas de especificación (SPEC CARDS. Se explicarán posteriormente) y puede usarse como constante en el lado derecho de - cualquier ecuación. La variable TIME, es la verdadera excepción. - Esta variable no está definida en ninguna parte del modelo, pero es construida por DYNAMO (No está permitido construir una ecuación - para ella), y puede usarse como un nivel en el lado derecho de cualquier ecuación.

Tipo de Cantidad en el
lado izquierdo de la e
cuación.

Suscrito

Suscrito de la cantidad de la derecha si la
cantidad izquierda es:

			L	A	R	S	C	T	N
L	Nivel	K	J	J	JK	np	ng	ng	ng
A	Auxiliar	K	K	K	JK	np	ng	ng	ng
R	Tasa	KL	K	K	JK	np	ng	ng	ng
S	Suplementaria	K	K	K	JK	K	ng	ng	ng
C	Constante	ninguno	np	np	np	np	np	np	np
T*	Tabla	ninguno	np	np	np	np	np	np	np
N	Valor inicial	ninguno	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng

np = no se permite

ng = ninguno

TABLA 1.- Suscritos

*La ecuación de una tabla se utiliza para la entrada de datos. Se detallará en la sec
ción de funciones DYNAMO.

4.5. REGLAS PARA CONSTRUIR ECUACIONES DYNAMO

Además de la convención de suscritos definida en la sección anterior, existen algunas otras reglas que se deben respetar en la construcción de las ecuaciones del modelo. La forma básica de una ecuación DYNAMO es:

tipo cantidad = expresión

"Tipo" es una letra que indica el tipo de ecuación. L(Level) para indicar una ecuación de nivel; R(Rate) para una tasa; A(Auxiliary) para una auxiliar; N (Initial value) para una condición inicial; -- C (Constant) para una constante y T (Table) para indicar una tabla.

"Cantidad" es el nombre de la cantidad definida por la ecuación. El nombre debe respetar ciertas reglas y debe tener el suscrito -- apropiado. Todo nombre de cantidad debe empezar con un carácter alfabético, seguido por un máximo de 5 caracteres númericos o alfabéticos.

"Expresión", es cualquier cosa, desde un simple número o cantidad hasta una combinación compleja de términos y factores envolviendo funciones, cantidades y valores numéricos. Las operaciones permitidas en una expresión son:

- + adición
- sustracción
- * multiplicación
- / división
- ** exponenciación (no en todas las versiones)

Además existen en DYNAMO ciertas funciones, las cuales se pueden utilizar para formar expresiones. Estas funciones, se pueden dividir en cinco categorías:

funciones trascendentes:	COS, EXP, LOGN, SIN y SQRT
funciones selectoras de valor:	CLIP, MAX, MIN, SWITHC, TABHL, TABLE, TABPL, y TABXT
funciones de tiempo:	PULSE, RAMP, SAMPLE, y STEP
funciones modeladoras de curvas:	DELAY 1, DELAY 3, DELAY P, DLINF Y SMOOTH
funciones aleatorias:	NOISE Y NORMRN

Los detalles correspondientes al comportamiento de estas funciones se explicarán en la siguiente sección.

Los valores numéricos de las expresiones se escriben en la forma usual, se pueden usar hasta ocho dígitos significativos. No se requiere el punto decimal excepto para las fracciones decimales (No existe confusión entre números reales y enteros). Números muy grandes o muy pequeños se expresan utilizando alguna potencia de diez en la forma usual, o. e., se indica el número seguido por una E y un número entero dentro de los límites de precisión de la máquina.

4.6 FUNCIONES DYNAMO

A continuación se presenta una descripción de las funciones DYNAMO más utilizadas. Para mayor referencia consultar algún manual de DYNAMO (Ver Bibliografía)

Una función, es una forma conveniente de referir un valor a una cantidad. La forma de la relación no es explícita, pero se sobrentiende a partir del nombre de la función. Estas funciones están formadas por una serie de ecuaciones definidas dentro de un marco. Existen algunas de ellas preconstruídas en el compilador DYNAMO, sin embargo, esto no restringe el número de funciones disponibles, debido a la opción de definir cualquier otra, con la facilidad de la instrucción MACRO-MEND, que se analizará en la siguiente sección.

Una función puede ser usada en el lado derecho de una ecuación como si fuere una cantidad o un nombre. El número de argumentos debe ser proporcionado en el orden requerido. Estos argumentos - pueden ser expresiones.

- Funciones Trascendentes

En esta parte se definen algunas de las funciones trigonométricas y logarítmicas más usadas. La mayoría de las funciones normalmente usadas, pueden ser construidas a partir de estas utilizando, tal vez, la facilidad de una MACRO.

Estas funciones son descritas como en un curso elemental de cálculo:

DYNAMO	Función	Restricción del Argumento
EXP(A)	A	$A \leq 174$
LOGN(A)	$\log(A)$	$A > 0$
SQRT(A)	A	$A \geq 0$
SIN(A)	$\text{sen}(A)$	$A < 823,000$
COS(A)	$\text{cos}(A)$	$A < 823,000$

- Funciones selectoras de valor

Las siguientes funciones tienen el objeto de seleccionar un valor de entre dos o más. En ocasiones, la selección está, o puede estar en función del tiempo. La descripción de las funciones es:

CLIP (P, Q, R, S)

$$\text{CLIP} = \begin{cases} P & \text{si } R \geq S \\ Q & \text{si } R < S \end{cases}$$

MAX (P, Q)

$$\text{MAX} = \begin{cases} P & \text{si } P > Q \\ Q & \text{si } P \leq Q \end{cases}$$

SWITCH (P, Q, R)

$$\text{SWITCH} = \begin{cases} P & \text{si } R=0 \\ Q & \text{si } R \neq 0 \end{cases}$$

- Tablas

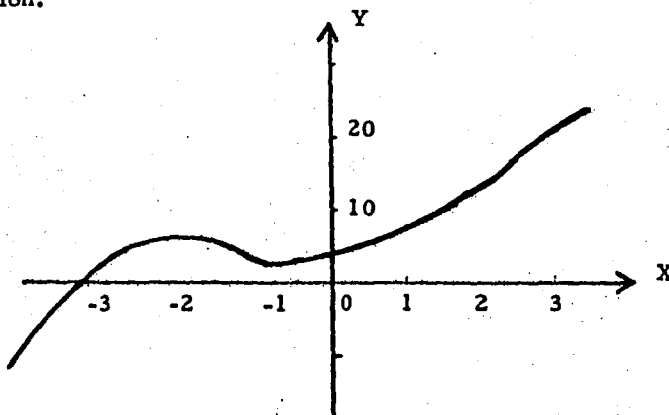
Frecuentemente, el usuario de DYNAMO requiere expresar una variable con un valor arbitrario, dependiente del valor de otra variable

Esta relación se puede definir por medio de una gráfica o una tabulación correspondiente a la gráfica.

Desafortunadamente DYNAMO no puede aceptar la entrada gráfica de los valores. Sin embargo, no existe problema para la entrada por medio de una tabla de valores.

De hecho DYNAMO no requiere todos los valores de la tabulación. Como la columna de la izquierda tienen igual incremento de un valor a otro, DYNAMO sólo requiere el primero, el último valor y el incremento. La columna de la derecha debe ser provista por completo.

Como un ejemplo considerese la siguiente tabla y su correspondiente tabulación.



X	-3	-2	-1	0	1	2	3
Y	5	7	3	5	8	13	19

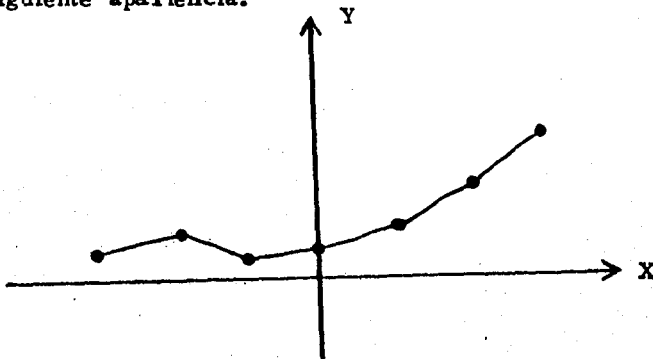
Si Y es una variable auxiliar, los valores de Y, pueden ser asignados de la siguiente forma:

$$A \quad Y.K = (YTAB, X.K, -3, 3, 1)$$

donde YTAB es la tabla que contiene los valores de Y

$$T \quad YTAB = = 5/7/3/5/8/13/19$$

DYNAMO sólo va a contar con una serie de puntos, por lo tanto, es necesario definir un procedimiento para generar aquellos valores no asignados. El procedimiento usado es la interpolación lineal entre dos valores consecutivos. Esto provoca que en realidad la función me la siguiente apariencia.



La forma general de la función TABLE es:

$$TABLE (TAB, X, XMIN, XMAX, XINCR)$$

donde:

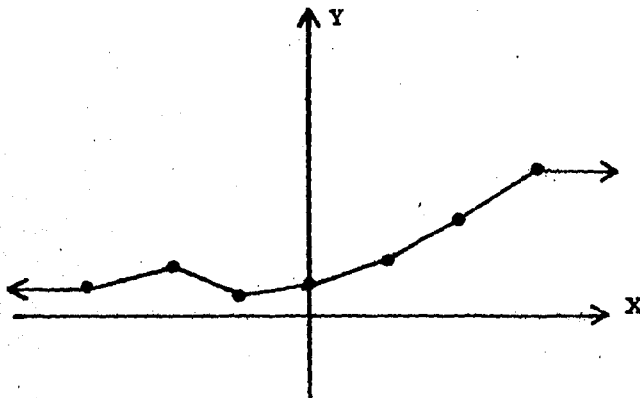
TAB - Nombre de la tabla que contiene los valores de la variable dependiente.

X	-	Variable correspondiente
XMIN	-	Valor mínimo en el rango de la variable X
XMAX	-	Valor máximo en el rango de la variable X
XINCR	-	Incremento en los valores de X

Ciertas funciones tienen un comportamiento asintótico sobre el rango de la variable independiente, con lo cual, los valores de una tabla se repiten muchas veces. Para eliminar este trabajo, DYNAMO tiene una variante a la función TABLE, usando los valores extremos de la tabla, cuando el rango de la variable independiente es excedido. El formato de la función es:

TABHL (TAB, X, XMIN, XMAX, XINCR)

donde los parámetros son los mismos de la función TABLE. Gráficamente el comportamiento de la función es:



En la función TABHL, HL significa que la variable indepen-

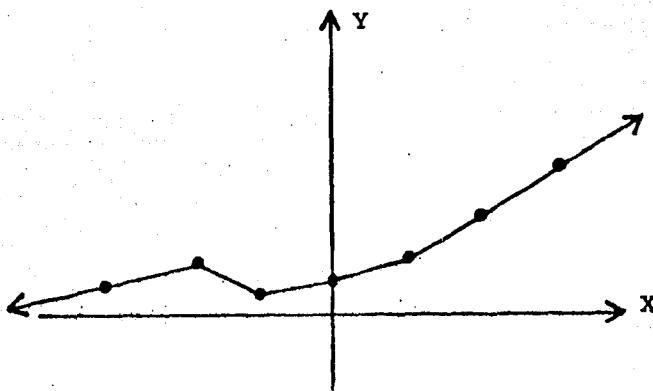
diente puede exceder los valores máximo (high) y mínimo (low) del rango provisto para ella.

Una tercera función, TABXT, en lugar de prolongar los valores extremos, si se excede el rango de las variables independientes, extrapola los últimos dos valores. Esto permite definir curvas que -- tengan asintotas con pendientes diferente de cero. El formato de la función es:

TABXT (TAB, X, XLOW, XHIGH, XINCR)

con el mismo significado en los parámetros.

La curva correspondiente es:



- Funciones de tiempo

En esta clase de funciones, la variable TIME tiene un papel muy importante como parámetro intrínseco de las mismas.

Es necesario tener en cuenta el valor de la variable TIME, pues no siempre será el tiempo transcurrido en la simulación. Estas funciones dependen de el valor de TIME exclusivamente. Su forma es la siguiente.

PULSE (ALT, PRIM, INT)

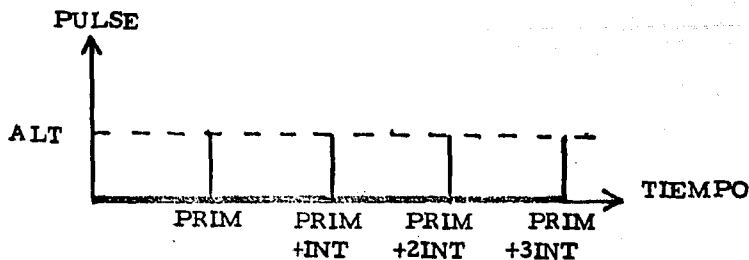
donde:

- ALT - Valor de el pulso
- PRIM - Primer pulso (tiempo)
- INT - Intervalo entre los pulsos

$$PULSE = \begin{cases} ALT & \text{si } TIME = PRIM + m * INT \\ 0 & \text{si } TIME \neq PRIM + m * INT \end{cases}$$

$$m = 0, 1, 2, \dots$$

gráficamente



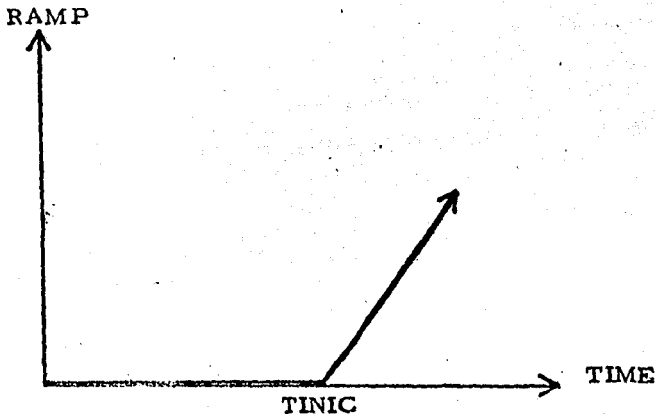
RAMP (PETE, TINIC)

DONDE:

PETE - Pendiente de la línea
 TINIC - Tiempo en que empieza a tomarse
 la pendiente

$$\text{RAMP} = \begin{cases} 0 & \text{si } \text{TIME} < \text{TINIC} \\ \text{PETE} * \text{DT} & \text{si } \text{TIME} \geq \text{TINIC} \end{cases}$$

gráficamente:



STEP (ALT, TINIC)

donde:

ALT - Altura del salto
 TINIC - Tiempo del salto

$$\text{STEP} = \begin{cases} 0 & \text{si } \text{TIME} < \text{TINIC} \\ \text{ALT} & \text{si } \text{TIME} \geq \text{TINIC} \end{cases}$$

- Funciones modeladoras de curvas

También se conoce a éstas como funciones de demora. Existen dos clases de demora: de material y de información. La diferencia entre éstas no afecta los resultados numéricos, a menos que la longitud de la misma sea cambiada. En la demora de materiales, el retraso se conserva mientras cambia la longitud; en la demora de información no.

Las demoras se caracterizan por su orden. El orden de una demora indica la rapidez de cambio en la salida, a partir de un cambio en la entrada. Las demoras de menor orden responden más rápido a los cambios. También se puede considerar el orden de la demora como el número de demoras de primer orden que intervienen en ella.

La forma de las funciones de demora es:

DELAY 1 (ENT, DEL)

DELAY 3 (ENT, DEL)

donde:

ENT - entrada a la demora

DEL - magnitud de la demora

NOTA:

Si DEL es igual al orden de la demora, la salida de la demora será idéntica a la entrada, difiriendo esta por un espacio de DEL intervalos del tiempo.

Se ha omitido la descripción de algunas funciones debido a que no están disponibles en todas las versiones de DYNAMO, además, el -- modelo a tratar en este trabajo no las utiliza. Estas funciones se en encuentran descritas en el DYNAMO User's Manual de Alexander Pugh. M.I.T. Press, Quinta Edición.

- Funciones Aleatorias

Existen dos funciones generadoras de números aleatorios

NOISE ()

que genera números aleatorios uniformemente distribuidos entre $-1/2$ y $1/2$.

y:

NORMRN (MEDIA, DE)

donde:

MEDIA - media de la distribución

DE - desviación estándar de la distribución

genera números aleatorios normalmente distribuidos con la media y desviación estándar indicadas.

4.7 MACROS

Además de las funciones antes descritas, DYNAMO permite definir cualquier otra deseada por el usuario. Esta facilidad permite ahorrar tiempo en el diseño del modelo. La estructura de una función MACRO es la siguiente:

- Declaración de la macro
- Ecuaciones de la macro
- Declaraciones de fin de macro

La declaración de la función se hace por medio de la instrucción.

MACRO NOMBRE (parámetro 1, ..., parámetro N)

donde:

NOMBRE - es el nombre, manera de llamar a la función o macro

parámetros - cantidades que sirven como entrada o salida de información de la macro.

Las ecuaciones de la macro pueden ser una o varias, se pueden utilizar cualquier tipo de ecuación además de las funciones descritas anteriormente. Si se quiere hacer uso de alguna otra función definida por el usuario, se debe declarar esta como un parámetro de entrada. En caso de que alguna cantidad que se utilice en una ecuación, no sea un parámetro de la macro, es necesario anteponer a el nombre de esta cantidad un signo \$.

La última instrucción en la definición de una macro, es la tarjeta MEND (Macro End) indicando el fin de las ecuaciones de la macro.

Algunas de las funciones propias de DYNAMO, están definidas por una MACRO, un ejemplo es la función DELAY 3, formada por las siguientes ecuaciones:

MACRO	DELAY 3 (IN, DEL)
A	DELAY3.K=\$LV3.K/\$DL.K
L	\$LV3.K=\$.V3.J +DT*(\$RT2.J
X1	DELAY3.J)
N	\$V3.K=\$DL.K * IN.K
R	\$RT2.KL=\$LV2.K/\$DL.K
L	\$LV2.K=\$LV2.J+DT*(\$RT1.JK
X1	\$RT2.JK)
N	\$LK2.K=\$LV3.K

R	$\$RT1.KL = \$LV1.K / \$DL.K$
L X1	$\$LV1.K = \$LV1.J + DT * (IN.JK - \$RT1.JK)$
N	$\$LV1.K = \$LV3.K$
A	$\$DL.K = DEL / 3$
MEND	

4.8 TARJETAS DE DIRECCIONAMIENTO Y CONTROL DE TRABAJO

En estas tarjetas se indican las variables que se van a imprimir, las que se van a graficar, encabezados y documentación del programa.

Las siguientes son las tarjetas de direccionamiento.

Asterisco (*)

- Es la primera tarjeta del programa. En ella se indica la información que aparecerá al tope de cada página. Esta información no deberá contener más de 50 caracteres.

NOTE

- Se incluye entre las tarjetas del programa para documentarlo

NOISE

- Se utiliza para indicar la semilla para la generación de números aleatorios en las funciones

NOISE Y NORMRN.

Se debe indicar un número entre 100, 001 y 99, 999, 999 si siguiendo a la instrucción NOISE. Su ausencia supone la semilla - igual a 1,234,567

PLOT

- DYNAMO imprimirá una gráfica de cada una de las cantidades in dicadas en el PLOT contra la - variable TIME. Se presentará - una gráfica para cada instrucción PLOT, se pueden indicar hasta 10 cantidades. Cada cantidad deberá ir seguida de un signo de igual y la letra que deberá representarla en la gráfica.

PRINT

- DYNAMO puede imprimir cualquier cantidad en forma tabular. Si la cantidad es un nivel o una - auxiliar, se indicará su valor en el tiempo K; si es una tasa, en - el intervalo KL. Se pueden tabular

hasta 14 cantidades en un PRINT.

Puede haber cualquier cantidad de instrucciones PRINT.

RUN

- Es la última tarjeta del programa. Se utiliza para identificar la corrida. Se pueden escribir hasta 50 - caracteres para indicar el tipo de corrida.

SPEC

- Hay cuatro cantidades que se de--ben especificar y que son los pará--metros esenciales de la simula--ción. Estas cantidades son:

DT - Longitud del in--tervalo entre TIME.J y TIME.K

LENGTH - Valor de la va--riable TIME en donde se debe -terminar la si--mulación.

PRTPER

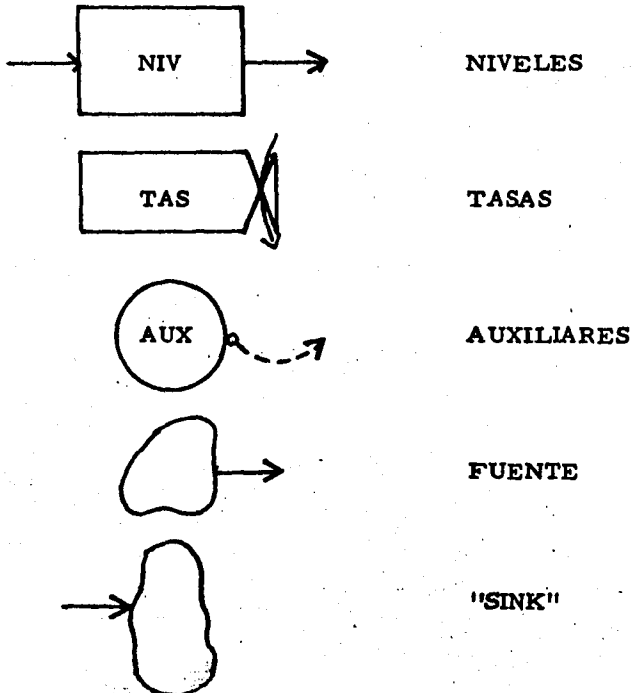
- Intervalo de tiempo entre cada tabulación

PLTPER

- Intervalo de tiempo entre cada graficación

4.9 DIAGRAMA DE FLUJO

El desarrollo de un modelo incluye la construcción de uno o más diagramas de flujo. Debido a la importancia de la representación gráfica de un modelo, se ha convenido la utilización de la siguiente simbología para programas DYNAMO.



Las líneas que relacionan estos símbolos son:

-----> introducción

—————> material

---0---0---0---> órdenes

---\$---\$---\$---> dinero

=====> gente

=====> equipo

-----O-----> constantes
 ↘

Quando un diagrama es muy grande y debe ser dividido en varias figuras, las variables de otras figuras se indican como sigue:

-----> (VAR 1)

(VAR 2) - - - - ->

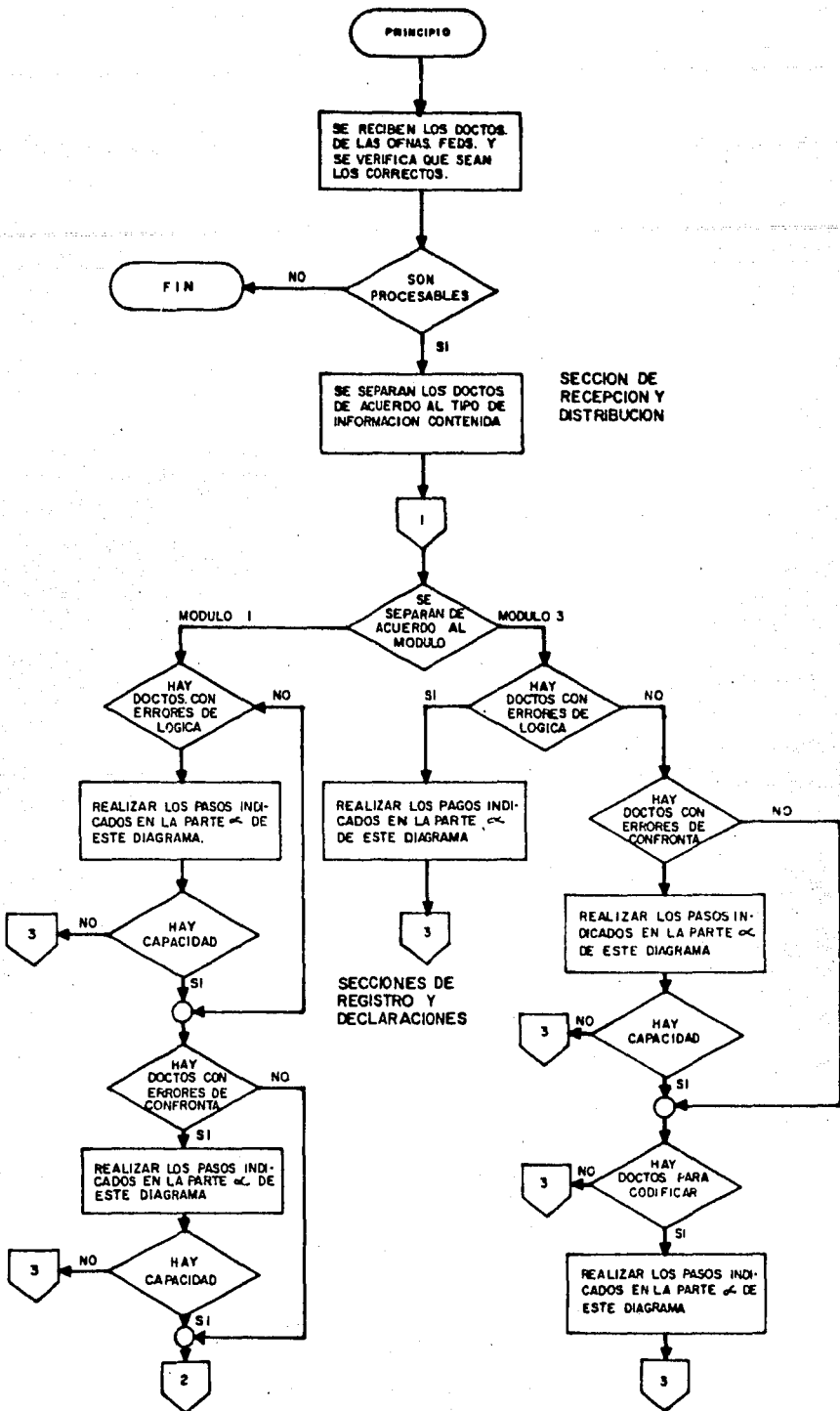
CAPITULO 5

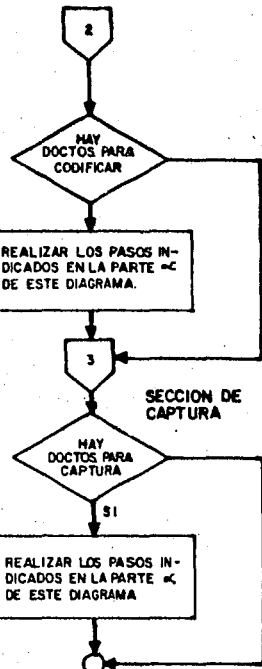
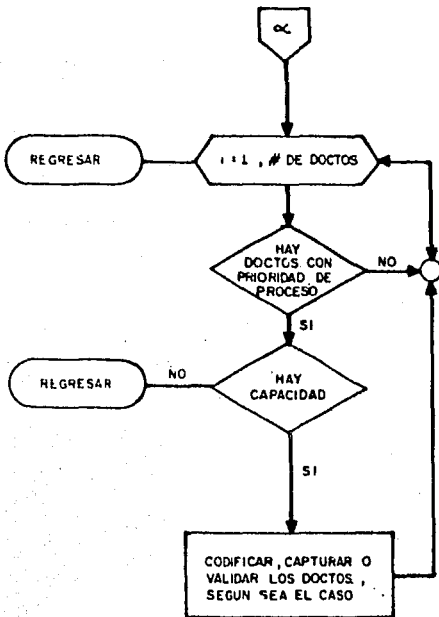
DISEÑO DEL MODELO

5.1 DESCRIPCION GRAFICA DEL SISTEMA

Una forma práctica de comenzar a desarrollar un modelo es por medio de la representación gráfica del sistema en estudio. Esta descripción permite visualizar en una forma más concreta las relaciones entre las componentes del mismo así como sus interacciones con otros sistemas.

En el segundo capítulo de este trabajo, durante la descripción del proceso, se presentó un diagrama con las relaciones entre cada una de las secciones. Este tipo de diagramas son muy generales y se conocen como Diagramas de Bloque.





SECCION DE CAPTURA

PROCESO DE LOS DOCTOS PARA VERIFICAR ERRORES DE LOGICA, O CONFRONTA

PROCESO DE DOCTOS.

FIN DEL PROCESO:
 LOS DOCUMENTOS SIN ERROR SE ENVIAN AL ARCHIVO MAESTRO. LOS DOCUMENTOS INCONSISTENTES SE ENVIAN A LA PARTE 1, SE ACTUALIZA LA CANT DE DOCTOS EN CADA SECCION AGREGANDO LOS DOCTOS NUEVOS Y LOS INCONSISTENTES. SE REPITE EL PROCESO PARA CADA DIA.

FIN

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CAPTURA

El esquema anterior muestra en forma más detallada estas relaciones. Posteriormente, durante la descripción de las ecuaciones del modelo, se encuentran otros diagramas de las componentes de cada bloque del sistema. Estos diagramas son mucho más explícitos y utilizan la representación por medio de la simbología convencional para modelos dinámicos presentada anteriormente.

5.2 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO

Una vez hecha la descripción gráfica del Proceso de Captura el siguiente paso en el diseño del modelo es definir las características más relevantes del mismo.

Estas características se pueden clasificar en tres grupos:

- Elementos Aleatorios
- Elementos Determinísticos
- Factor Tiempo

En esta sección se hará un análisis de los elementos más importantes del sistema, indicando a cuál de los grupos antes mencionados pertenece, así como la forma de considerarlos en el modelo.

Cabe señalar que de acuerdo a esta clasificación de los elementos del sistema, el modelo correspondiente deberá ser de tipo

Dinámico y Probabilístico Estocástico

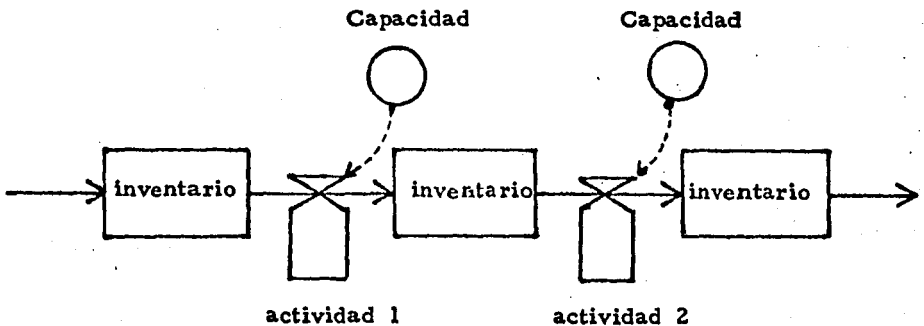
Los elementos determinísticos más importantes del proceso

son:

- Relaciones entre componentes
- Prioridades de Proceso
- Constantes

La relación entre los componentes, representada por el flujo de documentos, es un elemento determinístico, pues si se sitúa es te flujo en cualquier parte del proceso, es posible conocer exactamente cuál será la siguiente etapa en su recorrido. Por ejemplo, - si se ubica un grupo de documentos inmediatamente después del pro ceso de codificación, la única alternativa en su trayectoria es la -- captura.

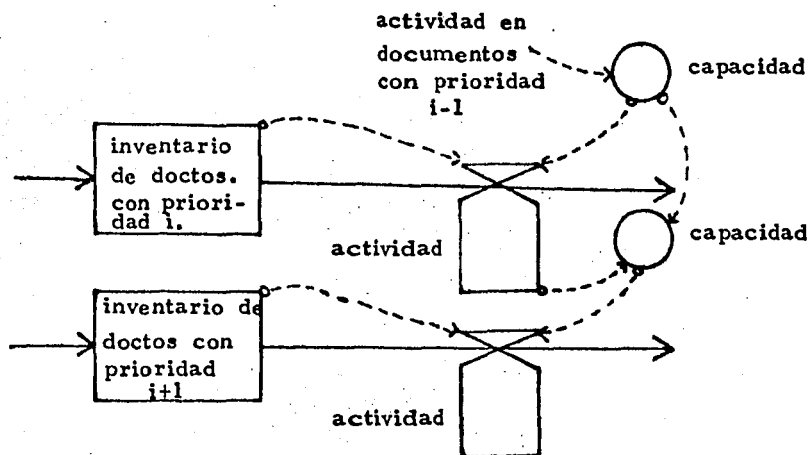
La estructura básica de estas relaciones se describe en el siguiente diagrama:



donde los inventarios representan acumulaciones de documentos en espera de algún tratamiento y las actividades funcionan como válvulas de flujo, pues el número de documentos que pasa por cada una de ellas depende de la capacidad disponible para realizarla.

Las prioridades de proceso, necesarias para algunas actividades, son otro factor determinístico, pues son fijadas con anterioridad y se deben respetar en todo momento.

La forma en que éstas influyen en el proceso es fundamental y se refleja principalmente en el manejo de las capacidades de cada actividad. Gráficamente su acción se representa como sigue:



En donde la capacidad para realizar una actividad en cierto tipo de documentos depende del número de ellos que hubiera con prioridad más alta. Por ejemplo, si el número de documentos para codificar de la forma HRFCOL, cuya prioridad es la mayor, excede la capacidad disponible, la actividad se llevará a cabo exclusivamente en estos documentos, sin importar cuantos haya con prioridad menor.

Otro elemento determinístico por naturaleza son las constantes. Debido a las diferencias de su significado, la forma en que afectan al modelo se tratará durante el desarrollo de las ecuaciones del mismo.

Los siguientes son elementos aleatorios importantes para el proceso:

- Volumen del flujo
- Capacidades
- Demoras
- Inconsistencias

El volumen de flujo, cantidad de documentos en tránsito, es un factor aleatorio de importancia pues representa las demandas del proceso. Su aleatoriedad radica en el principio del flujo, pues este se origina en los datos provenientes de un pronóstico, técnica azarosa por naturaleza.

Otros elementos con comportamiento aleatorio son las capacidades de proceso, ya que estas, aunque aparentemente son constantes, sufren variaciones debido a fallas en los equipos o ausentismo del personal.

Los dos factores anteriores dan lugar a otros elementos del sistema que por lo mismo son aleatorios. Estos elementos son las demoras, y son el tiempo de espera de un documento antes de cada actividad del proceso. Dentro del modelo, estos elementos se encuentran representados en los inventarios de documentos descritos en la estructura básica del mismo.

Por último, las inconsistencias son un elemento aleatorio que es resultado de la intervención del factor humano, antes del proceso, cuando el causante llena los documentos y después de este, durante las actividades de codificación y captura.

La forma de manejar estos elementos en el modelo es la siguiente:

- El volumen de flujo es resultado directo del pronóstico y la forma de ingresar los datos, lo cual se tratará en la siguiente sección.
- Para las capacidades; en la simulación se manejará la

capacidad real disponible, sin considerar ausentismo, disminuyendo un porcentaje por este concepto en forma aleatoria.

- Las demoras son consecuencia de los puntos anteriores.
- Las inconsistencias se manejan como un porcentaje con fluctuaciones aleatorias normalmente distribuidas. Para inconsistencias de lógica se utiliza una distribución $N(0.25, 0.05)$ y para la de confronta una $N(0.15, 0.0333)$. Cabe señalar que estos datos fueron obtenidos como información a partir de una encuesta aplicada a la persona encargada del proceso de confrontación, misma técnica aplicada a cada jefe de sección para determinar las capacidades y el índice de ausentismo.

El último elemento de un modelo estocástico, el factor tiempo, se manifiesta en diferentes formas, y sus repercusiones en el diseño del modelo son importantes pues en ellas está el dinamismo requerido por el análisis.

La influencia de este elemento se percibe en su forma más directa en la definición de la unidad de tiempo a utilizar en el modelo.

Como se puede apreciar en la descripción del sistema, tanto las capacidades para las actividades como el tiempo requerido para ellas se encuentran en forma diaria. Esto se debe a que por razones de organización de los Centros de Proceso el tráfico de documentos no se realiza en forma continua, es decir, los documentos procesados en una sección se acumulan durante todo el día, y no es sino hasta el final de éste cuando se envían a otra.

Lo anterior sugiere el considerar un día como unidad de tiempo en la simulación, por lo que a continuación se hace un análisis de las consecuencias de esto para el diseño del modelo

De acuerdo a las características del proceso, si se analiza este en forma diaria, será necesario conocer las demandas (Documentos recibidos) diarias. Esta situación genera dificultades en el manejo de los datos. Siendo esta una etapa importante en el diseño del modelo, se tratará más ampliamente en la siguiente sección.

Otro aspecto relacionado con el tiempo, es la duración de la simulación. De acuerdo con los objetivos del análisis, la observación del sistema se deberá hacer sobre un ciclo completo de operación, en este caso 260 días descontando sábados y domingos. Sin embargo, el calendario de trabajo contempla cierto número de días de asueto en el año por lo que el número de días hábiles se redu-

ce a 252.

En relación a esto, la forma en que DYNAMO maneja el tiempo no presenta facilidades para identificar los días de asueto. Para efectos del modelo se consideran 5 días hábiles en cada semana, afectándose en cambio las capacidades de cada actividad mediante la siguiente ponderación.

$$C.D.S. = \frac{N.D.H.}{5} \times C.D.R.$$

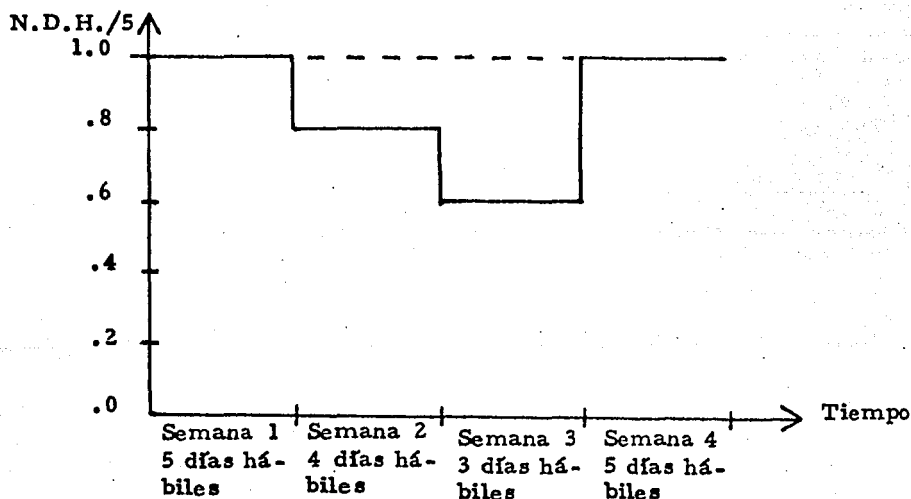
donde:

C.D.S. - Capacidad diaria para efectos de simulación

C.D.R. - Capacidad diaria real

N.D.H. - Número de días hábiles en la semana

El factor $N.D.H./5$ es una función escalonada con un comportamiento como el presentado en la siguiente gráfica



La forma de la ecuación DYNAMO utilizada para representar esta función es:

$$A \quad \text{CONTCA.K} = 1 - \sum_i (\text{PULSE}(s, i, 1) + \text{PULSE}(s, i+5, 1))$$

donde i es el primer día hábil de cada semana, i.e., $i=1, 6, 11, \dots$ y s toma los valores 0, 0.2, 0.4, si la semana en cuestión tiene 0, 1, 2, ... días de asueto respectivamente.

5.3 ENTRADA DE DATOS

Antes de describir las ecuaciones del modelo es conveniente de dicar cierto tiempo al análisis de los datos requeridos, así como la forma de ingresarlos al programa. Esta es una etapa sumamente importante, pues la validez del modelo depende, en gran parte, de la consistencia en el manejo de los datos.

Desgraciadamente no siempre se encuentran los datos en forma adecuada para su utilización. Esta situación hace necesarias ciertas modificaciones en algunas ecuaciones del modelo, sin que esto signifique ajustar forzosamente el modelo a los datos disponibles.

La forma más adecuada de tratar esta situación es realizando el diseño de las ecuaciones tomando en cuenta los datos disponibles, pero ante todo la similitud del modelo con la realidad.

En el sistema en estudio, este problema se observa claramente pues el diseño del modelo requiere de los datos generados por un pronóstico de recepción de documentos. Por otra parte, de acuerdo a la unidad de tiempo a utilizar en la simulación, los datos necesarios para el modelo son los referentes a la recepción diaria, sin embargo, - por razones inherentes a las técnicas de pronóstico, no es muy confiable realizar éste en forma diaria.

Si se reafirma el día como la unidad de simulación, la única alternativa para resolver el problema es la distribución del pronóstico mensual en el número de días hábiles correspondientes a ese mes.

Tomando en cuenta que los datos disponibles para esto, son los correspondientes a la recepción diaria en el último período, se proponen los siguientes métodos para realizar esta distribución.

- Suponer cierto comportamiento (Distribución) en la recepción de documentos, y utilizar los datos del año pasado para probar este comportamiento, por medio de una prueba de bondad de ajuste como la de χ^2 o la de Kolmogorov-Smirnov.
- Utilizar estos datos para obtener un ajuste por el método de mínimos cuadrados.

En cualquiera de los casos es necesario tener una idea del com

portamiento de la recepción de documentos. Sin embargo, en el primer caso este conocimiento deberá ser más exacto con el fin de determinar los parámetros correspondientes a la distribución teórica, requisito para efectuar las pruebas de bondad de ajuste

Antes de seguir adelante con este análisis, es necesario detenerse con este punto para cuestionar sobre la validez de la hipótesis en que se basan estos métodos, es decir, es necesario justificar la suposición acerca de un comportamiento similar en la llegada de formas de un período a otro.*/

El argumento básico para esta justificación, está dado por la existencia de fechas preestablecidas para la entrega de documentos, es decir, además de establecerse una periodicidad, anual o mensual, se tienen fechas límites fijas. Por ejemplo la forma HISR88, tiene una periodicidad anual con fecha de presentación en los meses de marzo y abril. Si se considera que esta fecha no varía, es lógico pensar en un movimiento estacional.**/

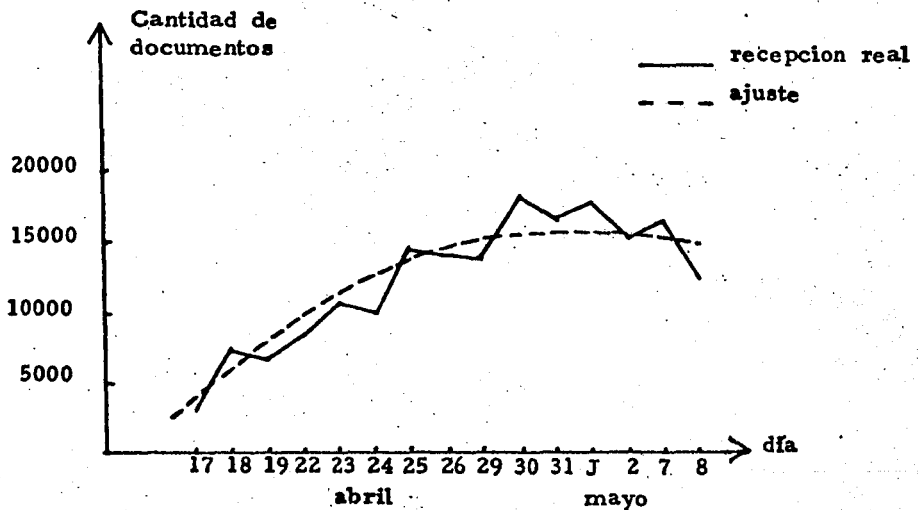
*/ Por estar fuera de los objetivos de este trabajo, se omitirá una justificación estadística muy rigurosa de esta hipótesis.

**/ Cabe señalar que en el estudio previo al modelo de pronóstico, se hizo un análisis detallado de los movimientos de la serie de tiempo, dentro de los cuales está la estacionalidad.

Otro factor que apoya la hipótesis de periodicidad es la tendencia de las personas a realizar los trámites en los días cercanos a la fecha fijada como límite.

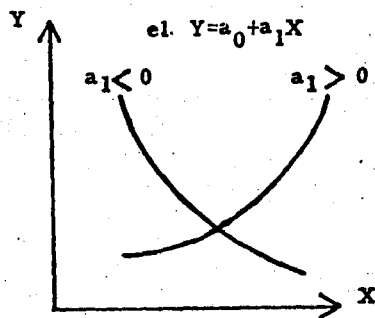
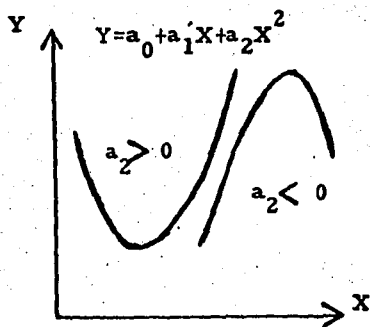
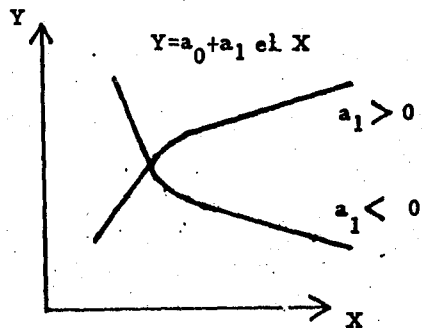
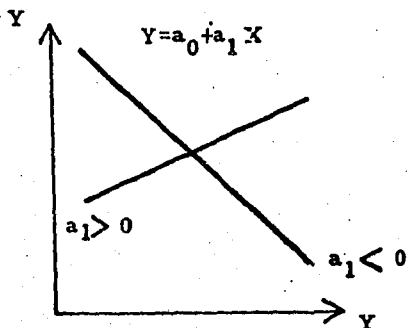
En este caso se nota una acumulación considerable de documentos en últimos días de algunos meses, así como en los siguientes a esta fecha. Esto último debido a plazos y prórrogas que se suelen otorgar.

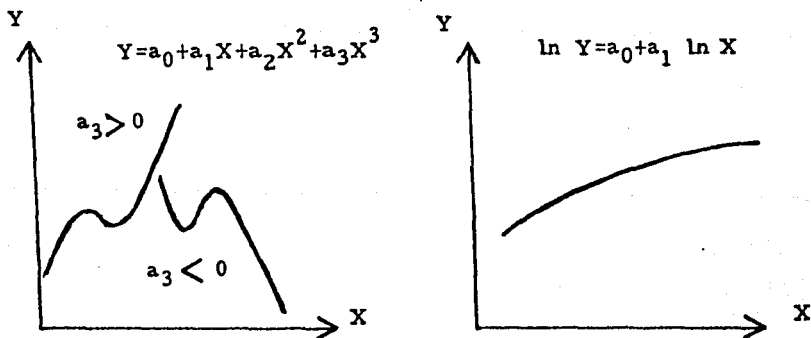
La siguiente gráfica es representativa del comportamiento en la llegada de algunos documentos y corresponde a la forma HISR88 en los meses de abril y mayo.



De acuerdo a lo anterior, en una forma poco rigurosa, pero válida como se observará posteriormente, se ha justificado la utilización de un ajuste basado en los datos del último período y, además, los dos párrafos anteriores sugieren un ajuste de tipo no lineal.

En el que se observa un máximo en las fechas límite para la recepción. A continuación, se presentan algunos de los modelos de ajuste más comunes, acompañados por gráficas representativas de su comportamiento. (X representa la recepción diaria del año pasado)





Aparentemente las características del ajuste $Y = a_0 + a_1x + a_2x^2$ son las más acordes con el comportamiento antes supuesto. Sin embargo, esto no significa que sea el mejor, y es sólo una primera idea de cual ajuste aplicar. La única forma de comprobar si esta función es adecuada es mediante los índices de ajuste provenientes de las pruebas con datos reales.

Hasta este punto, aún no se ha definido cual de los dos métodos de distribución es más apropiado. En realidad, para las necesidades del modelo, basta con obtener un ajuste satisfactorio sin importar cual sea el medio para lograrlo. La razón que influye la decisión de tomar un ajuste por mínimos cuadrados en lugar de probar cierta distribución teórica es la dificultad para evaluar los parámetros en esta última. En este caso a_0 , a_1 y a_2 .

El modelo básico para una relación cuadrática entre una variable dependiente Y y una independiente X está dado por

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$$

donde a_0 , a_1 y a_2 son coeficientes del ajuste. ⁽¹⁾

Si se tiene un conjunto de datos correspondientes a x y y , los valores a_0 , a_1 y a_2 se pueden estimar a partir de las ecuaciones.

$$\begin{aligned} \hat{a}_0 n + \hat{a}_1 \sum x + \hat{a}_2 \sum x^2 &= \sum y \\ \hat{a}_0 \sum x + \hat{a}_1 \sum x^2 + \hat{a}_2 \sum x^3 &= \sum xy \\ \hat{a}_0 \sum x^2 + \hat{a}_1 \sum x^3 + \hat{a}_2 \sum x^4 &= \sum x^2 y \end{aligned} \quad (1)$$

Estas ecuaciones son conocidas como ecuaciones normales y son el resultado de minimizar la función:

$$f(a_0, a_1, a_2) = \sum (y - (a_0 + a_1 X + a_2 X^2))^2$$

Con respecto a este tema existe toda una rama de la estadística, llamada análisis de regresión, que trata de explicar el comportamiento de este tipo de ajustes. Para los fines del modelo de este trabajo, sólo se requieren los estimadores \hat{a}_0 , \hat{a}_1 y \hat{a}_2 así como una medida de la efectividad del ajuste.

Una forma de evaluar calidad del ajuste es por medio de el coeficiente de correlación entre las variables Y_i y \hat{Y}_i , cuya fórmula es:

$$r_{y\hat{y}} = \left(\frac{\sum (y_i \hat{y}_i)^2}{\left(\sum y_i^2 \right) \left(\sum \hat{y}_i^2 \right)} \right)^{1/2} \quad \text{donde } y_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x_i + \hat{a}_2 x_i^2$$

Este coeficiente, en el caso del modelo $Y = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 X + \hat{a}_2 X^2$, es conocido como coeficiente de correlación múltiple y se puede expresar de la siguiente forma:

Si se considera la diferencia entre el valor esperado (\hat{y}_i) y el observado (y_i) como:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

Entonces se puede considerar la siguiente expresión

$$\sum y_i \hat{y}_i = \sum \hat{y}_i (\hat{y}_i + e_i) = \sum \hat{y}_i^2 + \sum \hat{y}_i e_i \quad (2)$$

Por otro lado:

$$\sum e_i = \sum (\hat{y}_i - y_i) = 0$$

y además, por la segunda y tercera de las ecuaciones (1)

$$\begin{aligned} \sum x_i e_i &= \sum x_i (y_i - \hat{y}_i) \\ &= \sum x_i (y_i - \hat{a}_0 - \hat{a}_1 x_i - \hat{a}_2 x_i^2) \\ &= \sum x_i y_i - n \hat{a}_0 - \hat{a}_1 \sum x_i - \hat{a}_2 \sum x_i^2 \\ &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 \sum x_i^2 e_i &= \sum x_i^2 (y_i - \hat{y}_i) \\
 &= \sum x_i^2 (y_i - \hat{a}_0 - \hat{a}_1 x_i - \hat{a}_2 x_i^2) \\
 &= \sum x_i^2 y_i - \hat{a}_0 \sum x_i^2 - \hat{a}_1 \sum x_i^3 - \hat{a}_2 \sum x_i^4 \\
 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

tomando (3), (4) y (5) se tiene

$$\sum e_i y_i = \sum e_i (\hat{a}_0 + \hat{a}_1 x + \hat{a}_2 x^2) = \hat{a}_0 \sum e_i + \hat{a}_1 \sum e_i x_i + \hat{a}_2 \sum e_i x_i^2 = 0$$

por lo que, de (2)

$$\sum y_i \hat{y}_i = \sum \hat{y}_i^2 + \sum \hat{y}_i e_i = \sum \hat{y}_i^2$$

Sustituyendo en la fórmula para $r_{y\hat{y}}$

$$\begin{aligned}
 r_{y\hat{y}} &= \frac{\left(\frac{\sum (y_i \hat{y}_i)^2}{(\sum y_i^2)(\sum \hat{y}_i^2)} \right)^{1/2}}{\left(\frac{\sum \hat{y}_i^2}{\sum y_i^2} \right)^{1/2}} \\
 &= \frac{\left(\frac{\sum \hat{y}_i^2}{\sum y_i^2} \right)^2}{\left(\frac{\sum \hat{y}_i^2}{\sum y_i^2} \right)} \\
 r_{y\hat{y}} &= \frac{\sum y_i^2}{\sum y_i^2}
 \end{aligned}$$

Se puede demostrar que $\sum y_i^2 \leq \sum \hat{y}_i^2$ por lo que

$$0 \leq r_{y\hat{y}} \leq \frac{\sum y_i^2}{\sum \hat{y}_i^2}$$

y significa que el $r_y \hat{y} * 100$ por ciento del comportamiento de la variable Y queda explicado por el modelo $\hat{y} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x + \hat{a}_2 x^2$

Si se considera bueno un ajuste con $r > .8^*/$, en las siguientes líneas explicará la metodología a seguir, para partiendo del pronóstico mensual y el ajuste, llegar al objetivo de esta sección que es determinar la forma de obtener la recepción diaria esperada.

Básicamente, la recepción diaria estará dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Recepción Diaria} = \text{Pronóstico Mensual} \times \text{Porcentaje}$$

Este porcentaje es una consecuencia del ajuste y se calcula como sigue:

$$P_{jex} = \frac{\int_x^{x+1} f(x)}{\int_{DI}^{DF} f(x)} \quad DI \leq x \leq DF \quad x \in Z^+$$

donde

$$f(x) = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x + \hat{a}_2 x^2$$

Es la función resultante del ajuste de los datos del año anterior.

*/ La elección del valor de la constante a utilizar como límite inferior para aceptar el ajuste es muy subjetiva. En este modelo se requiere tener sólo una idea del comportamiento de la recepción, y no es necesaria una correlación muy alta.

x

es el x -simo día del período en cuestión (nótese que x no está definida fuera de este período)

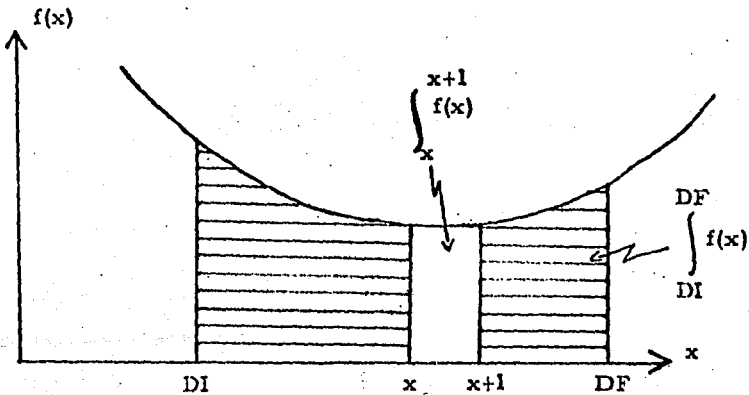
DI y DF

Son el primero y el último -- días del período

La integral en el numerador representa el área bajo la curva correspondiente al número de documentos recibidos, en el día " x " del mes (de acuerdo al ajuste)

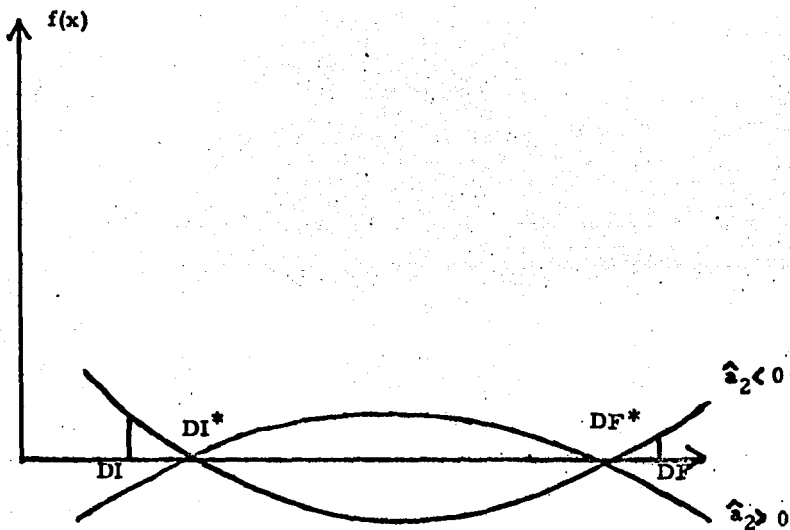
La integral en el denominador representa el área bajo la curva correspondiente al número de documentos recibidos en todo el mes (de acuerdo al ajuste)

Gráficamente:



Nótese que para definir el porcentaje se utilizó nuevamente la hipótesis de continuidad en el flujo de documentos, presentada en el capítulo 3 de este trabajo.

Por la forma de obtener la función $f(x)$, no es posible garantizar su positividad en el rango de valores de interés, es decir, puede existir el caso de $f(x) < 0$ para $x \in (DI, DF)$. La siguiente gráfica ilustra lo anterior.



Como se puede apreciar, esto representa un problema ya que puede dar lugar a volúmenes de recepción negativos.

Aunque la probabilidad de encontrar un caso así es remota (se está ajustando en base a datos positivos), es necesario considerar la en el diseño de las ecuaciones para la entrada de datos que se presentarán posteriormente en esta sección.

Es lógico pensar que si el ajuste provoca $f(x) < 0$ es debido a una recepción baja alrededor de x por lo que definir

$$f^*(x) = \begin{cases} f(x) & \text{si } f(x) > 0 \\ 0 & \text{si } f(x) \leq 0 \end{cases}$$

es razonable

Esta nueva definición da lugar a la siguiente fórmula

$$P_{j \in x} = \frac{\int_x^{x+1} f^*(x)}{\int_{DI}^{DF} f^*(x)} = \frac{\int_U f(x)}{\int_V f(x)}$$

donde

$$U = \{ y \mid f(y) \geq 0; \quad x \leq y \leq x+1 \}$$

$$V = \{ y \mid f(y) \geq 0; \quad DI \leq y \leq DF \}$$

Otra forma de expresar el conjunto V en forma más útil para el cálculo de las integrales, utilizando los puntos donde se intersecta la función $f(x)$ con el eje de las x 's es:

$$V \begin{cases} \{y \mid DI^* \leq y \leq DF^*\} & \text{si } \hat{a}_2 \geq 0 \\ \{y \mid (DI \leq y \leq DI^*) \cup (DF^* \leq y \leq DF)\} & \text{si } \hat{a}_2 < 0 \end{cases}$$

donde:

$$DI^* = \text{MAX} \left\{ DI, \frac{-\hat{a}_1 - (\hat{a}_1^2 - 4\hat{a}_0\hat{a}_2)^{1/2}}{2\hat{a}_2} \right\}$$

$$DF^* = \text{MIN} \left\{ DF, \frac{-\hat{a}_1 + (\hat{a}_1^2 - 4\hat{a}_0\hat{a}_2)^{1/2}}{2\hat{a}_2} \right\}$$

y por lo tanto

$$\int_V f(x) = \begin{cases} \int_{DI^*}^{DF^*} f(x) & \text{si } \hat{a}_2 \geq 0 \\ \int_{DI}^{DI^*} f(x) + \int_{DF^*}^{DF} f(x) & \text{si } \hat{a}_2 < 0 \end{cases}$$

Siendo esta la forma en que se manejará en el programa.

Del mismo modo

$$f(x) = \begin{cases} \left. \begin{array}{l} \text{DF**} \\ f(x) \\ \text{DI**} \end{array} \right\} & \text{si } \hat{a}_2 \geq 0 \\ \\ \left. \begin{array}{l} \text{DI**} \\ \int_x f(x) \end{array} \right\} + \left. \begin{array}{l} \int_{\text{DF**}}^{x+1} f(x) \end{array} \right\} & \text{si } \hat{a}_2 < 0 \end{cases}$$

Donde:

$$\text{DI**} = \text{MAX} \left\{ x, \frac{-\hat{a}_1 - (\hat{a}_1^2 - 4\hat{a}_0\hat{a}_2)^{1/2}}{2\hat{a}_2} \right\}$$

$$\text{DF**} = \text{MIN} \left\{ x+1, \frac{-\hat{a}_1 + (\hat{a}_1^2 - 4\hat{a}_0\hat{a}_2)^{1/2}}{2\hat{a}_2} \right\}$$

A continuación se describen las ecuaciones DYNAMO utilizadas para la entrada de datos.

Recordando la ecuación básica para la entrada de datos, es necesario conocer para cada día el pronóstico mensual así como el porcentaje correspondiente

Si se observa el pronóstico en el tiempo, este tomará la forma

de una función escalonada como la siguiente:

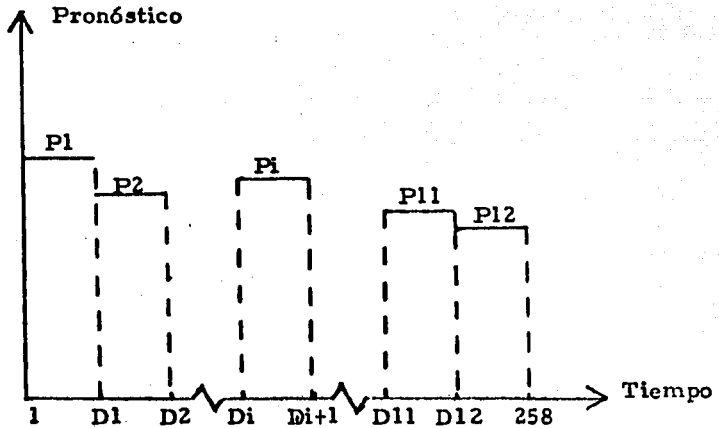
Pronósticos =	}	P1	Si	D1	≤	TIME	<	D2	
		P2	Si	D2	≤	TIME	<	D3	
		.							
		.							
		.							
		P11	Si	D11	≤	TIME	<	D12	
		P12	Si	D12	≤	TIME			

en donde

P_i Pronóstico para el mes i

D_i Primer día hábil del mes i */

Gráficamente



*/ Se considerarán los días hábiles en forma consecutiva, sin tomar en cuenta, sábados, domingos ni días festivos.

En forma de ecuaciones DYNAMO

$$\begin{array}{l} \text{A} \quad \text{PRONOS.K} = P_1 * \text{PULSE}(1, D_1, 1) + (P_2 - P_1) * \text{PULSE}(1, D_2, 1) + \dots \\ \text{X1} \quad \dots + (P_{12} - P_{11}) (1, D_{12}, 1) \end{array}$$

donde PULSE de acuerdo al capítulo 4, es igual a:

$$\text{PULSE}(1, D_i, 1) = \begin{cases} 0 & \text{si TIME} < D_i \\ 1 & \text{si TIME} \geq D_i \end{cases}$$

Nótese que en cada intervalo (D_i, D_{i+1}) se está considerando el valor P_i únicamente.

Siendo esta una función utilizada una vez para cada tipo de documento, es conveniente representarla en una declaración MACRO, cuya forma es la siguiente:

MACRO PRONOS (P1, P2, ..., P12)

$$\text{A} \quad \text{PRONOS.K} = \sum_i (P_i - P_{i-1}) * \text{PULSE}(1, D_i, 1) \quad */$$

MEND

en donde $P_0 = 0$

*/ No existe en DYNAMO el símbolo \sum , siendo necesario escribir la ecuación explícitamente.

Para calcular el porcentaje en el caso de los documentos con periodicidad mensual se utiliza la función MACRO AN cuya estructura es la siguiente:

```

MACRO AN(B2, B1, B0, DI, DF, TIME)
A      $DISCR.K=B1.K*B1.K-4*B0.K*B2.K
A      $D.K=CLIP($DISCR.K, 0, $DISCR.K, 0)
A      $XA.K=(-B1.K-SQRT($D.K))/(2*B0.K)
A      $XB.K=(-B1.K+SQRT($D.K))/(2*B0.K)
A      $X0.K=MIN($XA.K, $XB.K)
A      $X1.K=MIN($XA.K, $XB.K)
A      $DF1.K=CLIP($X1.K, DF.K, $X1.K, DI.K)
A      $DI1.K=CLIP($X0.K, DI.K, DF.K, $X0.K)
A      $T.K=TIME.K-1
A      $DINIC.K=MAX(DI.K, $DI1.K)
A      $DFIN.K=MIN(DF.K, $DF1.K)
A      $DF2.K=CLIP($X1.K, TIME.K, $X1.K, $T.K)
A      $DIN.K=MAX($T.K, $DI2.K)
A      $DFI.K=MIN(TIME.K,$DF.K)
A      $INT1.K=B0.K*($DINIC*$DINIC*$DINIC-DI.K*DI.K*DI.K)+B1.K*($DINIC.K*$DINIC.K-DI.K*DI.K)+B2.K*($DINIC.K-DI.K)
A      $INT2.K=B0.K*($DFIN.K*$DFIN.K*$DFIN.K-$DINIC.K*$DINIC.K*$DINIC.K)+B1.K*($DFIN.K*$DFIN.K-$DINIC.K*$DINIC.K)+B2.K*($DFIN.K-$DINIC.K)
A      $INT3.K=B0.K*(DF.K*DF.K*DF.K-$DFIN.K*$DFIN.K*$DFIN.K)+B1.K*(DF.K*DF.K-$DFIN.K*$DFIN.K)+B2.K*(DF.K-$DFIN.K)
A      $INT4.K=B0.K*($T.K*$T.K*$T.K-$DIN.K*$DIN.K*$DIN.K)+B1.K*($T.K*$T.K-$DIN.K*$DIN.K)+B2.K*($T.K-$DIN.K)
A      $INT5.K=B0.K*($DFI.K*$DFI.K*$DFI.K-$DIN.K*$DIN.K*$DIN.K)+B1.K*($DFI.K*$DFI.K-$DIN.K*$DIN.K)+B2.K*($DFI.K-$DIN.K)
A      $INT6.K=B0.K*(TIME.K*TIME.K*TIME.K+$DFI.K*$DFI.K*$DFI.K)+B1.K*(TIME.K*TIME.K-$DFI.K*$DFI.K)+B2.K*(TIME.K-$DFI.K)
A      $I1.K=$INT.K+$INT1.K
A      $I2.K=$INT4.K+$INT6.K
A      AN.K=MAX($I2.K, $INT5.K)/MAX($I1.K, $INT2.K)
MEND

```

donde

B_0, B_1, B_2

Son los parámetros de la función

D_1, D_F

Son el primero y el último día del mes

TIME

Número de días transcurridos en la simulación

En el caso de los documentos con periodicidad mensual, la estructura de las ecuaciones es casi la misma, la diferencia radica en el valor correcto de los parámetros del ajuste.

Mientras en los documentos con periodicidad anual es necesario obtener un valor para cada parámetro, en el caso de aquéllos con periodicidad mensual es necesario elegir uno de entre doce valores para cada parámetro.

La forma para elegir estos valores es usando la función ---- PRONOS definida para los pronósticos la siguiente forma:

$$A \quad B_i \cdot K = \text{PRONOS}(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{i3}) \quad i=1,3$$

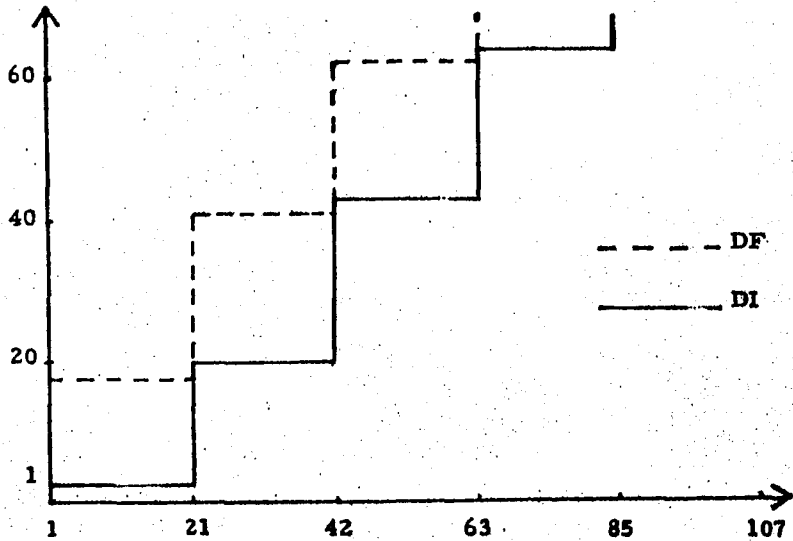
donde X_{ij} ($i=1,12$) es el valor del i -simo parámetro en el mes j

Para documentos con periodicidad anual, la ecuación toma la forma

$$A \quad B_i \cdot K = \text{cte}$$

Una vez definido lo anterior, sólo falta por determinar la -- forma de conocer el primero y el último día de cada mes (DI,DF)

De nuevo, estas dos variables toman la forma de una función escalonada con saltos en el primer día de cada mes. La diferencia es que en este caso, los saltos en estas funciones son acumulativos. La siguiente gráfica muestra este comportamiento.



En forma de ecuación DYNAMO

$$A \quad \text{PRIM1.K} = \sum_{i=1}^{12} \text{PULSE}(D_i - D_{i-1}, D_i, 1) \quad \text{para DI}$$

$$A \quad \text{ULT1.K} = \sum_{i=2}^{13} \text{PULSE } (D_i - D_{i-1}, D_i) \quad \text{PARA DF}$$

donde

D_i Primer día de cada mes (Por convención $D_0=0$; $D_{13}=260$)

Estas dos ecuaciones son las últimos elementos necesarios para determinar las ecuaciones correspondientes a la recepción diaria.

Antes de describir estas ecuaciones se presenta, a continuación, un cuadro con los valores de cada uno de los subíndices que se utilizan de aquí en adelante para describir las mismas.

FORMA	h	i	j	k	m	n	
HRFC01	-	R1	1	RFC01	1101	101	01
HRFC21	-	R2	2	RFC02	1102	102	02
OTROS	-	R3	3	RFC03	1103	103	03
HISR01	-	D3	4	ISR01	1303	113	13
HISR02	-	D4	5	ISR02	1304	114	14
HISR03	-	D5	6	ISR03	1305	115	15
HISR71	-	D6	-	ISR71	1306	116	16
HISR88	-	D7	-	ISR88	1307	117	17
HISR91	-	D8	-	ISR91	1308	118	18
HISR93	-	D9	-	ISR93	1309	119	19
HISR95	-	D1	-	ISR95	1301	111	11
HISR15	-	D2	-	ISR15	1302	112	12
HISR17	-	D10	-	ISR17	1310	120	20
HISR23	-	D11	-	ISR23	1311	121	21
HISR26	-	D12	-	ISR26	1312	122	22
HISR27	-	D13	7	ISR27	1313	123	23
HIVA04	-	D14	8	IVA04	1314	124	24

La siguiente tabla muestra el significado de la estructura de estos subíndices.

INDICE	ESTRUCTURA	SIGNIFICADO
h	$\alpha \#$	Se refiere a alguna propiedad de un documento del módulo α con prioridad $\#$. ($\alpha = \overline{R, D}$; $\# = \overline{1, 3}$ si $\alpha = R$ y $\# = \overline{1, 14}$ si $\alpha = D$)
i	$\#$	Se refiere a la prioridad, únicamente de los documentos con periodicidad anual ($\# = \overline{1, 8}$)
j	RFC # ISR #	Se refiere al nombre asignado al tipo de documento (# varía de acuerdo al --- RFC o ISR)
k	$1 \#_1 \#_2$	Se refiere a alguna propiedad de un documento del módulo $\#_1$ con prioridad $\#_2$ ($\#_1 = \overline{1, 3}$; $\#_2 = \overline{1, 3}$ si $\#_1 = 1$ y $\#_2 = \overline{1, 14}$ si $\#_1 = 3$)
m	$\#$	Se refiere a la prioridad de algún documento ($\# = \overline{01, 02, 03, 11, 12, \dots, 24}$)
n	$\#$	Se refiere a la prioridad de algún documento ($\# = \overline{101, 102, 103, 111, \dots, 124}$)

Además, será útil para efectos de notación el separar el conjunto de índices j como sigue:

$$U = \{ \text{ISR71, ISR88, ISR91, ISR93, ISR95, ISR15, ISR17, ISR23, ISR26} \}$$

Cabe señalar que DYNAMO no tiene la facilidad en el manejo de índices, por lo que la utilidad de estas será únicamente en la descripción de las ecuaciones.

Los siguientes ejemplos ilustran la forma de utilizarlos:

- PR_k se referirá a las ecuaciones $PR1101, PR1102, \dots$
 $\dots, PR1313, PR1314$ del programa
- H_j se referirá a las ecuaciones $HRFC01, HRFC02, \dots$
 $\dots, HISR27, HIVA04$ del programa

Se ha dado importancia a los subíndices pues son primordiales para la comprensión de lo que resta de esta sección y la siguiente.

Las ecuaciones correspondientes a la entrada de datos son:

$$1) A \quad H_{j.K} = PR_{k.K} * (X_{i.K}, Y_{i.K}, Z_{j.K}, PRIM1.K, ULT1.K, TIME.K)$$

$$2) A \quad PR_{k.K} = PRONOS(h^1, h^2, \dots, h^{12})$$

$h^1; h^2; \dots; h^{12}$ Pronósticos mensuales

$$3) A \quad X_{j.K} = \begin{cases} \text{cte} & \text{si } j \in U \\ PRONOS(x_i^1, \dots, x_i^{12}) & \text{si } j \notin U \end{cases}$$

x_i^1, \dots, x_i^{12}

Coefficientes del término cuadrático,
en el ajuste.

$$4) \quad A \quad Y_{j,K} = \begin{cases} \text{cte} & \text{si } j \in U \\ \text{PRONOS } (Y_{i,1}, \dots, Y_{i,12}) & \text{si } j \notin U \end{cases}$$

$Y_{i,1}, \dots, Y_{i,12}$ Coeficientes del término de primer grado en el ajuste

$$5) \quad A \quad Z_{j,K} = \begin{cases} \text{cte} & \text{si } j \in U \\ \text{PRONOS } (Z_{i,1}, \dots, Z_{i,12}) & \text{si } j \notin U \end{cases}$$

$Z_{i,1}, \dots, Z_{i,12}$ Términos independiente en el ajuste

$$6) \quad A \quad \text{PRIM1.K} = \sum_{v=1}^{12} \text{PULSE}(D_v - D_{v-1}, D_v, 1)$$

$$7) \quad A \quad \text{ULT1.K} = \sum_{v=1}^{13} \text{PULSE}(D_v - D_{v-1}, D_v, 1)$$

D_v - Primer día del mes v

Los siguientes diagramas permiten visualizar claramente las relaciones entre estas ecuaciones. En ellas se encuentran dos ecuaciones auxiliares no explicadas que corresponden a los totales recibidos por módulo. Estas ecuaciones se utilizan unicamente como resultados del modelo y su forma es:

$$\text{TOTD01.K} = \sum_j H_j \cdot K \quad \text{si } j = \{ \text{RFC01, RFC02, OTROS} \}$$

$$\text{TOTDo3.K} = \sum_j H_j \cdot K \quad \text{para cualquier otro } j$$

DIAGRAMA I
ENTRADA DE DATOS
(FORMAS MENSUALES)

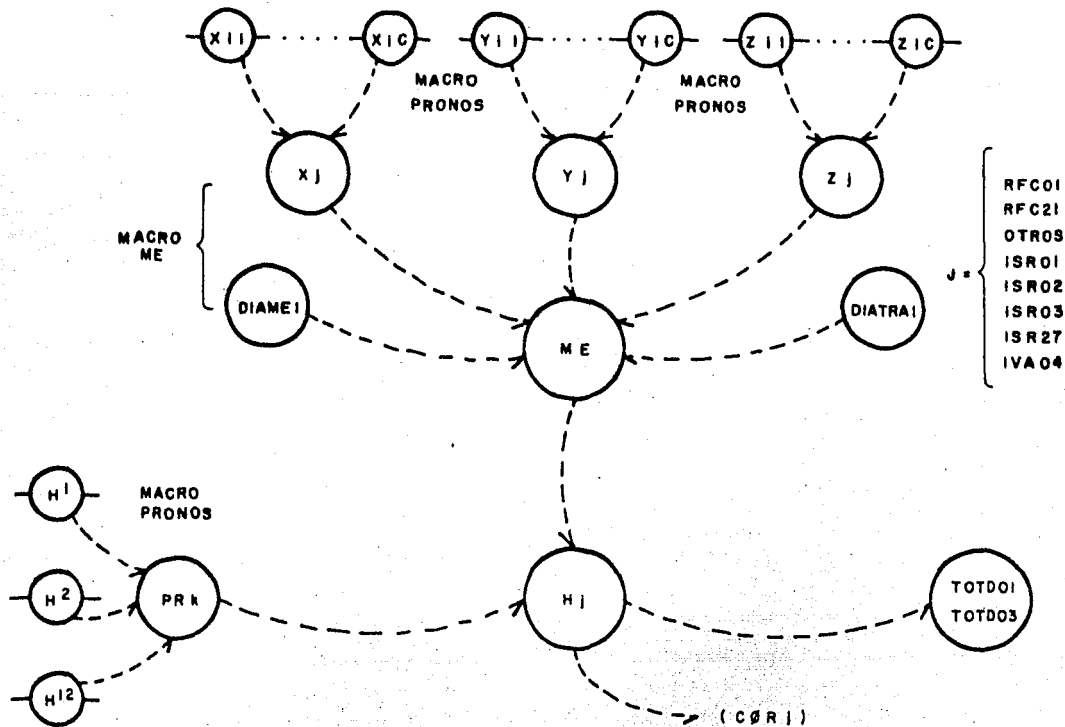


DIAGRAMA 2
 ENTRADA DE DATOS
 (Formas Anuales)

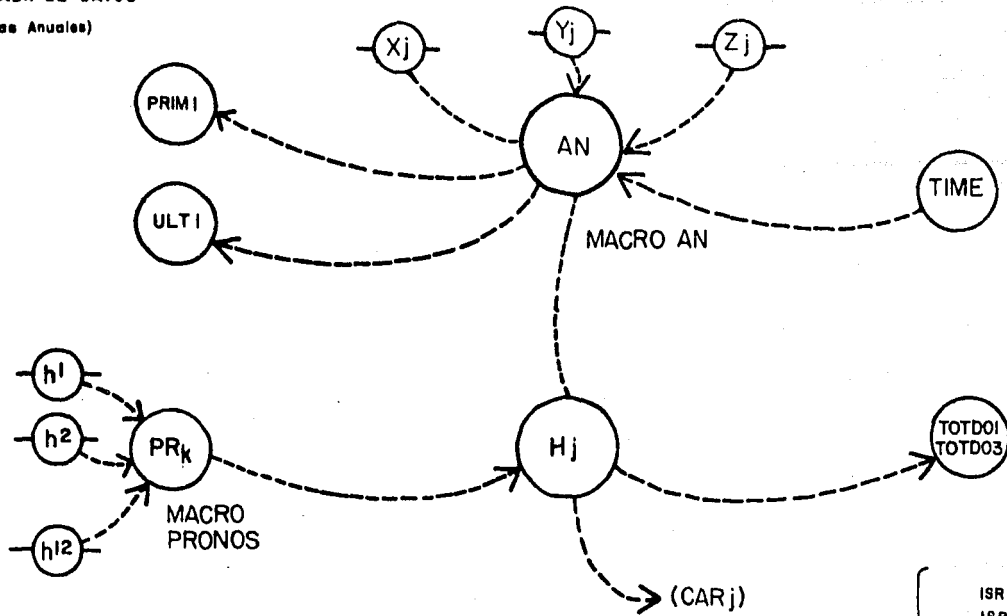


Diagrama 3

- j = {
- ISR 71
 - ISR 86
 - ISR 91
 - ISR 93
 - ISR 95
 - ISR 15
 - ISR 17
 - ISR 23
 - ISR 26

5.4 ECUACIONES DEL MODELO

El objetivo de esta sección es mostrar las ecuaciones correspondientes al flujo de documentos en el proceso.

Con el fin de facilitar el diseño del modelo, se ha separado el sistema en 4 bloques:

- Secciones de Correspondencia y Recepción y Distribución
- Sección de Registro y Declaraciones
- Sección de Captura
- Proceso de Documentos

Cada uno de estos bloques se manejará por separado y en forma secuencial.

A continuación se presenta un diagrama de flujo con la simbología de DYNAMO para cada bloque, así como las ecuaciones del mismo dando una explicación de las variables y ecuaciones más importantes.

BLOQUE 1: SECCION DE CORRESPONDENCIA Y RECEPCION
Y DISTRIBUCION

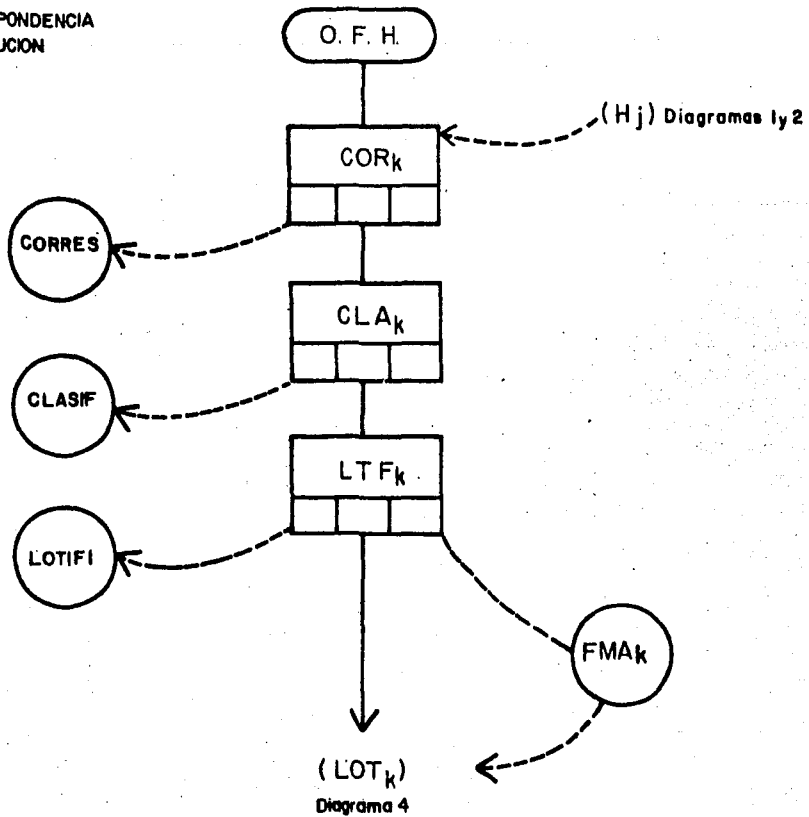
VARIABLES

<u>NOMBRE</u>	<u>TIPO</u>	<u>SIGNIFICADO</u>
COR_k	R	Documentos de la forma k en la sección de Correspondencia
CLA_k	R	Documentos de la forma k en la sección de Recepción y <u>Dis</u> tribución (Clasificación)
LTF_k	R	Documentos de la forma k en la sección de Recepción y <u>Dis</u> tribución (Lotificación)
CORRES	A	Total de Documentación en <u>Co</u> rrespondencia
CLASIF	A	Total de Documentos en <u>Clasi</u> ficación
LOTIFI	A	Total de Documentos en <u>Loti</u> ficación
FMA_k	A	Número de documentos de la forma k listas para codificar.

El siguiente diagrama muestra las relaciones entre estas variables.

DIAGRAMA 3
SECCIONES DE CORRESPONDENCIA
Y RECEPCION Y DISTRIBUCION

MACRO
FORMA



ECUACIONES

El número de documentos en cada una de las secciones de -
Correspondencia y Recepción y Distribución (Clasificación y Lo-
tificación) está dado por las siguientes ecuaciones:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{No. de documentos} \\ \text{en la sección de -} \\ \text{Correspondencia.} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de documentos} \\ \text{recibidos en el día} \\ \text{anterior.} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{No. de documentos} \\ \text{en la sección R. y} \\ \text{D. (Clas.)} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de documentos} \\ \text{en correspondencia} \\ \text{el día anterior.} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{No. de documentos} \\ \text{en la sección de R.} \\ \text{y D. (Lotif.)} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de documentos} \\ \text{en clasificación el} \\ \text{día anterior.} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{No. de documentos} \\ \text{para codificación.} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de documentos} \\ \text{en lotificación el -} \\ \text{día anterior.} \end{array} \right\}$$

...

En el programa:

- 8) R $COR_k \cdot KL = DELAY\ 1(H_j \cdot K, 1)$
 9) R $CLA_k \cdot KL = DELAY\ 1(COR_k \cdot JK, 1)$
 10) R $LOT_k \cdot KL = DELAY\ 1(CLA_k \cdot JK, 1)$
 11) A $FMA_k \cdot K = LOT_k \cdot JK$

Donde:

- DELAY 1 es una demora de un período de tiempo para el flujo de documento. El primer parámetro de la función es el flujo de entrada, el segundo (1) es el tipo de respuesta de la demora (se utiliza como parámetro 1 para indicar que el flujo de salida es exactamente igual al de entrada).

Las anteriores ecuaciones dan lugar a otras tres auxiliares que representan el total de documentos en cada sección. Su forma es la siguiente:

$$A \quad CORRES.K = \sum_k COR_k \cdot JK$$

$$A \quad CLASIF.K = \sum_k CLA_k \cdot JK$$

$$A \quad LOTIFI.K = \sum_k LTF_k \cdot JK$$

```

MACRO  FORMA (HDATA, CORRES, CLASIF, LOTIFI)
R      $COR.KL=DELAY1 (HDATA.K, 1)
A      CORRES.K=CLIP($COR.JK, 0, TIME.K, 2)
R      $CLA.KL=DELAY1(CORRES.K, 1)
A      CLASIF.K=CLIP($CLA.JK, 0, TIME.K, 3)
R      $LOT.KL=DELAY1(CLASIF.K, 1)
A      LOTIFI.K=CLIP($LOT.KL, 0, TIMEK, 1)
A      FORMA.K=LOTIFI
MEND

```

La forma de llamar esta función es por medio de la ecuación:

```

A      FMAk.K=FORMA(Hj.K, CORk.K, CLAk.K, LOTk.K)

```

BLOQUE 2: SELECCIONES DE REGISTRO Y DECLARACIONES

VARIABLES

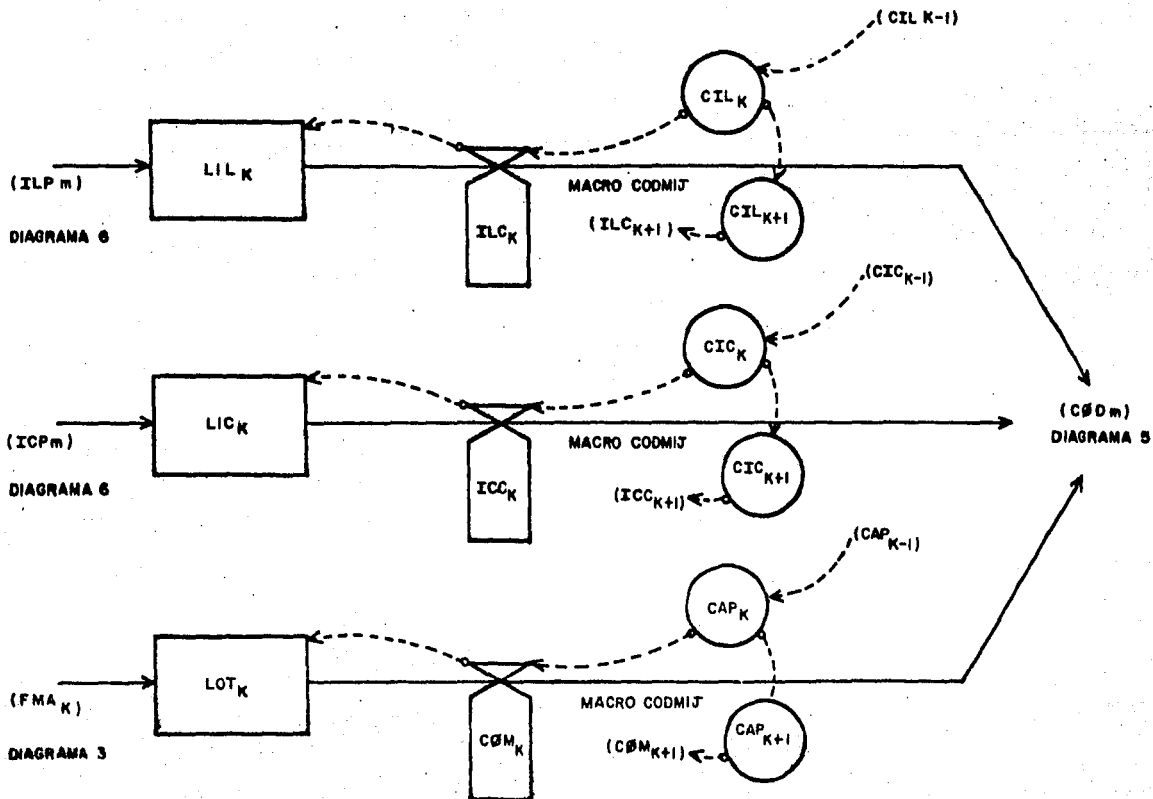
<u>NOMBRE</u>	<u>TIPO</u>	<u>SIGNIFICADO</u>
ILP _m	R	Documentos con inconsistencia de lógica (IL) que llegan al -- centro para su validación.
ICP _m	R	Documentos con inconsistencia de confronta (IC) que llegan al centro para su validación.
FMA _k	A	Documentos nuevos para codificación.
LIL _k	L	Documentos con IL que falta validar.
LIC _k	L	Documentos con IC que falta validar.
LOT _k	L	Documentos nuevos que no se han codificado.
ILC _k	R	Número de documentos con IL validados
COM _k	R	Número de documentos codificados

<u>NOMBRE</u>	<u>TIPO</u>	<u>SIGNIFICADO</u>
CIL_k	A	Capacidad*/ para validar documentos, con IL, y de prioridad k
CIC_k	A	Capacidad*/ para validar documentos, con IC, y de prioridad k
CAP_k	A	Capacidad*/ para codificar documentos con prioridad k

***/ En número de documentos**

En el siguiente diagrama se identifican las relaciones entre estas variables.

DIAGRAMA 4
SECCIONES DE REGISTRO Y DECLARACIONES



ECUACIONES

La forma que toman las ecuaciones para LIL, LIC y CIC es:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Docto.} \\ \text{con IL para -} \\ \text{validar} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{con IL para va} \\ \text{lidar en el pe-} \\ \text{rfo} \text{do anterior} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{con Il en este} \\ \text{perfo} \text{do} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{validados en el} \\ \text{perfo} \text{do anterior} \end{array} \right\}$$

Conservándose esta estructura para el caso de documentos - con IC o nuevos.

En el Programa:

$$12) \quad L \quad LIL_k \cdot K = LIL_k \cdot J + (DT)(ILP_m \cdot JK - ILC_k \cdot JK)$$

$$13) \quad L \quad LIC_k \cdot K = LIC_k \cdot J + (DT)(ICP_m \cdot JK - ICC_k \cdot JK)$$

$$14) \quad L \quad LOT_k \cdot K = LOT_k \cdot J + (DT)(FMA_k \cdot J - COM_k \cdot JK)$$

Como se puede observar, a diferencia de ILP y ICP, FMA - tiene un solo subíndice debido a que esta dada por una ecuación auxiliar originada en el inicio del flujo.

ILP e ICP por el contrario funcionan como válvulas de un proceso (ver bloque 4) por lo que se definen como tasas.

Además, el nivel de estas variables está regulado por ILC, ICC y COM respectivamente. Estas variables funcionan como - válvulas del flujo, y sus ecuaciones tienen la siguiente estructura.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{validados y/o} \\ \text{codificados.} \end{array} \right\} = \text{MIN} \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{pendientes de -} \\ \text{val. y/o codif.} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Capacidad} \\ \text{Disponibles} \end{array} \right\}$$

En esta ecuación se aprecia un concepto, el de capacidad disponible, íntimamente ligado a las prioridades de proceso.

Dada la importancia de estas para el funcionamiento del sistema, a continuación se presenta detalladamente la forma en que -- serán tratadas en el modelo.

De acuerdo a la descripción del Proceso de Captura, las prioridades se manejan en dos formas: Primero a nivel de actividad y posteriormente a nivel de documentos.

Las prioridades por actividad se definen únicamente para la co dificación y la validación, siendo de prioridad más alta la valida ción de I. L. para continuar con la validación de I. C., en este or

Por otro lado, también se mencionó el hecho de que en la sección de Declaraciones existe personal dedicado exclusivamente a la validación de I.L., mientras en registro, el mismo personal realiza las tres actividades.

El último elemento necesario para determinar el manejo de las prioridades es el índice de ausentismo. Este se manifiesta aleatoriamente con fluctuaciones diarias del 5 al 10 por ciento. La forma de manejarlo será mediante una variable aleatoria uniformemente distribuida en (.05, .10).

A continuación se presenta la forma de manejar las prioridades en la sección de registro.

La capacidad para validar errores de lógica, considerando los ajustes por ausentismo y días de asueto (ver sección 2), es:

$$CAP_1 = 1200 (1 - U(.05, .10)) * CONTCA$$

Donde:

CONTCA Es la función escalonada definida en la sección anterior

$U(.05, .10)$ Es una variable uniformemente distribuida en (.05, .10)

Supóngase que se tienen r_i documentos de la prioridad i con
 I.L. entonces

- i) El número de documentos con prioridad i validados será

$$r_i^* = \min(r_i, CAP_1)$$

- ii) Si $r_i > CAP_1$, el número de documentos validados es CAP_1 y no será posible validar o codificar otro documento.

- iii) Si $r_i \leq CAP_1$, existe una capacidad restante que podrá ser utilizada para documentos con prioridad menor:

$$CAP_2 = CAP_1 - r_i^*$$

y por lo mismo, el número de documentos con prioridad dos que serán validados es

$$r_2^* = \min(r_2, CAP_2)$$

- iv) Siguiendo este procedimiento se pueden obtener las siguientes relaciones:

$$CAP_i = CAP_{i-1} - r_{i-1}^*$$

$$r_i^* = \min(r_i, CAP_i)$$

En donde:

$$CAP_i = r_i^* = 0 \quad \text{si } r_{i+1} > CAP_{i+1}$$

Lo anterior es por lo que respecta a documentos con I.L..
Supóngase que se tienen m_i documentos de la prioridad i con I.C.. Para poder validar alguno de ellos será necesario que

$$CAP_4 = CAP_3 - r_3 > 0$$

NOTA: Existen 3 documentos de registro y de ahí que CAP_4 es la capacidad restante.

Supóngase $CAP_4 > 0$, esto significa una capacidad para validar CAP_4 documentos con I.L.. Sin embargo, es diferente el tipo de tratamiento para un documento con I.C., de tal forma que, de acuerdo a las capacidades de la sección, se pueden validar 1200 documentos con I.L. en el mismo tiempo que 3700 con I.C.

De acuerdo a esto, si se define CAP_1^* como la capacidad para validar I.C. en documentos con prioridad 1 y s_1 como el número de documentos con prioridad 1 para validar,

$$CAP_1^* = CAP_4 \times \frac{3700}{1200} = 3.083 CAP_{15}$$

$$s_1^* = \min (s_1, CAP_1^*)$$

En general

$$CAP_i^* = CAP_{i-1}^* - s_{i-1}^*$$

$$s_i^* = \min (S, CAP_i^*)$$

Similarmente, para codificación de documentos se tiene:

$$CAP_i^{**} = CAP_{i-1}^{**} - t_i^*$$

$$t_i^* = \min (t, CAP_i^{**})$$

En donde, dado que la relación entre el tiempo de validación de confronta y el de codificación es de 3700 a 1200 se tiene:

$$CAP_1^{**} = CAP_{15}^* \times 0.54$$

Aunque la estructura es básicamente la misma en la sección de declaraciones, existe diferencia en el manejo de las capacidades iniciales.

Para validación de inconsistencias de lógica se tiene una capacidad (incluyendo ajustes por ausentismo y días de asueto) de

$$CAP_1 = 18900 (1 - U(.05, .10)) * CONTCA$$

A diferencia de la sección de Registro, dado que el personal en cargado de revalidar confronta es diferente, la capacidad para esta actividad es independiente de CAP_{15} (Capacidad restante en valida-

ción de lógica) y la correspondiente ecuación es

$$CAP_1^* = 18375 (1 - U(.05, .10)) * CONTGA$$

La codificación se realiza por este mismo personal y por lo tanto la ecuación correspondiente será

$$CAP_1^{**} = CAP_{15}^*$$

en donde el factor de corrección es 1 ya que el tiempo requerido para codificar un documento o validarlo es el mismo.

Las siguientes equivalencias permiten escribir las ecuaciones DYNAMO correspondientes

CAP	- CIL1	r*	- ILC	r	- LIL
CAP*	- CIC1	s*	- ICC	s	- LIC
CAP**	- CAP1	t*	- COM	t	- LOT

Las ecuaciones son:

- Para validación de I.L.

$$15) \quad R \quad ILC_k \cdot KL = \min(LIL_k \cdot K, CIL_k \cdot K)$$

$$16) \quad A \quad CIL_{k+1} \cdot K = CIL_k \cdot K - \min(LIL_k \cdot K, CIL_k \cdot K)$$

- Para validación de I.C.

$$17) \quad R \quad ICC_k \cdot KL = \min(LIC_k \cdot K, CIC_k \cdot K)$$

$$18) \quad A \quad CIC_{k+1} = CIC_k \cdot K - \text{MIN}(LIC_k \cdot K, CIC_k)$$

- Para codificación

$$19) \quad R \quad COM_k \cdot KL = \text{MIN}(LOT_k \cdot K, CAP_k \cdot K)$$

$$20) \quad A \quad CAP_{k+1} \cdot K = CAP_k \cdot K - \text{MIN}(LOT_k \cdot K, CAP_k \cdot K)$$

Siendo la estructura similar en todos los casos, es conveniente el uso de una función MACRO cuya forma es

MACRO CODMIJ (LOTIJ, CAPENT, CAPSAL)

R CODMIJ.KL=MIN(LOTIJ.K, CAPENT.K)

A CAPSAL.K=CAPENT.K-MIN(LOTIJ.K, CAPENT.K)

MEND

Llamándola por medio de las ecuaciones

$$R \quad ILC_k \cdot KL = \text{CODMIJ}(LIL_k \cdot K, CIL_k \cdot K, CIL_{k+1} \cdot K)$$

$$R \quad ICC_k \cdot KL = \text{CODMIJ}(LIC_k \cdot K, CIC_k \cdot K, CIC_{k+1} \cdot K)$$

$$R \quad COM_k \cdot KL = \text{CODMIJ}(LOT_k \cdot K, CAP_k \cdot K, CAP_{k+1} \cdot K)$$

Las ecuaciones para las capacidades iniciales en cada actividad son

$$21) \quad A \quad CIL101.K = 1200 * \text{CONTCA} * (1 - \text{UNIF}(.05, .10))$$

- 22) A $CIC101.K=3.077*CIL104.K$
- 23) A $CAP101.K=0.54*CIC104.K$
- 24) A $CIL301.K=18900*CONTCA*(1-UNIF(.05, .10))$
- 25) A $CIC301.K=18375*CONTCA*(1-UNIF(.05,10))$
- 26) A $CAP301.K=CIC315.K$

Donde

$UNIF(.05, .10)$

Es una función aleatoria que genera
números aleatorios entre .05 y .10

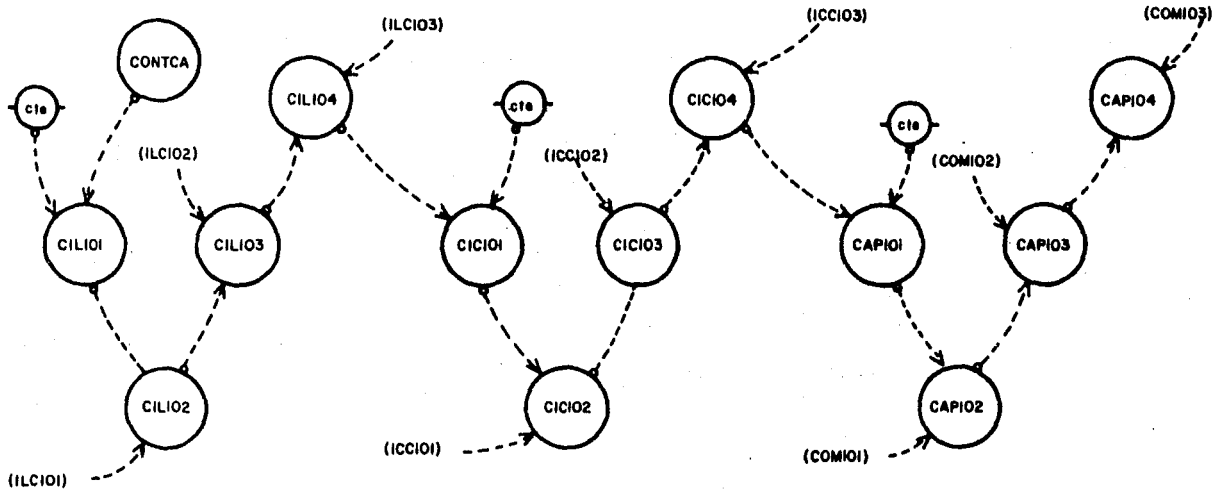
Esta función esta contruida por medio de la MACRO

MACRO $UNIF(A, B)$

A $UNIF.K=(NOISE() +1/2)*(B-A)+A$

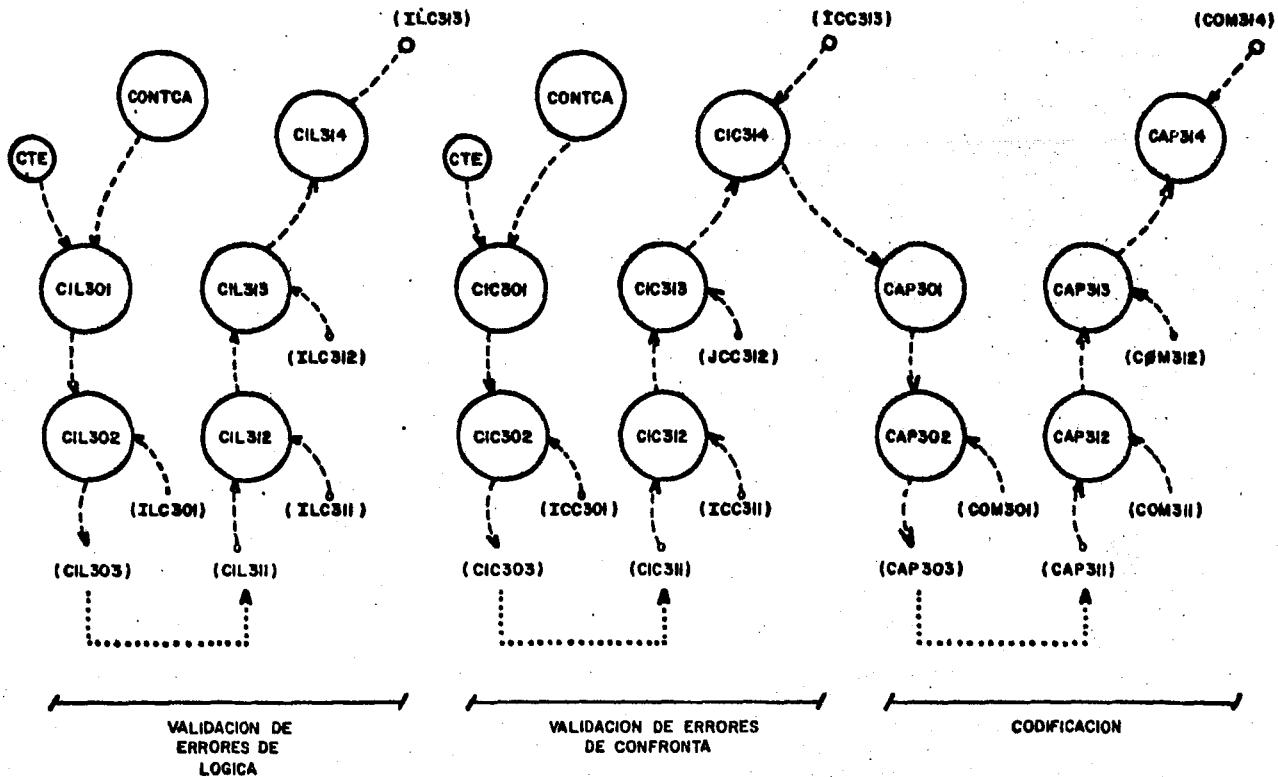
Los siguientes diagramas permiten apreciar claramente el mane_jo de las capacidades en cada sección.

DIAGRAMA 4A
CAPACIDADES EN LA SECCION DE REGISTRO



VALIDACION DE ERRORES DE LOGICA VALIDACION DE ERRORES DE CONFRONTA CODIFICACION

DIAGRAMA 4B
CAPACIDADES EN LA SECC. DE DECLARACIONES



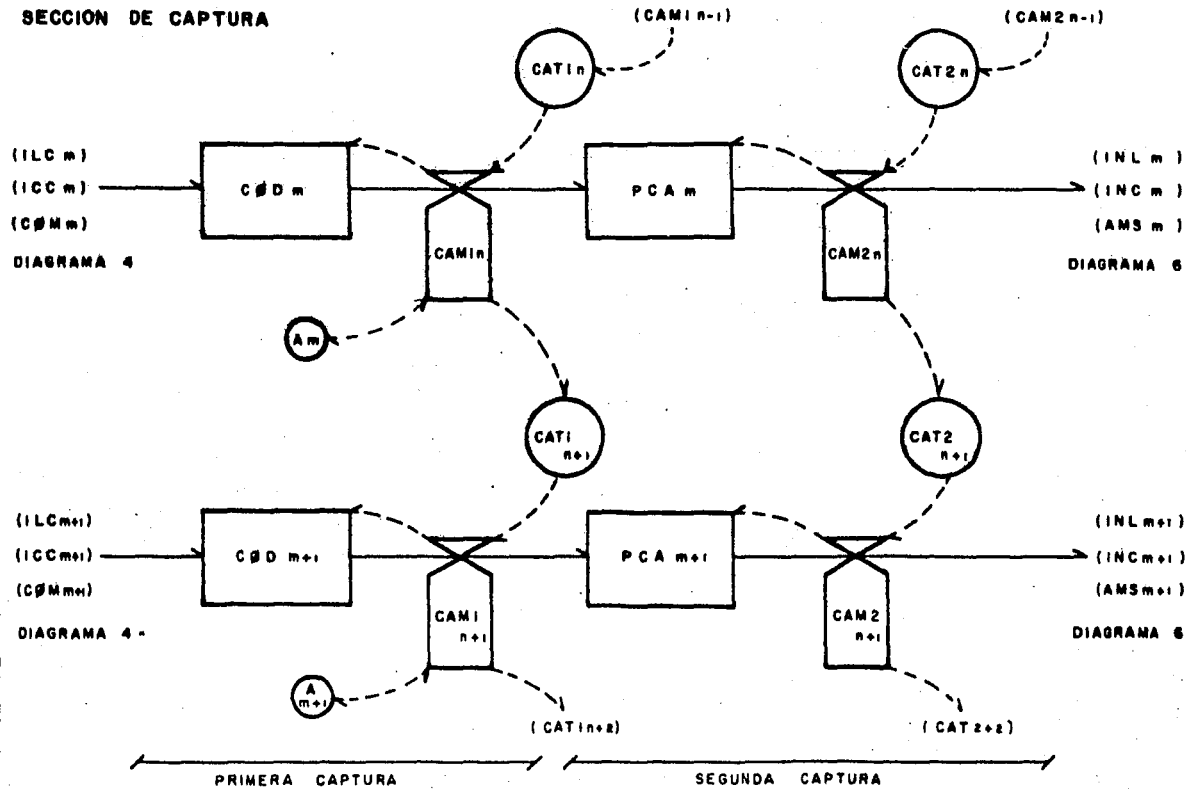
BLOQUE 3: SECCION DE CAPTURA

VARIABLES

<u>NOMBRE</u>	<u>TIPO</u>	<u>SIGNIFICADO</u>
COD _m	L	Documentos para capturar de la forma con prioridad m
CAM _{1n}	R	Documentos capturados (1a. - vez) de la forma con prioridad n.
CAT _{1n}	A	Capacidad ^{*/} para capturar (1a. vez) documentos de la forma con prioridad n.
A _m	C	Número de caracteres de la forma con prioridad m.
PCA _m	L	Documentos para capturar (2a. vez) de la forma con prioridad m.
CAM _{2n}	R	Documentos capturados (2a. - vez) de la forma con prioridad n.
CAT _{2n}	A	Capacidad ^{*/} para capturar (2a. vez) documentos de la forma con prioridad n.

^{*/} Número de Caracteres

DIAGRAMA 5
SECCION DE CAPTURA



ECUACIONES

A diferencia del bloque anterior, en este se manejan indiferentemente los documentos de registro (módulo 1) y los de declaraciones (módulo 3). Sin embargo, las prioridades de proceso señaladas al principio del trabajo son respetadas.

Por otro lado, debido a la diferencia en los tiempos de captura de los documentos, y dado que estos tiempos dependen del número de caracteres por documento, las capacidades de esta sección están en número de caracteres. Esto hace necesario transformar el flujo de documentos en flujo de caracteres.

Posteriormente, para ser consistentes con los otros bloques del modelo, será necesario volver al flujo de documentos.

Las ecuaciones para COD y PCA tienen la siguiente estructura (Nótese la similitud con las ecuaciones para LIL, LIC y LOT) --

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{para capturar} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{para capturar} \\ \text{en el período} \\ \text{anterior} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{capturados o -} \\ \text{codif. en el pe} \\ \text{ríodo anterior} \end{array} \right\}$$

$$- \left\{ \begin{array}{l} \text{No. de Doctos.} \\ \text{capturados en} \\ \text{el período ant.} \end{array} \right\}$$

La capacidad restante estará dada por

$$CAP_2 = CAP_1 - r_1^* * NC_1$$

en general

$$r_i^* = \min (r_i * NC_i, CAP_i) / NC_i$$

$$CAP_{i+1} = CAP_i - r_i^* * NC_i$$

De acuerdo a las capacidades se tiene

$$CAP_1 = 4E10 * (1 - U(.05, .10)) * CONTCA$$

Similarmente, si se tiene s_i como el número de documentos de la prioridad i , para capturar por segunda vez y CAP_i^* como la capacidad correspondiente, se tiene

$$s_i^* = \min (s_i * NC_i, CAP_i^*) / NC_i$$

$$CAP_{i+1}^* = CAP_i^* - s_i^* * NC_i$$

$$CAP_1^* = 4E10 * (1 - U(.05, .10)) * CONTCA$$

CAP_1 y CAP_1^* incluyen los ajustes por ausentismo y días de asueto.

Haciendo las equivalencias

En el programa

$$27) \quad L \quad \text{COD}_m \cdot K = \text{COD}_m \cdot J + (\text{DT})(\text{COM}_m \cdot \text{JK} + \text{ILC}_m \cdot \text{JK} +$$

$$\text{X1} \quad \text{ICC}_m \cdot \text{JK} - \text{CAM1}_n \cdot \text{JK})$$

$$28) \quad L \quad \text{PCA}_m \cdot K = \text{PCA}_m \cdot J + (\text{DT})(\text{CAM1}_n \cdot \text{JK} - \text{CAM2}_n \cdot \text{JK})$$

donde CAM1 y CAM2 son el número de documentos capturados por primera y segunda vez respectivamente.

La función y la estructura de estas ecuaciones es similar a la de ILC, ICC o COM. Dado que la forma de manejar las capacidades es similar, la única diferencia está en la transformación a flujo de caracteres necesaria en este caso.

Sean r_1 el número de documentos para capturar por primera vez correspondientes a la prioridad 1 y CAP_1 la capacidad disponible en número de documentos.

Entonces, el número de documentos capturados será

$$r_1^* = \min (r_1 \cdot \text{NC}_1, \text{CAP}_1) / \text{NC}_1$$

en donde NC_1 es el número de caracteres de los documentos con prioridad 1.

CAP - CAT1 r* - CAM1 r - COD
 CAP* - CAT2 s* - CAM2 s - PCA

NC-A

las ecuaciones DYNAMO son:

- Para primera captura

$$29) \quad R \quad CAM1_n \cdot KL = \text{MIN}(COD_m \cdot K, CAT1_n \cdot K) / A_m$$

$$30) \quad A \quad CAT1_{n+1} \cdot K = CAT1_n \cdot K - CAM1_n \cdot KL \cdot A_m$$

- Para segunda captura

$$31) \quad R \quad CAM2_n \cdot KL = \text{MIN}(PCA_m \cdot K, CAT2_n \cdot K) / A_m$$

$$32) \quad A \quad CAT2_{n+1} \cdot K = CAT2_n \cdot K - CAM2_n \cdot KL \cdot A_m$$

Para facilitar el manejo de estas ecuaciones se define la función MACRO .

MACRO CAPMJI(CODIJ, NUMCAR, CAPTEN, CAPTSA)

A \$CARAC.K=NUMCAR*CODIJ.K

R CAPNJI.KL=(MIN(\$CARAC.K, CAPTEN.K))/NUMCAR

A CAPTSA.K=CAPTEN.K-MIN(\$CARAC.K, CAPTEN.K)

MEND

llamándola por medio de las ecuaciones

$$R \quad CAM1_n.KL = CAPMJI(COD_m.K, A_m, CAT1_n.K, CAT1_{n+1}.K)$$

$$R \quad CAM2_n.KL = CAPMJI(CAP_m.K, A_m, CAT2_n.K, CAT2_{n+1}.K)$$

Para las capacidades

$$33) \quad A \quad CAT101.K = 4E06 * CONTCA * (1 - U(.05, .10))$$

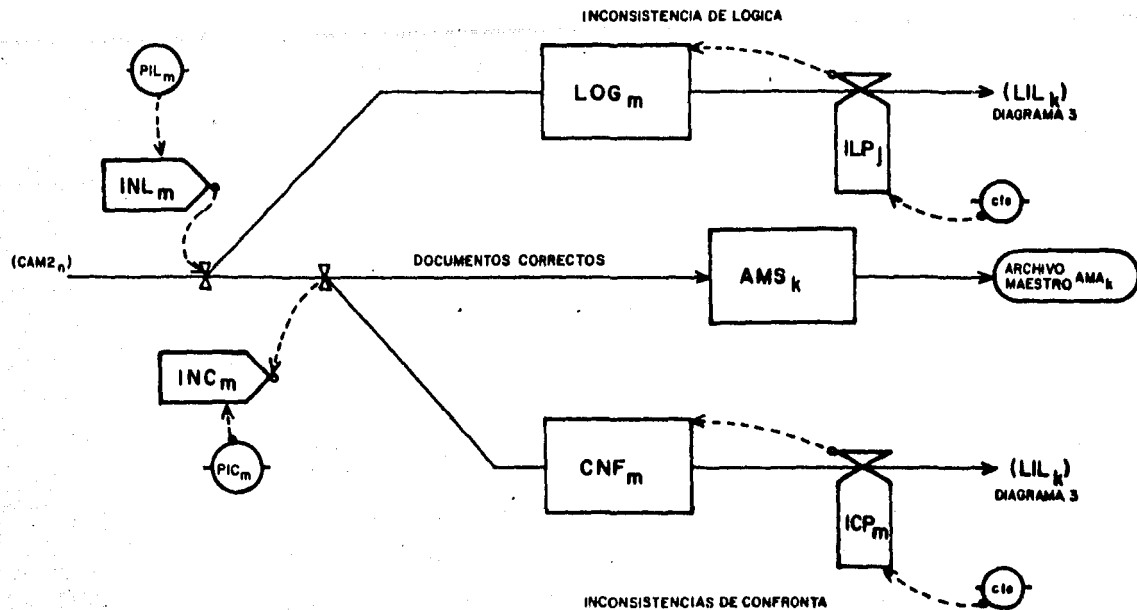
$$34) \quad A \quad CAT201.K = 4E06 * CONTCA * (1 - U(.05, .10))$$

BLOQUE 4: PROCESO DE DOCUMENTOS (IDENTIFICACION
DE INCONSISTENCIAS)

VARIABLES

<u>NOMBRE</u>	<u>TIPO</u>	<u>SIGNIFICADO</u>
INL_m	R	Porcentaje de documentos con inconsistencias de lógica.
INC_m	R	Porcentaje de documentos con inconsistencias de confronta
LOG_m	L	Documentos con inconsistencias de lógica
CNF_m	L	Documentos con inconsistencias de control
AMS_k	L	Documentos correctos (sin in--consistencias)
AMA_k	L	Acumulado de documentos en el archivo maestro
ILP_m	R	Control de documentos con incon--sistencia de lógica que regresan al Centro de Proceso
ICP_m	R	Control de documentos con incon--sistencias de confronta que regre--san al Centro de Proceso

DIAGRAMA 6
PROCESO DE DOCUMENTOS
(Identificación de Inconsistencia)



ECUACIONES

Una vez capturados los documentos, el siguiente paso en el Proceso de Captura es la identificación de inconsistencias. De acuerdo a las estadísticas disponibles, se determinó que el porcentaje de inconsistencias tiene aproximadamente una distribución normal con media 0.25 y desviación estándar 0.05 en el caso de inconsistencia de lógica; y una distribución, también normal, con media 0.15 y des--viación estándar 0.033 para inconsistencias de confronta.

De acuerdo a esto, el número de documentos con I.C. o I.L. esta dado por las ecuaciones

$$35) \quad R \quad INL_m \cdot KL = PIL_m \cdot K * CAM2_n \cdot K$$

$$36) \quad R \quad INC_m \cdot KL = PIC_m \cdot K * CAM2_n \cdot K$$

donde

$$A \quad PIL_m \cdot K = \text{NORMRN}(0.25, 0.05) \quad */$$

$$A \quad PIC_m \cdot K = \text{NORMRN}(0.15, 0.033) \quad */$$

Ya identificados los documentos inconsistentes, estos se acumulan antes de regresarlos al Centro de Proceso para su validación.

*/ Se utiliza una ecuación para cada tipo de documento con el objeto de generar distintos números aleatorios en cada caso.

Las variables que representan estas acumulaciones son LOG para documentos con I.L. y CNF para aquellos con I.C.. Las ecuaciones correspondientes son

$$37) \quad L \quad \text{LOG}_m \cdot K = \text{LOG}_m \cdot J + (\text{DT})(\text{INL}_m \cdot \text{JK} - \text{ILP}_m \cdot \text{JK})$$

$$38) \quad L \quad \text{CNF}_m \cdot K = \text{CNF}_m \cdot J + (\text{DT})(\text{INC}_m \cdot \text{JK} - \text{ICP}_m \cdot \text{JK})$$

Para contabilizar los documentos que pasan al archivo maestro (sin inconsistencias) se utilizan dos acumulaciones; una parcial por semana (AMS) y la otra total (AMA), cuyas ecuaciones son:

$$39) \quad L \quad \text{AMS}_k \cdot K = \text{AMS}_k \cdot J + \text{CAM2}_n \cdot \text{JK} - \text{INL}_m \cdot \text{JK} - \text{INC}_m \cdot \text{JK}$$

$$X1 \quad \quad \quad - \text{PULSE}(\text{AMS}_k \cdot J, 0, 5)$$

$$40) \quad L \quad \text{AMA}_k \cdot K = \text{AMA}_k \cdot J + (\text{DT})(\text{CAM2}_n \cdot \text{JK} - \text{INC}_m \cdot \text{JK} - \text{INL}_m \cdot \text{JK})$$

Con respecto al tiempo que demoran los documentos antes de regresar al Centro de Proceso, este también es una variable aleatoria cuya distribución se ha estimado es $N(10, 3)$. De acuerdo a esto, es necesario definir una ecuación que controle el flujo de documentos inconsistentes. Estas ecuaciones son

$$41) \quad R \quad \text{ILP}_m \cdot \text{KL} = \text{PULSE}(\text{LOG}_m \cdot K, \text{NORMRN}(10, 3), \text{NORMRN}(10, 3))$$

$$42) \quad R \quad \text{ICP}_m \cdot \text{KL} = \text{PULSE}(\text{CNF}_m \cdot K, \text{NORMRN}(10, 3), \text{NORMRN}(10, 3))$$

Con estas dos ecuaciones se concluye la parte relacionada con la descripción del modelo. En el Apéndice A de este trabajo se incluye un listado completo del programa, en donde se pueden apreciar las instrucciones correspondientes a la salida de datos (PRINT y PLOT cards). Las tarjetas son:

SPEC	DT=1	DIA
SPEC	LENGTH=258	DIAS
SPEC	PRTPER=5	DIAS
SPEC	PLTPER=5	DIAS

Las razones para elegir PRTPER y PLTPER iguales a cinco es para obtener información acerca de la situación del sistema cada semana (5 días hábiles). El valor 258 en el LENGTH obedece a la necesidad de simular un año completo (258 días hábiles). El valor de DT se discutió anteriormente.

(1) JOHNSTON J. *Econometric Methods*. Capítulo 3. McGraw Hill

CAPITULO 6

VALIDACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 VALIDEZ DEL MODELO

Antes de describir la forma en que se realizó la validación en el modelo de Proceso de Captura, y siendo éste un concepto subjetivo por naturaleza, es necesario establecer los criterios sobre los que se basó esta etapa del Proceso de Simulación.

El modelo, como cualquier otro, fue creado con un propósito específico, y su validez deberá medirse exclusivamente en función al cumplimiento de dicho objetivo. En este caso, la finalidad del modelo es representar el comportamiento futuro del Proceso de Captura y por lo tanto será válido en la medida en que esta repre

sentación sea veraz.

Por otro lado, la validación de un modelo no se puede considerar como una variable dicótoma cuyos valores sean "válido" o "no válido". El concepto de validación se relaciona con el grado de validez del modelo, y de acuerdo a esto, se puede hablar de un determinado porcentaje de validez en el modelo.

Cabe mencionar que generalmente es posible aumentar la validez del modelo hasta niveles de confianza altos. Sin embargo, este incremento está directamente relacionado con los costos del proyecto y por lo mismo, es necesario plantar una relación costo/beneficio para determinar un nivel de confianza óptimo.

Debido a que ésta es una decisión propia de los funcionarios o directivos del proyecto, para los fines de este trabajo no se utilizará esta relación, llevando la validación del modelo hasta un nivel considerado como satisfactorio por el analista.

6.2 VERIFICACION

Una etapa previa a la validación de un modelo es la verificación. Esta fase se desarrolla paralelamente a la transcripción o construcción del modelo y consiste en asegurar que la conducta --

del modelo sea la deseada por el modelador.

Nótese que a diferencia de la validación, la verificación se limita a comprobar si el modelo es consistente con la forma en que fue concebido, sin importar si esta concepción es correcta o no. De acuerdo a esto, la verificación sí se puede manejar como una variable dicótoma cuyos valores son: 1 si el modelo funciona como el analista desea y 0 en caso contrario.

En el caso particular de este trabajo se utilizan las ventajas del modelado por bloques, verificando cada uno de ellos por separado y posteriormente el modelo completo. Cabe mencionar que la verificación de este modelo se llevó a cabo mediante una serie de programas de prueba, en donde se corrigieron los diferentes errores hasta lograr un programa acorde a los requerimientos del mismo. Los errores más comunes se presentaron en el momento de construir las ecuaciones correspondientes a las relaciones entre las componentes del sistema. Siendo esto un problema diferente en cada tipo de modelo, no se tratará más ampliamente.

6.3 VALIDACION

Una vez verificado el modelo, el siguiente paso en el Proceso de Simulación es la validación. En esta etapa se presenta un aparen

te conflicto ya que, por un lado, se tiene la necesidad de algún argumento objetivo que indique, en una forma concreta la validez del modelo, y por otro, en la mayoría de los casos es difícil construir este argumento, por lo cual es necesario recurrir a ciertos conceptos subjetivos como pueden ser opiniones, sugerencias y sobre todo a la intuición de las personas más relacionadas con el sistema. Esta situación ha dado lugar a discusiones entre especialistas en el Análisis de Sistemas e incluso se han llegado a formar ciertas corrientes que apoyan una u otra posición.

Para la validación de este modelo, se decidió actuar en una forma más práctica evitando problemas de tipo filosófico. Se recurrió a la opinión de las personas más ligadas con el proceso de captura y posteriormente se efectuó una prueba de comparación entre los resultados del modelo y el comportamiento del sistema real. Para lograr esto, fue necesario contar con ciertas estadísticas sobre este comportamiento. Los siguientes cuadros permiten apreciar la diferencia entre el comportamiento real del sistema y el comportamiento del modelo.

	CODIFICACION				VALIDACION			
	Real	fa _r	Estim.	fa _e	Real	fa _r	Estim.	fa _e
1	6580	.0921	4651	.0811	13518	.0615	14518	.0822
2	11843	.1568	8832	.1615	40556	.1822	38380	.2207
3	16448	.2593	14837	.2622	67594	.3036	56755	.3328
4	21054	.3211	20167	.3617	96885	.4342	79405	.4726
5	28949	.4415	24480	.4432	128429	.5753	101401	.6063
6	36845	.5617	29033	.5214	166733	.7415	123236	.7259
7	47372	.7221	39282	.7121	180252	.8013	132229	.7892
8	65795	1.0000	54982	1.0000	225315	1.0000	168947	1.0000

	CAPTURA				PROCESO (ARCHIVO MAESTRO)			
	Real	fa _r	Estim.	fa _e	Real	fa _r	Estim.	fa _e
1	9125	.1115	9637	.1217	17830	.2912	15538	.2702
2	16591	.2017	14956	.1926	19084	.3117	17153	.3008
3	21568	.2622	21535	.2812	20290	.3314	20058	.3531
4	27375	.3331	27487	.3618	24503	.4002	20491	.3652
5	38160	.4645	32850	.4345	28336	.4628	26480	.4765
6	47285	.5732	39452	.5832	30387	.4963	28190	.5027
7	59729	.7289	56479	.7471	36767	.6005	32913	.5836
8	82957	1.0000	75971	1.0000	61228	1.0000	56179	1.0000

Como se puede apreciar, existe cierta diferencia entre las cantidades reales y las estimadas por la simulación. Sin embargo, cabe la posibilidad de que esto sea debido a la diferencia entre la recepción diaria real y la generada por el pronóstico -- (datos que alimentan al modelo). Para poder comparar las cantidades sin la influencia del pronóstico es necesario recurrir a las frecuencias acumuladas (reales y estimadas) indicadas en los cuadros anteriores (fa_r y fa_e). La siguiente tabla muestra los resultados de aplicar una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov ⁽¹⁾ para determinar el máximo nivel de confianza en la hipótesis de que ambas muestras (datos reales y estimados) son de la misma población.

	D	$D_{0.05}$
CODIFICACION	.0406	.04153
VALIDACION	.0385	.04153
CAPTURA	.0313	.04153
PROCESO	.0350	.04153

donde

$$D = \max(| fa_e - fa_r |)$$

$D_{0.005}$ = Valor crítico para un nivel de confianza del 95% y por lo tanto se debe cumplir $D < D_{0.05}$ para aceptar la hipótesis.

6.4 ANALISIS DE RESULTADOS

Una vez validado el modelo, el siguiente paso es definir el tipo de información que éste deberá generar, así como la forma de obtenerlo. Volviendo al diagrama del Proceso de Simulación, estas etapas corresponden a la Planeación Estratégica y a la Planeación Táctica, respectivamente.

Como es natural, esta información deberá estar relacionada con el objetivo perseguido por el modelo, en este caso, analizar el comportamiento futuro del Proceso de Captura de Datos. De esta forma, los datos generados por el modelo deberán referirse a la situación o estado del sistema a través del tiempo. Esto último se puede lograr mediante la observación de los valores de las variables correspondientes al número de documentos, en cada una de las actividades del proceso. Las siguientes ecuaciones corresponden a dichas variables.

1) Total de documentos recibidos en un período:

$$A \quad \text{TOTDOC.K} = \sum_j H_j.K$$

2) Total acumulado de documentos recibidos :

$$A \quad \text{TOTACU.K} = \sum_{\text{tiempo}} \text{TOTDOC.K}$$

3) Número de documentos en Correspondencia, Clasificación,
y Lotificación:

$$A \quad \text{CORRES.K} = \sum_k \text{COR}_k . K$$

$$A \quad \text{CLASIF.K} = \sum_k \text{CLA}_k . K$$

$$A \quad \text{LOTIFI.K} = \sum_k \text{LTF}_k . K$$

4) Número de documentos en Codificación :

$$A \quad \text{TOTLOT.K} = \sum_k \text{LOT}_k . K$$

5) Número de documentos en Validación :

$$A \quad \text{TOTLIL.K} = \sum_k \text{LIL}_k . K \quad (\text{lógica})$$

$$A \quad \text{TOTLIC.K} = \sum_k \text{LIC}_k . K \quad (\text{confronta})$$

6) Número de documentos en Captura :

$$A \quad \text{TOTCOD.K} = \sum_k \text{COD}_k . K$$

7) Número de documentos en Proceso:

$$A \quad \text{TOTPCA.K} = \sum_k \text{PCA}_k \cdot K$$

Además, agregando las instrucciones (Ver Cap.4):

```
PRINT TOTDOC, TOTACU, CORRES, CLASIF, LOTIFI, TOTLOT
X1    TOTLIL, TOTLIC, TOTCOD, TOTPCA, T
```

```
PLOT TOTDOC=A, TOTACU=B
```

```
PLOT CORRES=A, CLASIF=B, LOTIFI=C
```

```
PLOT TOTLOT=A, CAP104=B, CAP315=C
```

```
PLOT TOTLIL=A, CIL104=B, CIL315=C
```

```
PLOT TOTLIC=A, CIC104=B, CIC315=C
```

```
PLOT TOTCOD=A, CAT125=B, CAT225=C
```

```
PLOT TOTPCA=A, TOTLOG=B, TOTCNF=C
```

```
PLOT TOTAMS=A, TOTAMA=B
```

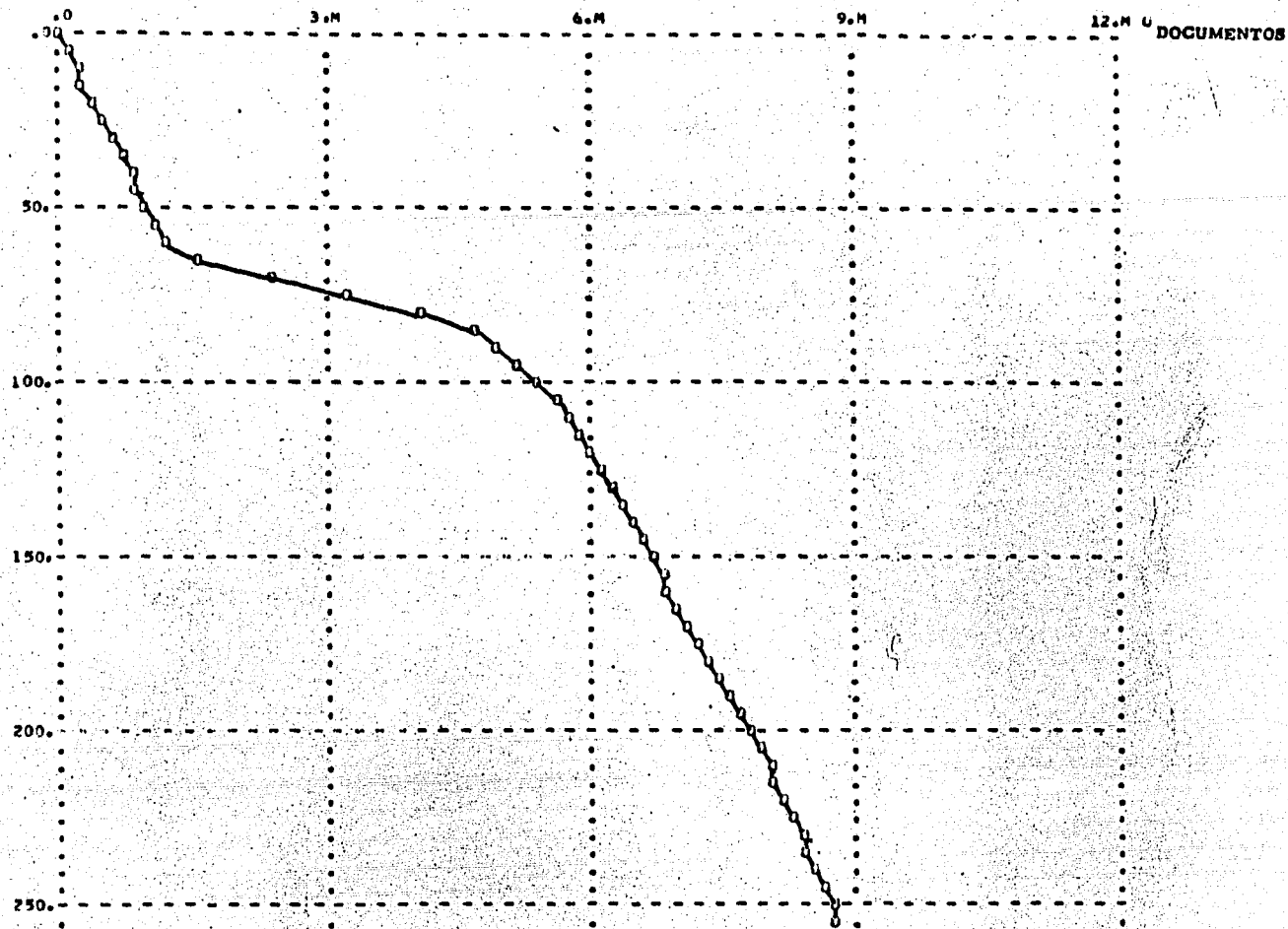
se obtienen un cuadro y siete gráficas en las que se puede apreciar la situación del Proceso de Captura.

TIME E+00	TUTDOC E+00	TUTACU E+00	CORRES E+00	CLASIF E+00	LOTIFI E+00	TUIGLT E+00	TUTLIL E+00	TUTLIC E+00	TUTCOU E+00	TUTPCA E+00	TUTAMS E+00	TUTAMA E+00	TT E+00
0	5806.	5806.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.00
5	27660.	95494.	5531.	5713.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.00
10	25457.	200.4T	5090.	5264.	5441.	5531.	0.	5622.	5713.	5806.	5806.	0.	0.00
15	23365.	295.7T	4672.	4837.	5005.	5090.	652.	123.	5359.	5295.	15006.	21642.	11.06
20	21383.	385.0T	4276.	4432.	4591.	4672.	431.	314.	10071.	5704.	23446.	43058.	12.76
25	20465.	492.9T	5092.	5916.	4199.	4276.	9881.	8.	6603.	7319.	16174.	61232.	13.01
30	25779.	599.0T	5154.	5365.	5582.	5692.	14.	974.	6263.	7503.	23275.	84507.	15.60
35	23261.	696.3T	4651.	4848.	5051.	5154.	105.	164.	7883.	6084.	32106.	11660T	16.97
40	20912.	783.2T	4181.	4365.	4554.	4651.	39.	287.	12574.	6512.	21052.	137.7T	16.70
45	27660.	803.7T	6005.	3915.	4091.	4181.	1545.	61.	5398.	12364.	18960.	13668T	16.56
50	26663.	992.7T	5330.	5593.	5865.	6005.	0.	10.	6384.	6074.	25010.	181.7T	17.27
55	23577.	1091.7	4713.	4953.	5202.	5330.	950.	329.	5799.	5796.	30112.	21188T	17.52
60	20777.	1170.7	4153.	4370.	4597.	4713.	1423.	7391.	7404.	16512.	13472.	225.2T	36.08
65	161.3T	1543.T	52493.	3845.	4048.	4153.	11665.	421.	4312.	5325.	29868.	255.1T	34.99
70	232.0T	2412.T	46369.	48730.	51214.	52493.	329.	527.	4778.	5217.	25072.	281.0T	35.59
75	204.7T	3268.T	40914.	43015.	45224.	201.9T	723.	418.	26891.	23218.	46248.	327.2T	36.76
80	180.8T	4024.T	36128.	37962.	39903.	332.3T	4833.	9725.	29902.	23330.	69455.	396.7T	34.40
85	140.6T	4673.T	32012.	33579.	35252.	457.6T	101.	6988.	39479.	23818.	52469.	449.1T	35.95
90	34822.	4979.T	10965.	10975.	31270.	562.7T	1881.	2776.	65147.	21575.	50698.	499.8T	37.16
95	54662.	5197.T	10933.	10947.	10959.	563.0T	22819.	0.	45171.	23793.	70140.	570.0T	38.01
100	54454.	5416.T	10891.	10909.	10925.	530.7T	12765.	157.	59207.	23994.	66142.	636.2T	39.80
105	54199.	5633.T	10840.	10862.	10882.	507.8T	14943.	0.	73773.	23650.	70054.	706.2T	40.51
110	31391.	5792.T	5152.	10805.	10829.	486.0T	22.	4846.	77999.	23633.	71758.	778.0T	41.22
115	25501.	5900.T	5100.	5121.	5141.	454.0T	5532.	7886.	9435.	23724.	66993.	845.0T	43.09
120	25246.	5002.T	5049.	5069.	5090.	401.9T	981.	1214.	108.8T	20189.	70298.	515.3T	43.09
125	24994.	6102.T	4999.	5019.	5039.	340.8T	9809.	11885.	111.7T	23983.	70676.	985.9T	43.95
130	27665.	6207.T	5905.	4969.	4989.	300.9T	144.	1110.	113.7T	22871.	69798.	1056.T	49.18
135	29708.	5324.T	5942.	5927.	5913.	232.3T	4468.	770.	128.0T	23890.	69289.	1125.T	50.86
140	29873.	5443.T	5975.	5962.	5949.	190.8T	6362.	152.	146.7T	22959.	67075.	1192.T	71.43
145	30019.	6563.T	6004.	5993.	5981.	146.4T	287.	657.	147.4T	24129.	67648.	1260.T	70.73
150	30146.	6684.T	6029.	6020.	6009.	8281.8	0.	198.	150.9T	23834.	67730.	1327.T	70.73
155	23687.	6785.T	4738.	4741.	6034.	30430.	46016.	140.	148.7T	20204.	70063.	1348.T	69.45
160	23637.	6879.T	4727.	4732.	4736.	5222.	1292.	0.	182.9T	20203.	64948.	1462.T	70.33
165	23502.	5974.T	4716.	4721.	4725.	4727.	99.	15197.	111.4T	24073.	64948.	1462.T	80.06
170	23522.	7068.T	4704.	4709.	4714.	4716.	4133.	146.	67455.	23988.	69402.	1532.T	78.33
175	30750.	7180.T	6508.	4697.	4702.	4704.	15776.	7225.	43870.	24041.	69755.	1602.T	76.57
180	32013.	7309.T	6563.	6541.	6519.	6508.	758.	17111.	10290.	23977.	54808.	1650.T	76.21
185	33071.	7441.T	6614.	6594.	6573.	7180.	8911.	3007.	7155.	6165.	44866.	1721.T	76.99
190	33312.	7574.T	6662.	6644.	6624.	6614.	7835.	46.	11930.	18840.	38936.	1760.T	74.93
195	29767.	7702.T	6707.	6690.	6672.	6662.	9867.	6792.	7786.	11951.	49142.	1809.T	76.62
200	24028.	7804.T	4805.	4823.	4840.	6707.	1429.	2383.	9082.	0215.	34653.	1844.T	75.07
205	23819.	7920.T	4764.	4780.	4797.	4805.	1730.	404.	5078.	11674.	42761.	1887.T	74.07
210	23621.	7994.T	4724.	4740.	4756.	4764.	1872.	582.	7535.	10481.	30833.	1918.T	73.58
215	23434.	8088.T	4637.	4701.	4717.	4724.	5918.	369.	13244.	6253.	26918.	1945.T	72.17
220	22897.	8181.T	4556.	4665.	4680.	4687.	5.	1881.	13032.	5664.	26897.	1971.T	70.91
225	22963.	8272.T	4573.	4566.	4560.	4567.	1154.	925.	4859.	5893.	22432.	1944.T	107.74
230	22942.	8364.T	4588.	4582.	4576.	4573.	200.	7120.	5076.	4863.	30039.	2025.T	105.86
235	23020.	8456.T	4604.	4598.	4592.	4588.	24.	12.	5061.	7607.	13828.	2039.T	103.94
240	22614.	8547.T	4520.	4613.	4607.	4604.	2.	55.	5168.	5414.	32406.	2071.T	102.15
245	21614.	8635.T	4322.	4400.	4480.	4520.	477.	59.	5584.	4024.	19543.	2090.T	100.68
250	20693.	8719.T	4138.	4210.	4284.	4322.	4.	0.	5145.	7507.	22254.	2113.T	107.28
255	19040.	8799.T	3967.	4034.	4103.	4138.	1086.	112.	6191.	5339.	18939.	2132.T	106.14
										4323.	31216.	2163.T	105.11

*** RECEPCION ***** CORRESPONDENCIA Y CLASIFICACION *** CODIFICACION Y VALIDACION *** CAPTURA *** PROCESO *** TIEMPO MEDIO

TUFACU90

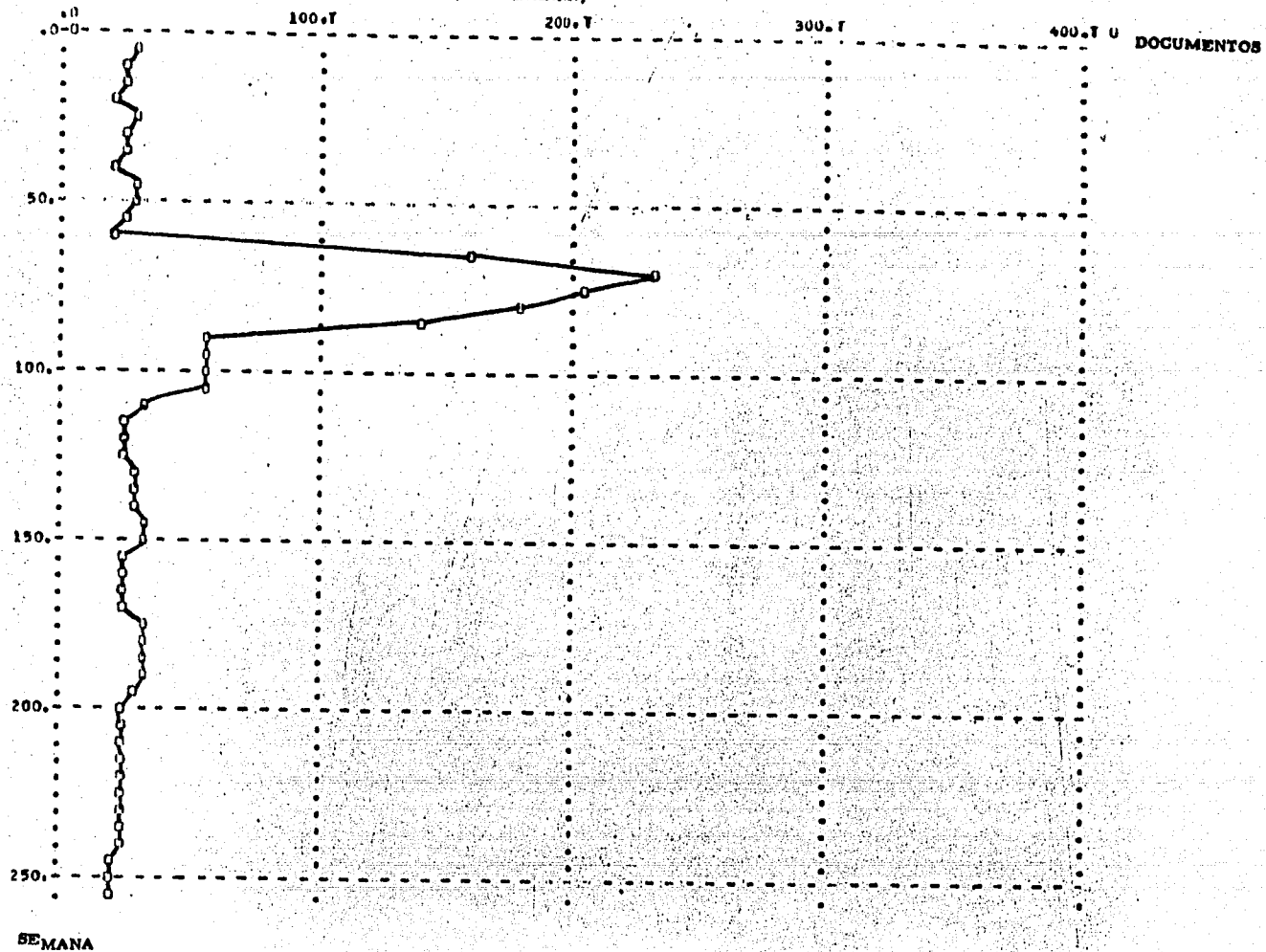
NUMERO DE DOCUMENTOS RECIBIDOS



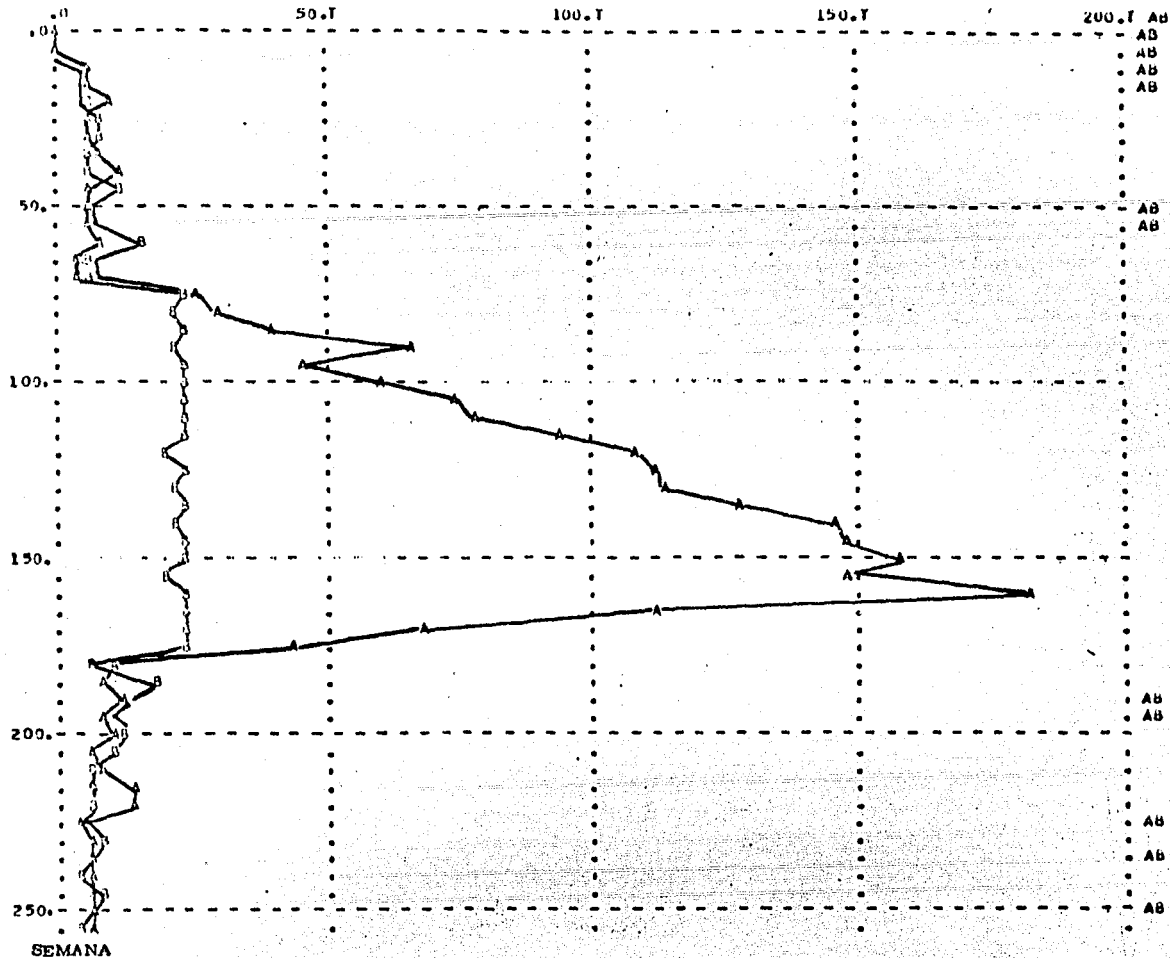
SEMANA

TOTDOCRO

TOTAL DE DOCUMENTOS RECIBIDOS (POR SEMANA)

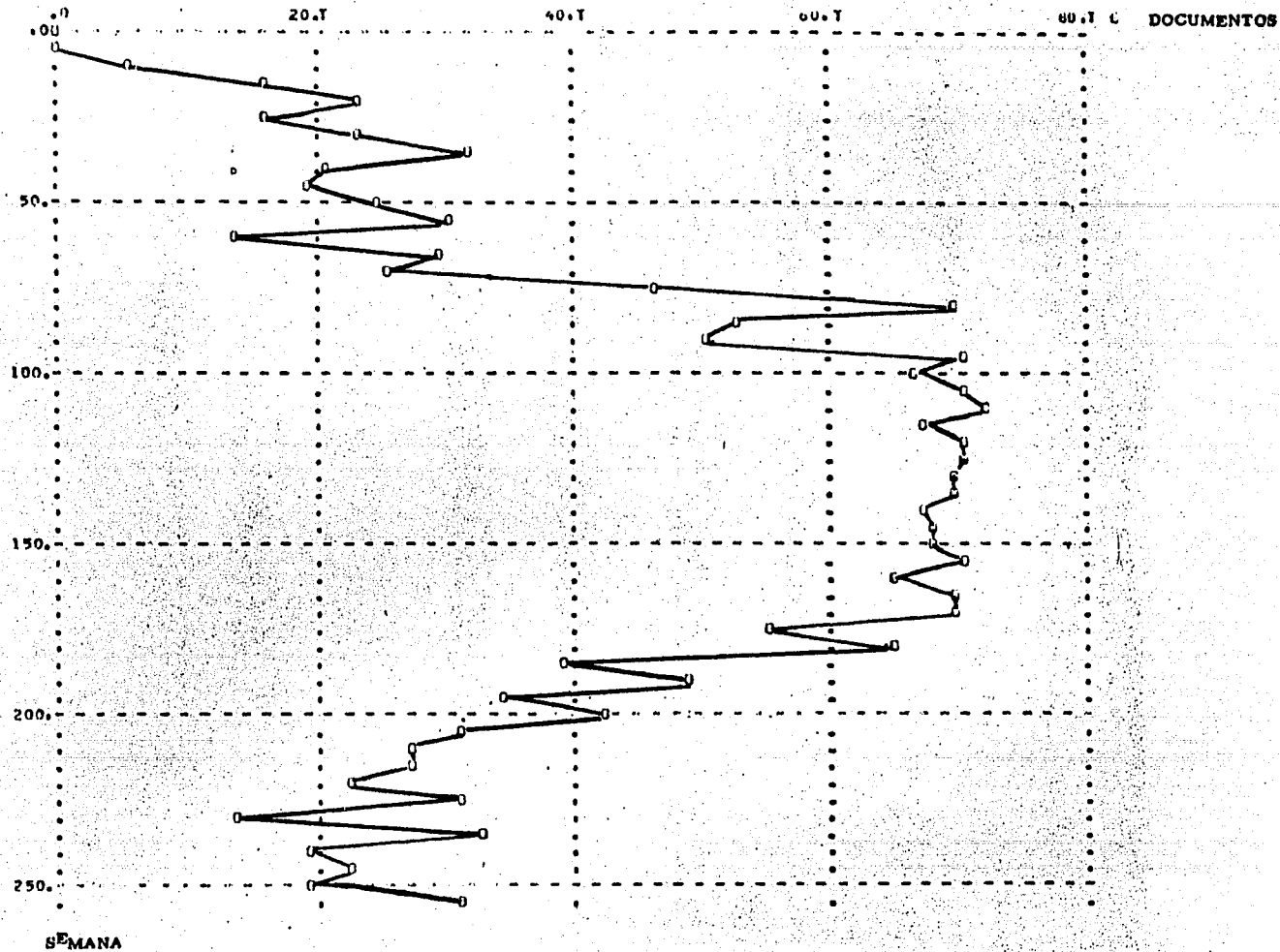


TOTCODNA, TOTPCASB NUMERO DE DOCUMENTOS CODIFICADOS (A) Y CAPTURADOS (B)

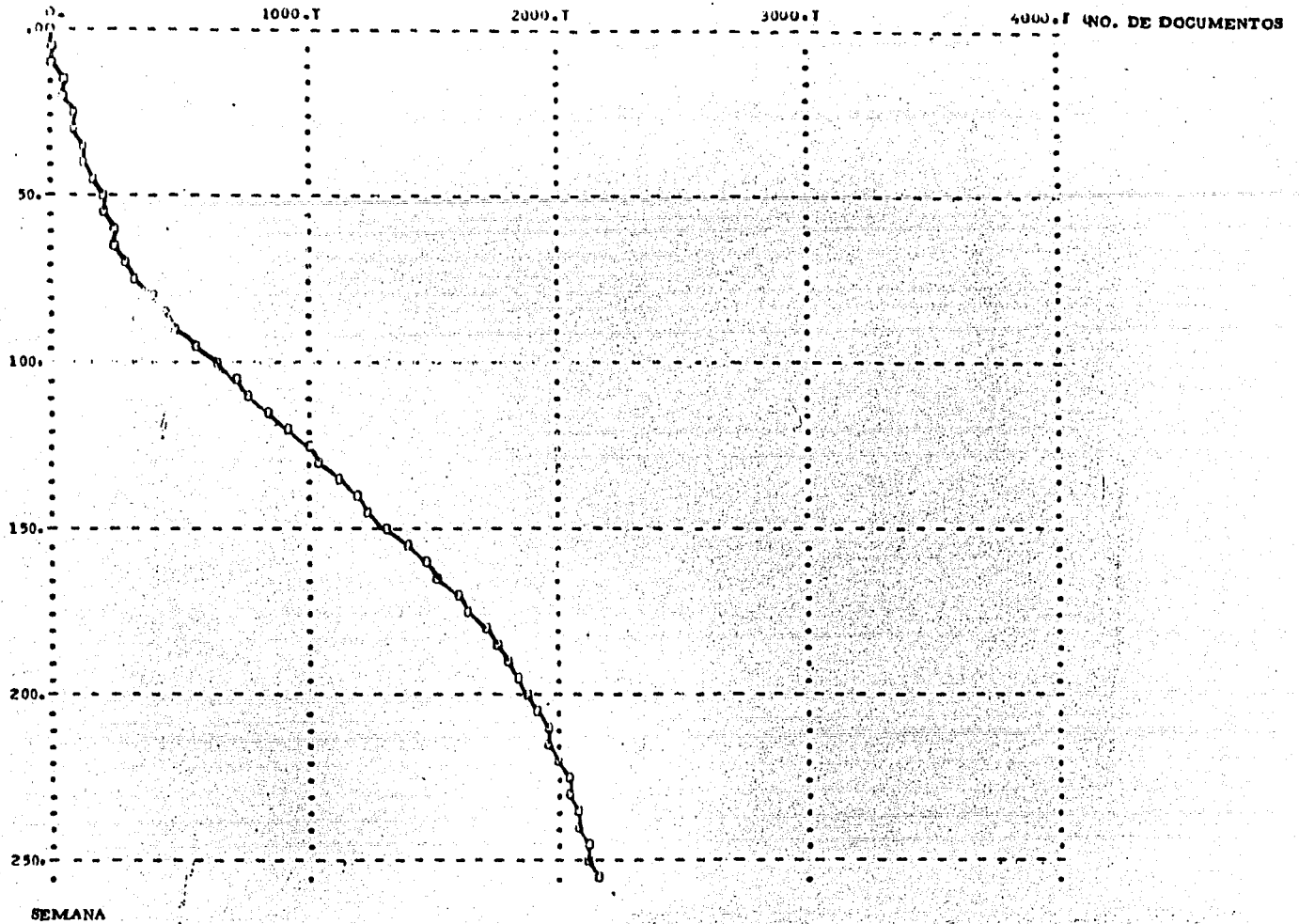


TOTALSRO

NUMERO DE DOCUMENTOS EN ARCHIVO MAESTRO (POR SEMANA)



TOTALADO NUMERO DE DOCUMENTOS EN EL ARCHIVO MAESTRO (ACUMULADO)



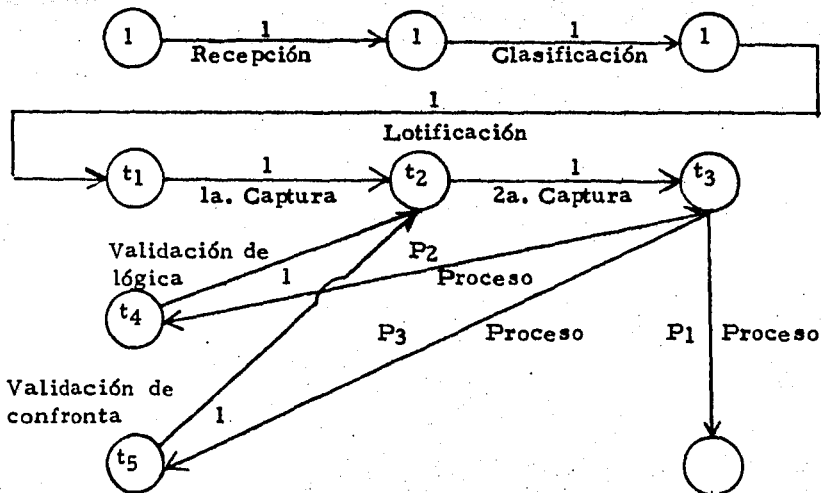
En los esquemas anteriores se distinguen los diferentes cambios de estado del sistema a través del tiempo. En ellos se pueden apreciar claramente los períodos con máxima y mínima actividad en cada sección, y además se observa la relación entre los períodos pico (segundo trimestre del año) y la disminución en las capacidades.

Sin embargo, es tal la cantidad de información contenida en dichos esquemas, que no es posible localizar en alguna forma más concreta los estados críticos del sistema. Esta situación hace necesario definir alguna otra característica que permita evaluar la actividad global del proceso y con esto detectar la problemática del mismo.

Después de revisar las diferentes componentes del sistema se encontró un aspecto que, de alguna forma, es sensible a la mayoría de los cambios en el mismo. Este elemento es el tiempo medio transcurrido entre la llegada de los documentos y su ingreso al archivo maestro. En lo sucesivo se denominará t_e (tiempo de espera) y en las siguientes líneas se expone la forma de evaluarla así como su relación con las otras componentes del sistema.

Para facilitar el desarrollo de una expresión para t_e , a continuación se presenta un diagrama en donde se pueden apreciar sus

componentes.



En este diagrama se pueden distinguir las diferentes actividades. En los nodos del mismo se encuentra el tiempo total (Incluyendo espera) de los documentos en cada una de ellas. En la parte superior de las líneas que representan las actividades, se encuentra la probabilidad de pasar de una a otra.

Como se puede apreciar, no existe comunicación entre algunas de ellas y además todas, excepto tres, tienen probabilidad uno de -

ocurrir, siempre y cuando se sitúe el flujo de documentos en la actividad inmediata anterior. Así también aquéllas con pro babilidad de ocurrencia diferente de uno (validaciones e in-- greso al archivo maestro), son consecuencia de la captura, - por lo que las probabilidades estarán dadas en función de las inconsistencias resultantes de esta última actividad; y por lo - tanto, coinciden con los porcentajes de inconsistencia, dando co mo resultado:

$$\begin{array}{l} \text{Probabilidad } \left\{ \begin{array}{l} \text{efectuar validación de lógica} \\ \text{efectuar validación de confronta} \end{array} \right\} = P_2 = 0.25 \\ \text{Probabilidad } \left\{ \begin{array}{l} \text{efectuar validación de confronta} \\ \text{ingresar al archivo maestro} \end{array} \right\} = P_3 = 0.15 \\ \text{Probabilidad } \left\{ \begin{array}{l} \text{ingresar al archivo maestro} \end{array} \right\} = P_1 = 0.60 \end{array}$$

De esta forma se tiene la relación:

$$t_e = f(t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, P_1, P_2, P_3)$$

En ella se encuentran resumidos los diferentes elementos que dan lugar a t_e . Sin embargo, aún es necesario encontrar una expre sión más explícita para facilitar su evaluación.

Considérese la siguiente expresión:

$$t_e = k_1 \cdot 1 + k_2 \cdot 1 + k_3 \cdot 1 + k_4 \cdot t_1 + k_5 \cdot t_2 + k_6 \cdot t_3 + k_7 \cdot t_4 + k_8 \cdot t_5$$

donde k_i es el número de veces que un documento se encuentra en

la actividad i ($i=1$ para recepción, $i=2$ para clasificación, ...). Claramente k_1 , k_2 y k_3 valen uno por lo que:

$$t_e = 3 + k_4 \cdot t_1 + k_5 \cdot t_2 + k_6 \cdot t_3 + k_7 \cdot t_4 + k_8 \cdot t_5$$

Para determinar los valores de k_4 , k_5 , k_6 y k_7 considérese el subsistema formado por las actividades: codificación, primera captura, segunda captura, validación de I.L., validación de I.C. e ingreso al archivo maestro. De acuerdo a esto, un documento se puede encontrar en cualquiera de los siguientes estados:

- 1- Esperando codificación (LOT)
- 2- Esperando primera captura (COD)
- 3- Esperando segunda captura (PCA)
- 4- Esperando validación de lógica (LOG)
- 5- Esperando validación de confronta (CNF)
- 6- Esperando ingresar al archivo maestro (AMA)

Considérese un solo documento en el sistema y sea $X(t)=j$ ($j=1, 2, \dots, 6$) si el documento se encuentra en el estado j en el tiempo t . Como se puede apreciar $X(t)$ es una variable aleatoria definida para cada valor de t , la cual toma los valores contenidos en el conjunto $T = \{1, 2, 3, \dots, t, \dots\}$

El conjunto de variables aleatorias $\{X(1), X(2), \dots\}$

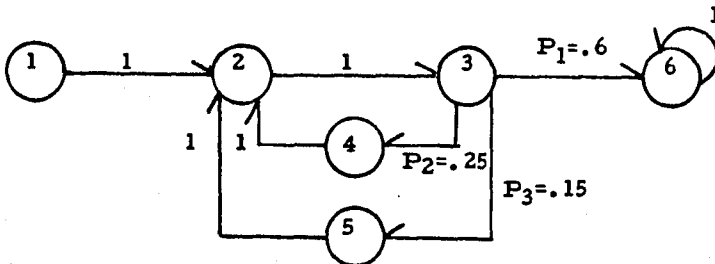
determina un Proceso Estocástico, el cual, atendiendo al conjunto T y al número de estados en que se puede encontrar la variable $X(t)$, se define como un proceso estocástico discreto en parámetro (tiempo) y discreto en estados (codificación, validación, ...).

Una propiedad interesante de este proceso es el hecho de -- que si el documento se encuentra en un estado j_t en el tiempo t , la probabilidad de pasar a otro estado (inclusive el mismo) en el tiempo $t+1$ depende exclusivamente del estado actual de la variable $X(t)$. En otras palabras:

$$P \left\{ X(t+1)=j_{t+1} / X(t)=j_t, X(t-1)=j_{t-1}, \dots, X(1)=j_1 \right\} = P \left\{ X(t+1)=j_{t+1} / X(t)=j_t \right\}$$

Esta propiedad recibe el nombre de Propiedad Markoviana, e identifica a éste como un Proceso de Markov, el cual, por el hecho de ser discreto en estados, recibe el nombre de Cadena de -- Markov.

El objetivo de definir este proceso estocástico es utilizar algunas de sus propiedades para facilitar la evaluación de t_e . A continuación se presenta una gráfica descriptiva del proceso.



La siguiente matriz resume las probabilidades de pasar de un estado a otro (probabilidades de transición)

del Edo. \ al Edo.	1	2	3	4	5	6
1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	.25	.15	.60
4	0	1	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1

Nótese que, a diferencia de los otros estados, una vez que se llega al archivo maestro (estado 6) no se sale de él, por lo que su probabilidad de transición a sí mismo es 1. Este tipo de estados se conocen con el nombre de estados absorbentes.

El interés de esta Cadena se centrará en calcular el número de veces que la variable $X(t)$ se encuentra en cada uno de los estados antes de llegar al estado 6, esto es, los valores de k_5 , k_6 , k_7 y k_8 (nodos 2, 3, 4 y 5 respectivamente). Estos valores se calcularán partiendo del estado 1 (espera antes de codificación).

Siendo éste un problema común en este tipo de procesos, se ha

desarrollado una fórmula que permite resolverlo a partir de las probabilidades de transición. Su deducción es bastante sencilla y por lo mismo no se tratará en este momento. Para la persona interesada en el tema, al final de este trabajo se presenta una bibliografía en donde se pueden encontrar obras relacionadas con el mismo.

La forma de calcular, en promedio, el número de veces que el documento se encuentra en un estado transitorio antes de caer en uno absorbente, está dado por la matriz ⁽²⁾

$$TMO = (I - Q)^{-1}$$

donde

- TMO Tiempo medio de ocupación
- I Es la matriz unitaria
- Q Es la matriz de probabilidades de transición
para los estados transitorios (todos menos -
los absorbentes)

Nótese que $(I - Q)^{-1}$ es una matriz, en donde la componente q_{ij} representa el tiempo medio para llegar al estado i a partir del estado j .

Para calcular los valores de k_4, \dots, k_8 se tiene

$$Q = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .25 & .15 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$(I-Q) = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -.25 & -.15 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$(I-Q)^{-1} = \begin{vmatrix} 1 & 1.666 & 1.666 & .4166 & .25 \\ 0 & 1.666 & 1.666 & .4166 & .25 \\ 0 & .6666 & 1.666 & .4166 & .25 \\ 0 & 1.666 & 1.666 & 1.4166 & .25 \\ 0 & 1.666 & 1.666 & .4166 & 1.25 \end{vmatrix}$$

Puesto que los tiempos medios de ocupación interesan a partir del estado 1 (documentos antes de codificación), los valores de k_4 , ..., k_8 están dados por las q_{1i} respectivamente.

Substituyendo en la expresión para t_e se tiene

$$t_e = 3t_1 + 1.6667 t_2 + 1.666 t_3 + .4166 t_4 + .25 t_5$$

en donde sólo falta por evaluar los valores de las t_i .

Recordando la estructura básica del modelo presentada en el capítulo anterior, la situación de los documentos en el sistema está dada por los niveles correspondientes a cada actividad y las tasas reguladoras de flujo.

Considérese el inventario de documentos para codificar (LOT) y la tasa de flujo correspondiente (COM). En cada tiempo t , el cociente LOT/COM está indicando el tiempo que tardarán los documentos de LOT a través de la actividad codificación. Sin embargo, considerando que la unidad de tiempo en el Proceso de Captura es un día, en realidad el tiempo de espera de los documentos en la actividad de codificación estará dado por

$$\left[\frac{LOT}{COM} \right] + 1$$

en donde los corchetes indican el mayor entero menor o igual que el argumento.

Como se puede apreciar, LOT y COM varían con el tiempo y por lo tanto, el tiempo medio de espera de los documentos en LOT estará dado por la expresión

$$\frac{\sum_t \left(\left[\frac{\text{LOT}(t)}{\text{COM}(t)} \right] + 1 \right)}{258}$$

Sumando este valor al tiempo que requiere la actividad de codificación (Un día), se tendrá el tiempo total consumido en dicha actividad.

$$t_1 = \frac{1 + \sum_t \left(\left[\frac{\text{LOT}(t)}{\text{COM}(t)} \right] + 1 \right)}{258}$$

Con un desarrollo similar se puede llegar a las siguientes expresiones

$$t_2 = \frac{1 + \sum_t \left(\left[\frac{\text{COD}(t)}{\text{CAM1}(t)} \right] + 1 \right)}{258}$$

$$t_3 = \frac{1 + \sum_t \left(\left[\frac{\text{PCA}(t)}{\text{CAM2}(t)} \right] + 1 \right)}{258}$$

$$t_4 = \frac{1 + \sum_t \left(\left[\frac{\text{LIL}(t)}{\text{ILC}(t)} \right] + 1 \right)}{258}$$

$$t_5 = \frac{11^{*} + \sum_t \left(\left[\frac{\text{LIC}(t)}{\text{LCC}(t)} \right] + 1 \right)}{258}$$

* / Este tiempo incluye el transcurrido durante el proceso de identificación de inconsistencias (10 días en promedio)

Conjuntanto estos elementos en la expresión para t_e se tiene

$$\begin{aligned}
 t_e = 3 + & \frac{1 + \sum_t \left[\frac{LOT(t)}{COM(t)} \right] + 1}{258} \\
 + (1.667) & \frac{1 + \sum_t \left[\frac{COD(t)}{CAM1(t)} \right] + 1}{258} \\
 + (1.667) & \frac{1 + \sum_t \left[\frac{PCA(t)}{CAM2(t)} \right] + 1}{258} \\
 + (0.416) & \frac{1 + \sum_t \left[\frac{LIL(t)}{ILG(t)} \right] + 1}{258} \\
 + (0.250) & \frac{1 + \sum_t \left[\frac{LIC(t)}{ICC(t)} \right] + 1}{258}
 \end{aligned}$$

Se decidió escribir explícitamente la expresión para t_e , ya que de esta forma, es posible apreciar como en ella están incluidos - además del porcentaje de inconsistencias (probabilidades), las capacidades (COM, CAM1, CAM2, ...) y el número de documentos recibidos (LOT) y así, de esta forma, resumir

En una sola expresión el comportamiento de los componentes - más importantes del sistema.

Para finalizar el capítulo, a continuación se presenta el resumen de un análisis de sensibilidad realizado sobre las capacidades de validación, codificación, y captura. El siguiente cuadro muestra la respuesta de t_e ante cambios en dichas capacidades. El primer renglón corresponde a los datos reales.

Capacidades			Tiempo
Declaraciones	Registro	Captura	t_e (días)
18900	1200	4000000	105.11
18900	1200	3500000	141.11
18900	1200	4500000	105.99
21000	1200	4000000	105.11
17000	1200	4000000	105.18
18900	1000	4000000	105.52
18900	1400	4000000	103.43

En el cuadro anterior se puede apreciar como el sistema no sufre cambios significativos en t_e , exceptuando el caso de la disminución en la capacidad de captura (línea 2). Esto significa que las capacidades disponibles son más de las necesarias en el caso de las secciones de Registro y Declaración. En el caso de la capacidad de captura, aparentemente es adecuada ya que cuando se aumenta el tiempo de espera (t_e) no disminuye considerablemente y por el contrario al reducirla, t_e crece en una forma significativa.

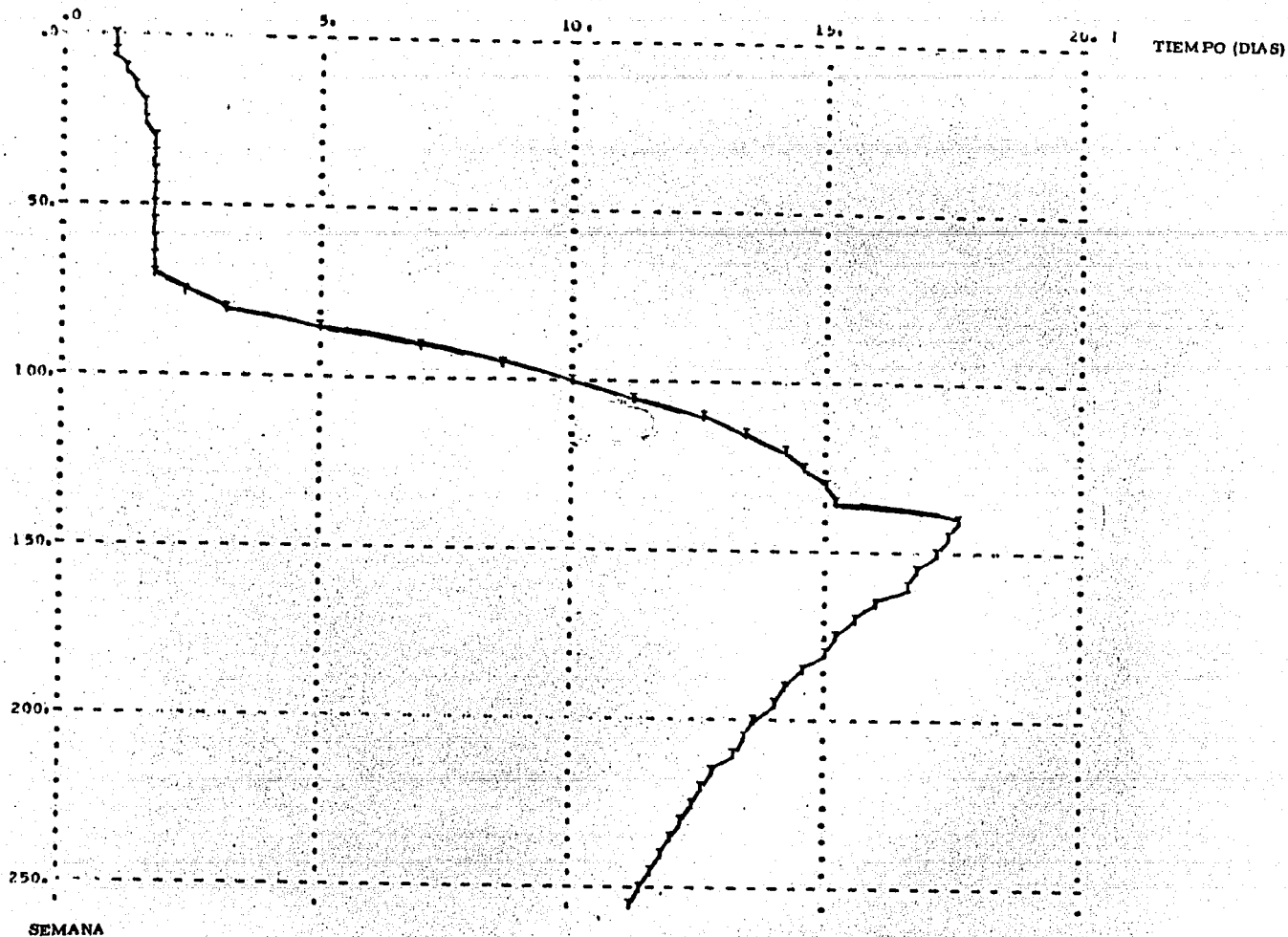
A continuación se presenta una serie de gráficas en las que se aprecia el comportamiento de la variable tiempo.

(1) SHANNON, Robert. Systems Simulation. Capítulo 5

(2) FIERRO LEOBARDO, Aplicación de la Teoría de Gráficas a las Cadenas Markovianas. Capítulo 2

TIEMPO

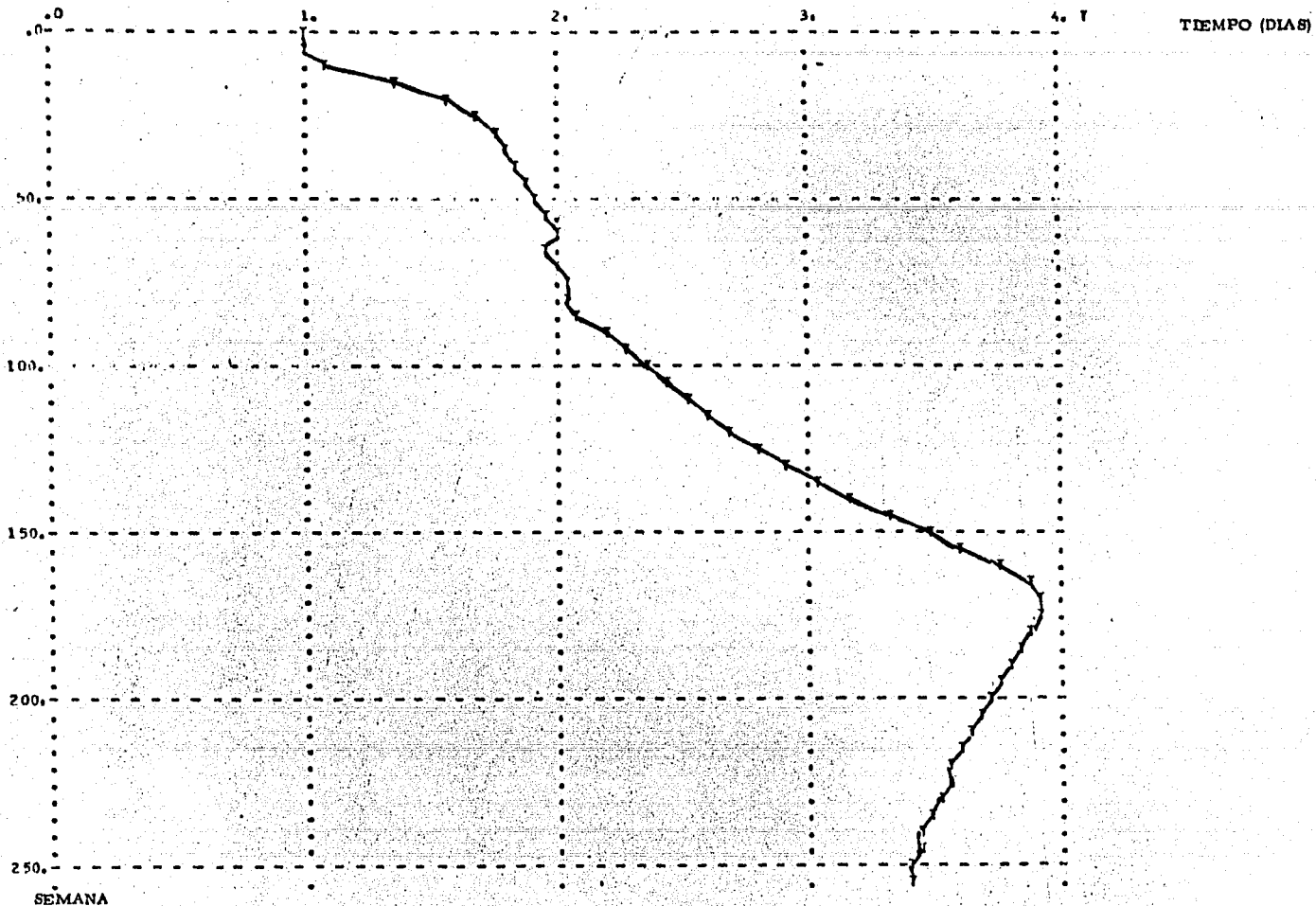
TIEMPO MEDIO DE LOS DOCUMENTOS EN LOTIFICACION



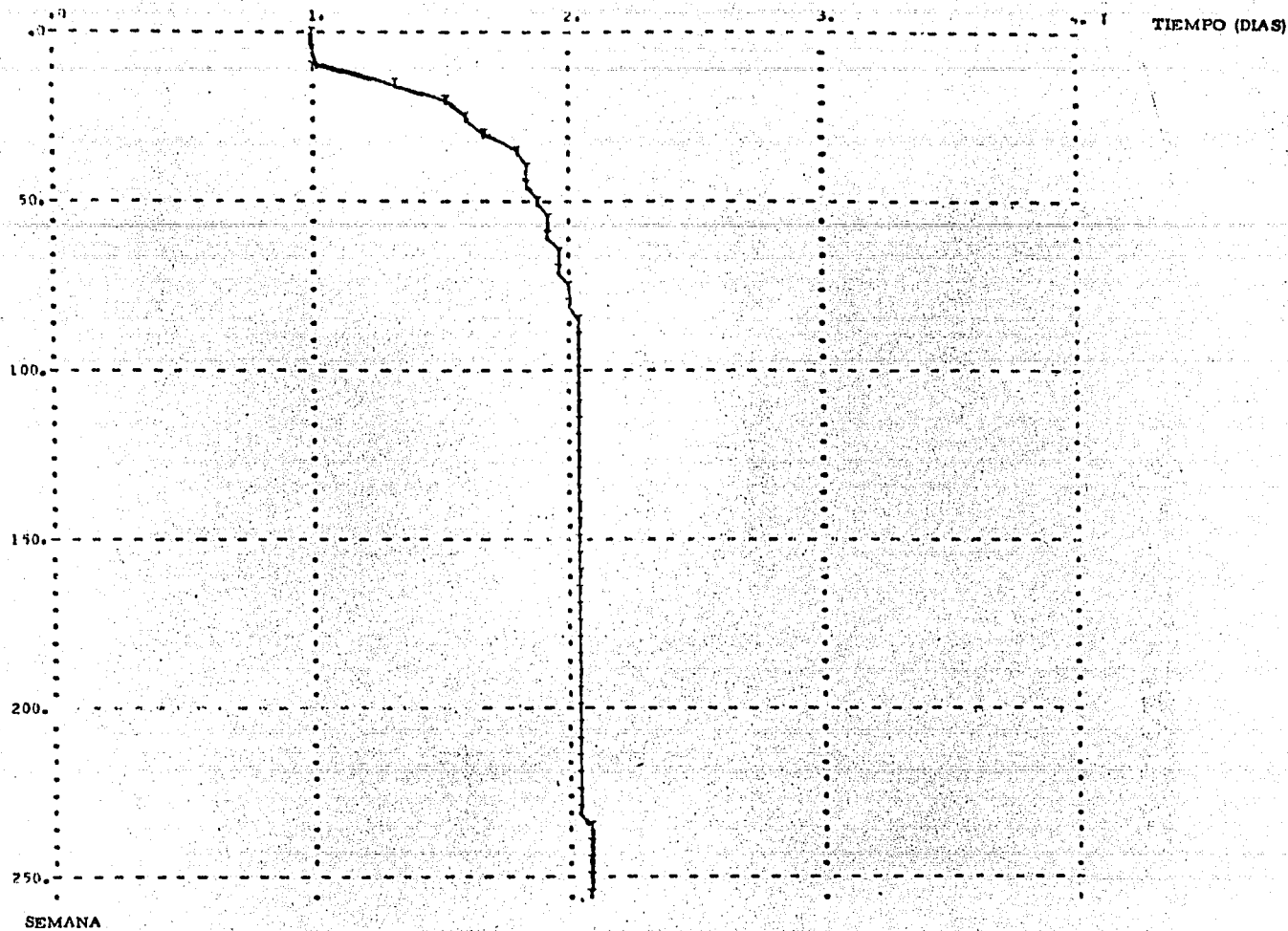
SEMANA

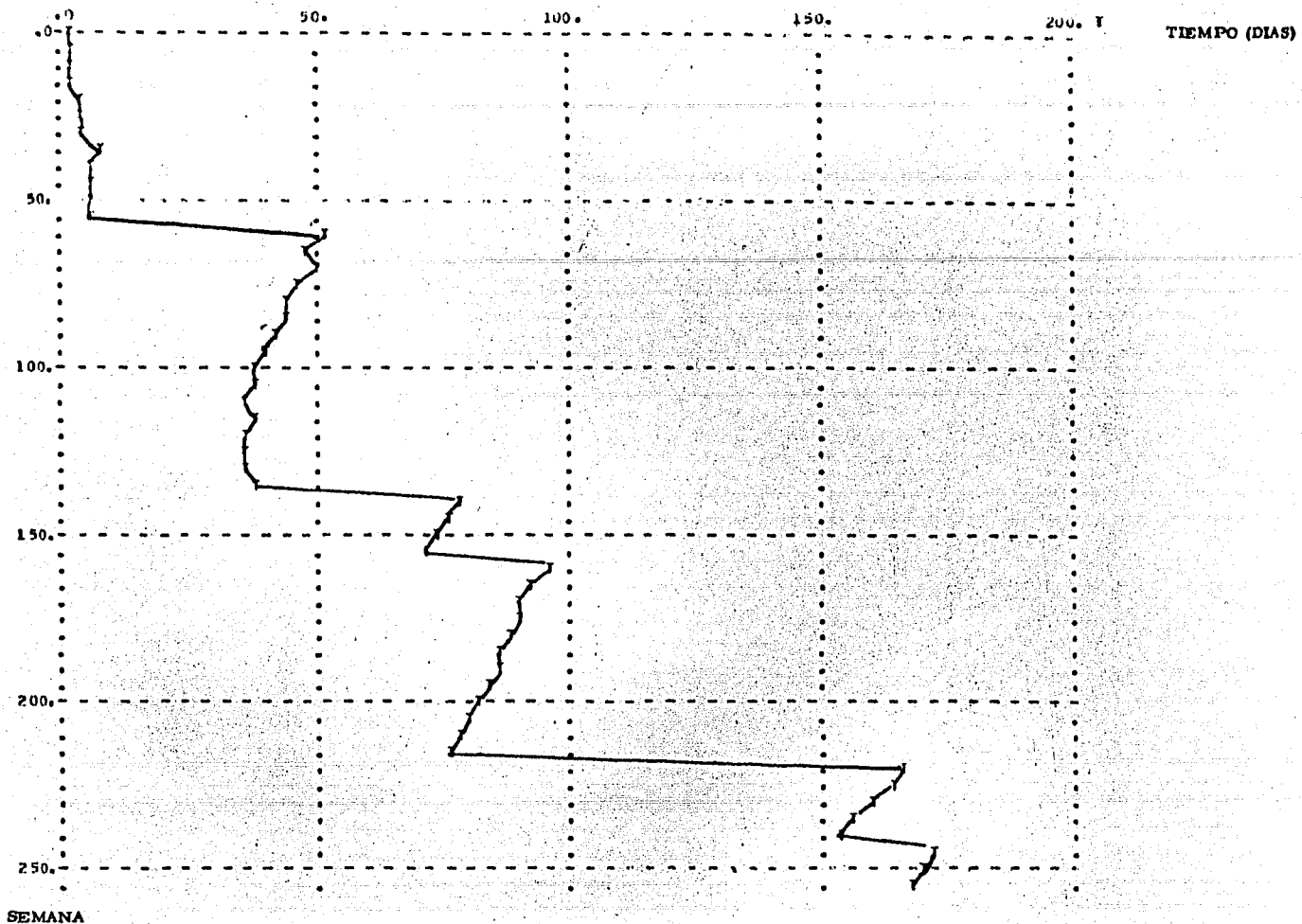
TIEMPO

TIEMPO MEDIO DE LOS DOCUMENTOS EN CODIFICACION



TIEMPO MEDIO DE LOS DOCUMENTOS EN CAPTURA

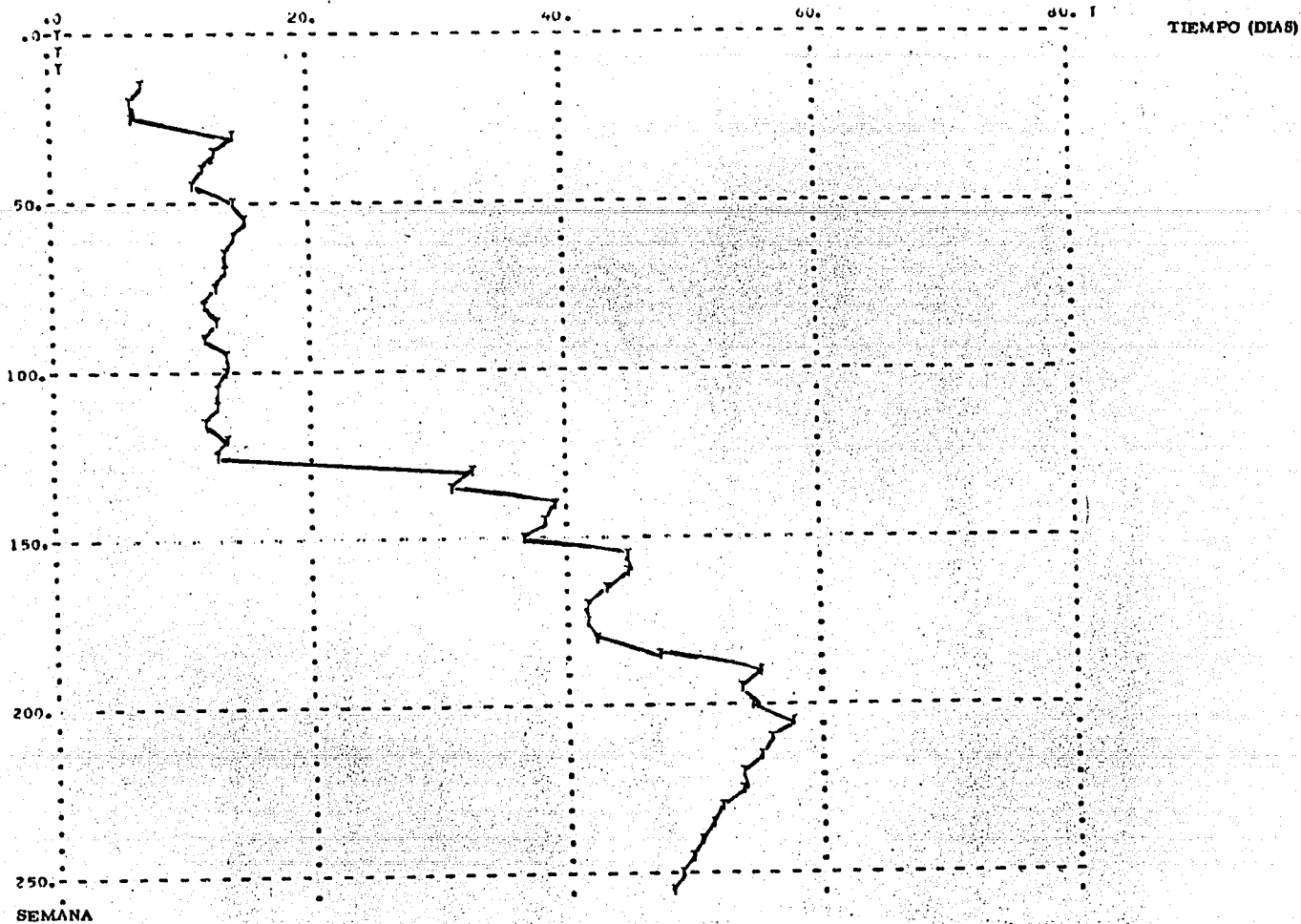




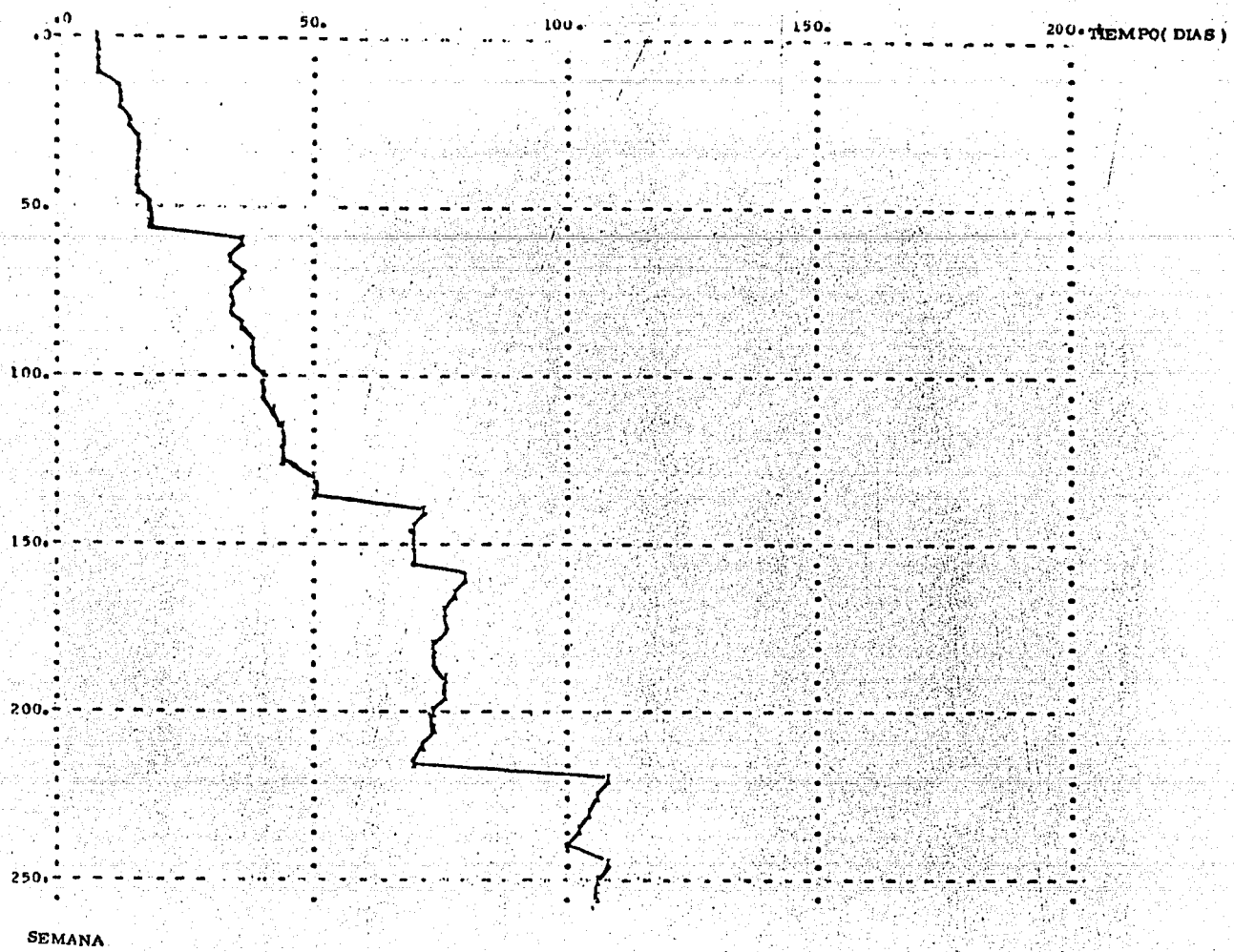
SEMANA

TT59T

TIEMPO MEDIO DE LOS DOCUMENTOS EN VALIDACION (CONFRONTA)



TT01 TIEMPO MEDIO DE LOS DOCUMENTOS EN EL SISTEMA



CAPITULO 7

CONCLUSIONES

Como se ha podido apreciar a lo largo de este trabajo, la simulación es una técnica con características especiales que la diferencian de las demás técnicas de la matemática aplicada. Estas características son su simplicidad y flexibilidad; y la han llevado a ocupar uno de los primeros lugares dentro de la clasificación de las técnicas cuantitativas más utilizadas.

Los siguientes cuadros muestran los resultados de ciertas investigaciones hechas al respecto. El primero de ellos corresponde a los resultados de una encuesta realizada a los miembros de la Sociedad Americana de Investigación de Operaciones y fue publicado en el Boletín Operations Research, Vol. 18, No. 4, Jul-Ago.

1970 con el título de "The Utility of Certain Curriculum Topics to Operations Research Practitioners", desarrollado por R. E. Shannon y W.E. Biles.

El segundo corresponde a la ponencia hecha por F.C. Weston en el 39° Encuentro de la Sociedad Americana de Investigación de Operaciones y publicado con el nombre de "O.R. Techniques Relevant to Corporate Planning Function Practices, An Investigative Look" en el Boletín Operations Research, Vol. 19, Suplemento 2, Primavera 1971 y se refiere a una encuesta realizada en las 100 firmas comerciales más grandes de los Estados Unidos, acerca de las técnicas más utilizadas en la planeación empresarial.

CUADRO 1. UTILIDAD DE LAS TECNICAS DE INVESTIGACION DE OPERACIONES

TECNICA	VALOR PRACTICO
Probabilidad e Inferencia Estadística	0.182
Análisis Económico (Análisis de Costos)	0.150
Simulación	0.143
Programación Lineal	0.120
Teoría de Inventarios	0.097
Teoría de Colas (Líneas de Espera)	0.085

CUADRO 1. (CONTINUA)

TECNICA	VALOR PRACTICO
Teoría de Redes (Secuenciación)	0.072
Reemplazo	0.042
Teoría de Juegos	0.040
Programación Dinámica	0.031
Búsquedas Exhaustivas	0.020
Programación no Lineal	0.018
	<u>1.000</u>

CUADRO 2. HERRAMIENTAS CUANTITATIVAS MAS UTILIZADAS EN LA PLANEACION EMPRESARIAL

TECNICA	FRECUENCIA	%
Simulación	60	29
Programación Lineal	43	21
Teoría 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

En estos cuadros se puede apreciar la tendencia existente hacia el uso de modelos de simulación. Muy probablemente esto se debe a que es accesible a personas con un nivel de conocimientos matemáticos elevados, así como a aquéllas que apenas poseen conocimientos elementales de este campo.

Durante el desarrollo del modelo del Proceso de Captura se apreciaron las características más relevantes de una simulación y de todas ellas se destacan algunas como son: la recopilación de información y el conocimiento del funcionamiento del sistema.

Por otro lado uno de los aspectos más importantes de este modelo es la función para evaluar el tiempo medio de los documentos en proceso. La importancia de esta función está dada por la forma en la que se construyó ya que aunque su desarrollo fue totalmente independiente de la simulación, al final esta fue imprescindible para evaluar el tiempo medio de los documentos en cada sección.

En este punto se pueden apreciar los dos extremos de un modelo de simulación. Por un lado es relativamente sencillo de construir, fácil de entender y genera grandes cantidades de información; y por otro, esta información es útil en la medida en que se adapte a las necesidades de otros análisis diferentes de la simula

ción.

En el capítulo anterior quedó manifiesta una de las características más importantes de la simulación y es su imposibilidad para generar respuestas inmediatas al problema. En conclusión, la simulación es una técnica flexible, fácil de comprender y en ocasiones tan poderosa como los recursos, humanos y materiales, lo permitan, pero sobre todo en la medida en que se complementa con otro tipo de estudios.

APENDICE A

EL PROGRAMA 'IOSIMULA'

En las siguientes páginas se presenta un estado de las instrucciones que forman el programa correspondiente al Modelo de Simulación del Proceso de Captura de Datos. Su nombre, IOSIMULA, obedece a la clave del proyecto que lo originó.

FALLA DE ORIGEN

SERVICIOS DE MICROFILMADO

```
//IOSIMJLA JOB 6780503F, RAPIZANO, MSGLEVEL=1, DE, CLAS=J, TIME=30
LOG IEF403I IOSIMJLA STARTED TIMER21.49.08
LOG IEF404I IOSIMJLA ENDED  TIMER21.58.27
//UNO EXEC PGM=DYN2,PARM=ADVRSN,JUMBO
//STEPLIB DD UNIT=330-1,VOL=SER=VSI067,DISP=SHR,DSN=DYN2
//SYSPRINT DD SYSOUT=A
//SYSUDUMP DD SYSOUT=A
//SYSIN DD *
IEF236I ALLOC. FOR IOSIMJLA UNO
IEF237I 267 ALLOCATED TO STEPLIB
IEF142I * STEP WAS EXECUTED - COND CODE 00CC
IEF285I DYNAMO REPT
IEF285I VCL SER NOISR VS1067.
IEF373I STEP /UNO / START 80259.2149
IEF374I STEP /UNO / STOP 80259.2158 CPU 7MIN 52.69SEC STOR VIRT 442K
IEF298I IOSIMJLA SYSOUT=A.
IEF375I JOB /IOSIMJLA/ START 80259.2149
IEF376I JOB /IOSIMJLA/ STOP 80259.2158 CPU 7MIN 52.69SEC
```

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 5/15/80

* SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA

RUN DATOS REALES ARTURO PIZANO NAVARRO AGOSTO/80

MACRO ANXB1,BO,DI,DF,TIME#

A ST,KRTIME,K-1

A \$C1,KR%1,10*%YB1,K*%B1,KC/%4*%B0,K#0#

A \$D1,KR%1,10*%X-10*%9E4*%BC,K+300*%B1,K#0#

A \$C2,KRMAX%1,\$C1,K#

A \$B2,KRCLIP%\$C1,K,\$C2,K,BC,K,0#

A \$INT1,KR%260,K*%TIME,K*%TIME,K-\$T,K*%T,K*%T,K#/%30#+%B1,K*%TIM

X1 E,K*%TIME,K-\$T,K*%T,K#/%20#+\$B2,K*%TIME,K-\$T,K#

A \$INT2,KR%EO,K*%DF,K*%DF,K*%CF,K-DI,K*%DI,K#/%30#+%B1,K*%DF,K*%DF,

X1 K-DI,K*%DI,K#/%20#+\$B2,K*%DF,K-DI,K#

A AN,KC%INT1,K/%INT2,K

MEND

MACRO PRONOS%P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10,P11,P12,CTE#

A PRONOS,KR%P1*PULSE%1,0*CTE,10*PULSE%1,21*CTE,10*%P2-P1#PULSE%1,42+

X1 LTE,10*%P3-P2#PULSE%1,63*CTE,10*%P4-P3#PULSE%1,85*CTE,10*%P5-P4#

X2 +PULSE%1,107*CTE,10*%P6-P5#PULSE%1,128*CTE,10*%P7-P6#PULSE%1,151

X3 +CTE,10*%P8-P7#PULSE%1,172*CTE,10*%P9-P8#PULSE%1,194*CTE,10*%P10

X4 -P9#PULSE%1,217*CTE,10*%P11-P10#PULSE%1,237*CTE,10*%P12-P11#

MEND

MACRO FORMATE%DATOS,CORRES,CLASIF,LOTIF%K

R \$COR,KR%DELAY%#DATOS,K,1#

A CORRES,KR%CLIP%\$COR,JK,0,TIME,K,2#

R \$CLA,KR%DELAY%#CORRES,K,1#

A CLASIF,KR%CLIP%\$CLA,JK,0,TIME,K,3#

R \$LCT,KR%DELAY%#CLASIF,K,1#

A LOTIF,KR%CLIP%\$LCT,JK,0,TIME,K,4#

A FORMA,KR%LOTIF%K

MEND

MACRO CODMIJ%LCTIJJ,CAPENT,CAPSALE

R CODMIJ,KR%MIN%LCTIJJ,K,CAPENT,K#

A CAPSALE,KR%CAPENT-K-MIN%LCTIJJ,K,CAPENT,K#

MEND

MACRO CAPNJ%CCCIIJ,NUMCAR,CAPTEN,CAP TSA#

A \$CARAC,KR%NUMCAR%CODIJJ,K

R CAPNJ,KR%MIN%\$CARAC,K,CAPTEN#/#NUMCAR

A CAP TSA,KR%CAPTEN-K-MIN%\$CARAC,K,CAPTEN#

MEND

A CCNTCA,KR%1-PULSE%0.2,21,10*PULSE%0.2,26,10*PULSE%0.2,51,10*PULSE%0

X1 .2,56,10*2*PULSE%0.2,61,10*2*PULSE%0.2,66,10*PULSE%0.2,81,10*PULSE

X2 %0.2,91,10*PULSE%0.2,171,10*PULSE%0.2,176,10*PULSE%0.2,181,10*PULS

X3 E%0.2,186,10*PULSE%0.2,241,10*PULSE%0.2,246,10

A P,KR%PRONOS%1,21,42,63,85,107,126,151,172,194,217,237,0#-1

A P,KR%PRONOS%20,41,62,84,106,127,150,171,193,216,236,258,0#

A PR1101,KR%PRONOS%R11,R12,R13,R14,R15,R16,R17,R18,R19,R110,R111,R112,0#

A PR1102,KR%PRONOS%R21,R22,R23,R24,R25,R26,R27,R28,R29,R210,R211,R212,0#

A PR1103,KR%PRONOS%R31,R32,R33,R34,R35,R36,R37,R38,R39,R310,R311,R312,0#

A PR3101,KR%PRONOS%011,012,013,014,015,016,017,018,019,0110,0111,0112,0#

A PR3102,KR%PRONOS%021,022,023,024,025,026,027,028,029,0210,0211,0212,0#

A PR3103,KR%PRONOS%031,032,033,034,035,036,037,038,039,0310,0311,0312,0#

A PR3104,KR%PRONOS%041,042,043,044,045,046,047,048,049,0410,0411,0412,0#

A PR3105,KR%PRONOS%051,052,053,054,055,056,057,058,059,0510,0511,0512,0#

A PR3106,KR%PRONOS%061,062,063,064,065,066,067,068,069,0610,0611,0612,0#

A PR3107,KR%PRONOS%071,072,073,074,075,076,077,078,079,0710,0711,0712,0#

A PR3108,KR%PRONOS%081,082,083,084,085,086,087,088,089,0810,0811,0812,0#

A PR3109,KR%PRONOS%091,092,093,094,095,096,097,098,099,0910,0911,0912,0#

A PR3110,KR%PRONOS%0A1,0A2,0A3,0A4,0A5,0A6,0A7,0A8,0A9,0A10,0A11,0A12,0#

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 9/15/EC

A PR3111.KAPRONOS1CB1, CB2, DB3, DB4, DB5, DB6, DB7, DB8, DB9, DB10, DB11, DB12, DB
A PR3112.KAPRONOS1CC1, CC2, CC3, CC4, CC5, CC6, CC7, CC8, CC9, CC10, CC11, CC12, DB
A PR3113.KAPRONOS1CD1, CD2, DD3, DD4, DD5, DD6, DD7, DD8, DD9, DD10, DD11, DD12, DB
A PR3114.KAPRONOS1CE1, CE2, DE3, DE4, DE5, DE6, DE7, DE8, DE9, DE10, DE11, DE12, DB
C R11R003198, R14R004180, R17R007157, R11GR006071
C R12R003198, R15R005402, R18R005614, R11FR004730
C R13R003200, R16R005001, R19R007736, R112R004736
C R21R002062, R24R009010, R27R004686, R210R002821
C R22R002062, R25R004549, R28R003965, R211R002681
C R23R002063, R26R005939, R29R004672, R212R002681
C R31R000188, R34R000838, R37R001637, R31CR001110
C R32R0030188, R35R001257, R38R001250, R311R000700
C R33R000190, R36R001567, R39R000559, R312R000700
C D11R002749, D14R002348, D17R002538, D11FR002112
C D12R002749, D15R004029, D18R001707, D11GR001388
C D13R002749, D16R001543, D19R001559, D11FR001388
C D21R000140, D24R001171, D27R000052, D21GR000057
C D22R000140, D25R000173, D28R000058, D211R000045
C D23R000141, D26R000182, D29R000056, D212R000045
C D31R0009345, D34R0022389, D37R0035006, D31GR0021159
C D32R0009345, D35R0045910, D38R0014169, D311R001922
C D33R0009345, D36R0018762, D39R0050481, D312R001922
C D41R0068177, D44R0086384, D47R0068081, D41GR0069612
C D42R0068177, D45R0073184, D48R0062260, D411R0057044
C D43R0068178, D46R0062956, D49R0073827, D412R0057044
C D51R0000841, D54R001425, D57R001716, D51GR001562
C D52R0000841, D55R001482, D58R001297, D511R001656
C D53R0000842, D56R001172, D59R001455, D512R001656
C D61R0004532, D64R0076104, D67R0012530, D61GR001675
C D62R0004532, D65R0051703, D68R002165, D611R0000789
C D63R0004534, D66R001402, D69R001681, D612R0000789
C D71R0000176, D74R0000802, D77R0000056, D71GR000075
C D72R0000176, D75R0000107, D78R0000043, D711R0000216
C D73R0000177, D76R0000060, D79R0000059, D712R0000216
C D81R0003498, D84R0027856, D87R0000701, D81GR0000504
C D82R0003498, D85R002233, D88R0000428, D811R0000647
C D83R0003499, D86R0000552, D89R0000754, D812R0000647
C D91R0000140, D94R0001442, D97R0000084, D91GR0000030
C D92R0000140, D95R0000416, D98R0000037, D911R0000122
C D93R0000141, D96R0000072, D99R0000035, D912R0000122
C DA1R0000094, DA4R0000083, DA7R0000020, DA1GR0000008
C DA2R0000094, DA5R0000042, DA8R0000011, DA11R0000013
C DA3R0000096, DA6R0000020, DA9R0000006, DA12R0000013
C DB1R0002696, DB4R0011926, DB7R0000381, DB1GR000199
C DB2R0002696, DB5R001138, DB8R0000281, DB11R0000224
C DB3R0002696, DB6R0000402, DB9R0000305, DB12R0000224
C DC1R0000017, DC4R0000036, DC7R0000022, DC1GR0000026
C DC2R0000017, DC5R0000035, DC8R0000023, DC11R0000026
C DC3R0000017, DC6R0000025, DC9R0000034, DC12R0000026
C DD1R0000005, DD4R0000005, DD7R0000025, DD1GR0000042
C DD2R0000005, DD5R0000017, DD8R0000028, DD11R0000021
C DD3R0000009, DD6R0000009, DD9R0000065, DD12R0000021
C DE1R0000006, DE4R0025182, DE7R0002610, DE1GR00002177
C DE2R0004474, DE5R004244, DE8R001776, DE11R0001446
C DE3R0004477, DE6R0002115, DE9R001621, DE12R0001446
A YR FCO1.KAPRONOS1Y11, Y12, Y13, Y14, Y15, Y16, Y17, Y18, Y19, Y1A, Y1B, Y1C, DB
A YR FCO2.KAPRONOS1Y21, Y22, Y23, Y24, Y25, Y26, Y27, Y28, Y29, Y2A, Y2B, Y2C, DB
A YR FCO3.KAPRONOS1Y31, Y32, Y33, Y34, Y35, Y36, Y37, Y38, Y39, Y3A, Y3B, Y3C, DB

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 5/15/80

A YISR01.KMPPRONOSXY41.Y42.Y43.Y44.Y45.Y46.Y47.Y48.Y49.Y4A.Y4B.Y4C.00
 A YISR02.KMPPRONOSXY51.Y52.Y53.Y54.Y55.Y56.Y57.Y58.Y59.Y5A.Y5B.Y5C.00
 A YISR03.KMPPRONOSXY61.Y62.Y63.Y64.Y65.Y66.Y67.Y68.Y69.Y6A.Y6B.Y6C.00
 A YISR27.KMPPRONOSXY71.Y72.Y73.Y74.Y75.Y76.Y77.Y78.Y79.Y7A.Y7B.Y7C.00
 A YIVA04.KMPPRONOSXY81.Y82.Y83.Y84.Y85.Y86.Y87.Y88.Y89.Y8A.Y8B.Y8C.00
 A ZRF001.KMPPRONOSXZ11.Z12.Z13.Z14.Z15.Z16.Z17.Z18.Z19.Z1A.Z1B.Z1C.00
 A ZRF002.KMPPRONOSZ21.Z22.Z23.Z24.Z25.Z26.Z27.Z28.Z29.Z2A.Z2B.Z2C.00
 A ZOTROS.KMPPRONOSXZ31.Z32.Z33.Z34.Z35.Z36.Z37.Z38.Z39.Z3A.Z3B.Z3C.00
 A ZISR01.KMPPRONOSXZ41.Z42.Z43.Z44.Z45.Z46.Z47.Z48.Z49.Z4A.Z4B.Z4C.00
 A ZISR02.KMPPRONOSXZ51.Z52.Z53.Z54.Z55.Z56.Z57.Z58.Z59.Z5A.Z5B.Z5C.00
 A ZISR03.KMPPRONOSXZ61.Z62.Z63.Z64.Z65.Z66.Z67.Z68.Z69.Z6A.Z6B.Z6C.00
 A ZIVA04.KMPPRONOSXZ81.Z82.Z83.Z84.Z85.Z86.Z87.Z88.Z89.Z8A.Z8B.Z8C.00
 C Y11R-555.8.Y12R-555.8.Y13R-555.8.Y14R-555.8.Y15R37.403.Y16R-875.1
 C Y17R-271.8.Y18R-56.96.Y19R168.42.Y1AR-1350.Y1BR-608.4.Y1CR-2638.
 C Y21R-25.83.Y22R-25.83.Y23R-25.83.Y24R-25.83.Y25R-318.7.Y26R-544.1
 C Y27R420.54.Y28R195.67.Y29R-872.8.Y2AR64.841.Y2BR-174.7.Y2CR-1556.
 C Y31R420.54.Y32R420.54.Y33R420.54.Y34R420.54.Y35R199.67.Y36R199.67
 C Y37R334.84.Y38R157.26.Y39R445256.Y3AR-624.4.Y3BR116.44.Y3CR-214.7
 C Y41R-638.4.Y42R-638.4.Y43R-638.4.Y44R-638.4.Y45R4295.4.Y46R-483.8
 C Y47R1773.5.Y48R-202.2.Y49R10941.Y4AR-1592.Y4BR4827.9.Y4CR-210.7
 C Y51R-2486.Y52R-2486.Y53R-2486.Y54R-2486.Y55R9314.1.Y56R7203.5
 C Y57R14686.Y58R7322.7.Y59R23072.Y5AR8167.0.Y5BR36546.Y5CR-2969.
 C Y61R-233.0.Y62R-233.0.Y63R-233.0.Y64R-233.0.Y65R232.07.Y66R235.46
 C Y67R213.35.Y68R231.21.Y69R336.67.Y6AR269.13.Y6BR470.29.Y6CR-31.79
 C Y71R-2.552.Y72R-2.552.Y73R-2.552.Y74R-2.552.Y75R3.7413.Y76R0.0678
 C Y77R2.1688.Y78R4.5520.Y79R-4.382.Y7AR1.5239.Y7BR5.2462.Y7CR-12.87
 C Y81R-2.552.Y82R-2.552.Y83R-2.552.Y84R-2.552.Y85R3.7413.Y86R0.0678
 C Y87R2.1688.Y88R4.5520.Y89R-4.382.Y8AR1.5239.Y8BR5.2462.Y8CR-12.87
 C Z11R2.7579.Z12R2.7579.Z13R2.7579.Z14R2.7579.Z15R-0.199.Z16R-875.1
 C Z17R0.6935.Z18R0.0796.Z19R-0.351.Z1AR2.3059.Z1BR0.9270.Z1CR3.7886
 C Z21R0.0683.Z22R0.0683.Z23R0.0683.Z24R0.0683.Z25R0.0683.Z26R1.1111
 C Z27R-1.082.Z28R-0.455.Z29R1.6390.Z2AR-0.128.Z2BR0.2665.Z2CR2.2393
 C Z31R-0.080.Z32R-0.080.Z33R-0.080.Z34R-0.080.Z35R-1.138.Z36R1.5659
 C Z37R-0.858.Z38R-0.346.Z39R-0.088.Z3AR1.0932.Z3BR0.0188.Z3CR0.3101
 C Z41R3.0420.Z42R3.0420.Z43R3.0420.Z44R3.0420.Z45R-15.21.Z46R1.3668
 C Z47R-4.372.Z48R0.3902.Z49R-20.54.Z4AR2.6811.Z4BR-7.423.Z4CR0.3782
 C Z51R12.281.Z52R12.281.Z53R12.281.Z54R12.281.Z55R-33.30.Z56R-23.04
 C Z57R-36.94.Z58R-16.04.Z59R-44.31.Z5AR-14.20.Z5BR-56.68.Z5CR4.3616
 C Z61R1.1594.Z62R1.1594.Z63R1.1594.Z64R1.1594.Z65R-0.824.Z66R-0.702
 C Z67R-0.536.Z68R-0.504.Z69R-0.643.Z6AR-0.465.Z6BR-0.729.Z6CR0.0533
 C Z71R0.0115.Z72R0.0115.Z73R0.0115.Z74R0.0115.Z75R-0.013.Z76R-0.0007
 C Z77R-0.005.Z78R-0.009.Z79R0.0080.Z7AR-0.002.Z7BR-0.008.Z7CR0.0188
 C Z81R0.0115.Z82R0.0115.Z83R0.0115.Z84R0.0115.Z85R-0.013.Z86R-0.0001
 C Z87R-0.005.Z88R-0.009.Z89R0.0080.Z8AR-0.002.Z8BR-0.008.Z8CR0.0188
 A YISR71.KR-1.255
 A ZISR71.KR0.0024
 A YISR88.KR-67.41
 A ZISR88.KR0.0946
 A YISR91.KR-26.93
 A ZISR91.KR0.0513
 A YISR93.KR-1.810
 A ZISR93.KR0.0034
 A YISR95.KR-17.65
 A ZISR95.KR0.0338
 A YISR15.KR-1.195
 A ZISR15.KR0.0022
 A YISR17.KR-1.073

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 9/15/80

A ZISR17.KR0.0020
 A YISR23.KR-18.12
 A ZISR23.KR0.0343
 A YISR26.KR-0.071
 A ZISR26.KR0.0001
 A HRFC01.KRPR1101.K*ANZYRFC01.K,ZRFC01.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HRFC21.KRPR1102.K*ANZYRFC02.K,ZRFC02.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A OTROS1.KRPR1103.K*ANZYOTROS.K,ZOTROS.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR01.KRPR3103.K*ANZYISR01.K,ZISR01.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR02.KRPR3104.K*ANZYISR02.K,ZISR02.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR03.KRPR3105.K*ANZYISR03.K,ZISR03.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR71.KRPR3107.K*ANZYISR71.K,ZISR71.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR88.KRPR3106.K*ANZYISR88.K,ZISR88.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR91.KRPR3108.K*ANZYISR91.K,ZISR91.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR93.KRPR3109.K*ANZYISR93.K,ZISR93.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR95.KRPR3101.K*ANZYISR95.K,ZISR95.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR15.KRPR3102.K*ANZYISR15.K,ZISR15.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR17.KRPR3110.K*ANZYISR17.K,ZISR17.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR23.KRPR3111.K*ANZYISR23.K,ZISR23.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR26.KRPR3112.K*ANZYISR26.K,ZISR26.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HISR27.KRPR3113.K*ANZYISR27.K,ZISR27.K,P.K,U.K,TIME.KR
 A HIVA04.KRPR3114.K*ANZYIVA04.K,ZIVA04.K,P.K,U.K,TIME.KR
 N HRFC01R0
 N HRFC21R0
 N OTROS1R0
 N HISR01R0
 N HISR02R0
 N HISR03R0
 N HISR71R0
 N HISR88R0
 N HISR91R0
 N HISR93R0
 N HISR95R0
 N HISR15R0
 N HISR17R0
 N HISR23R0
 N HISR26R0
 N HISR27R0
 N HIVA04R0
 A FMA101.KRFORMAZHRFC01.K,COR101.K,CLA101.K,LTF101.KR
 A FMA102.KRFORMAZHRFC21.K,COR102.K,CLA102.K,LTF102.KR
 A FMA103.KRFORMAZOTROS1.K,COR103.K,CLA103.K,LTF103.KR
 A FMA301.KRFORMAZHISR95.K,COR301.K,CLA301.K,LTF301.KR
 A FMA302.KRFORMAZHISR15.K,COR302.K,CLA302.K,LTF302.KR
 A FMA303.KRFORMAZHISR01.K,COR303.K,CLA303.K,LTF303.KR
 A FMA304.KRFORMAZHISR02.K,COR304.K,CLA304.K,LTF304.KR
 A FMA305.KRFORMAZHISR03.K,COR305.K,CLA305.K,LTF305.KR
 A FMA306.KRFORMAZHISR88.K,COR306.K,CLA306.K,LTF306.KR
 A FMA307.KRFORMAZHISR71.K,COR307.K,CLA307.K,LTF307.KR
 A FMA308.KRFORMAZHISR91.K,COR308.K,CLA308.K,LTF308.KR
 A FMA309.KRFORMAZHISR93.K,COR309.K,CLA309.K,LTF309.KR
 A FMA310.KRFORMAZHISR17.K,COR310.K,CLA310.K,LTF310.KR
 A FMA311.KRFORMAZHISR23.K,COR311.K,CLA311.K,LTF311.KR
 A FMA312.KRFORMAZHISR26.K,COR312.K,CLA312.K,LTF312.KR
 A FMA313.KRFORMAZHISR27.K,COR313.K,CLA313.K,LTF313.KR
 A FMA314.KRFORMAZHIVA04.K,COR314.K,CLA314.K,LTF314.KR
 A CORRES.KR0COR101.K+COR102.K+COR103.K+COR301.K+COR302.K+COR303.K+COR
 X1 304.K+COR305.K+COR306.K+COR307.K+COR308.K+COR309.K+COR310.K+COR311

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 9/15/80

X2 .K+CCR312.K+CCR313.K+COR314.K
A CLASIF.KRCLA101.K+CLA102.K+CLA103.K+CLA301.K+CLA302.K+CLA303.K+CLA
X1 304.K+CLA305.K+CLA306.K+CLA307.K+CLA308.K+CLA309.K+CLA310.K+CLA311
X2 .K+CLA312.K+CLA313.K+CLA314.K
A LOT1F1.KRLTF101.K+LTF102.K+LTF103.K+LTF301.K+LTF302.K+LTF303.K+LTF
X1 304.K+LTF305.K+LTF306.K+LTF307.K+LTF308.K+LTF309.K+LTF310.K+LTF311
X2 .K+LTF312.K+LTF313.K+LTF314.K
A CIL101.KRCTEIL1*CENTCA.K CAPACIDAD PARA VALIDAR I.L. MOD1
A CIL301.KRCTEIL3*CENTCA.K CAPACIDAD PARA VALIDAR I.L. MOD3
A CIC101.KRCTEIC1*CIL104.K CAPACIDAD PARA VALIDAR I.C. MOD1
A CIC301.KRCTEIC3*CENTCA.K CAPACIDAD PARA VALIDAR I.C. MOD3
A CAP101.KRCTECOC*IC104.K CAPACIDAD PARA CODIFICAR MODULO 1
A CAP301.KRCCIC315.K CAPACIDAD PARA CODIFICAR MODULO 3
C CTEILR1200
C CTEIL3R18900
C CTEICR3.077
C CTEIC3R18375
C CTECCERO.55
L LOT101.KRLOT101.J+ZDT*FMA101.J-COM1C1.JKQ
L LOT102.KRLOT102.J+ZDT*FMA102.J-COM1C2.JKQ
L LOT103.KRLOT103.J+ZDT*FMA103.J-COM1C3.JKQ
L LOT301.KRLOT301.J+ZDT*FMA301.J-COM3C1.JKQ
L LOT302.KRLOT302.J+ZDT*FMA302.J-COM3C2.JKQ
L LOT303.KRLOT303.J+ZDT*FMA303.J-COM3C3.JKQ
L LOT304.KRLOT304.J+ZDT*FMA304.J-COM3C4.JKQ
L LOT305.KRLOT305.J+ZDT*FMA305.J-COM3C5.JKQ
L LOT306.KRLOT306.J+ZDT*FMA306.J-COM3C6.JKQ
L LOT307.KRLOT307.J+ZDT*FMA307.J-COM3C7.JKQ
L LOT308.KRLOT308.J+ZDT*FMA308.J-COM3C8.JKQ
L LOT309.KRLOT309.J+ZDT*FMA309.J-COM3C9.JKQ
L LOT310.KRLOT310.J+ZDT*FMA310.J-COM31C.JKQ
L LOT311.KRLOT311.J+ZDT*FMA311.J-COM311.JKQ
L LOT312.KRLOT312.J+ZDT*FMA312.J-COM312.JKQ
L LOT313.KRLOT313.J+ZDT*FMA313.J-COM313.JKQ
L LOT314.KRLOT314.J+ZDT*FMA314.J-COM314.JKQ
N LOT101R0
N LOT102R0
N LOT103R0
N LOT301R0
N LOT302R0
N LOT303R0
N LOT304R0
N LOT305R0
N LOT306R0
N LOT307R0
N LOT308R0
N LOT309R0
N LOT310R0
N LOT311R0
N LOT312R0
N LOT313R0
N LOT314R0
L LIL101.KRIL101.J+ZDT*ILP101.JK-ILC101.JKQ
L LIL102.KRIL102.J+ZDT*ILP102.JK-ILC102.JKQ
L LIL103.KRIL103.J+ZDT*ILP103.JK-ILC103.JKQ
L LIL301.KRIL301.J+ZDT*ILP111.JK-ILC301.JKQ
L LIL302.KRIL302.J+ZDT*ILP112.JK-ILC302.JKQ
L LIL303.KRIL303.J+ZDT*ILP113.JK-ILC303.JKQ

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 5/15/80

L LIL304.KAL IL304.J+ZDT#XILP114.JK-ILC304.JKA
 L LIL305.KAL IL305.J+ZDT#XILP115.JK-ILC305.JKA
 L LIL306.KAL IL306.J+ZDT#XILP116.JK-ILC306.JKA
 L LIL307.KAL IL307.J+ZDT#XILP117.JK-ILC307.JKA
 L LIL308.KAL IL308.J+ZDT#XILP118.JK-ILC308.JKA
 L LIL309.KAL IL309.J+ZDT#XILP119.JK-ILC309.JKA
 L LIL310.KAL IL310.J+ZDT#XILP120.JK-ILC310.JKA
 L LIL311.KAL IL311.J+ZDT#XILP121.JK-ILC311.JKA
 L LIL312.KAL IL312.J+ZDT#XILP122.JK-ILC312.JKA
 L LIL313.KAL IL313.J+ZDT#XILP123.JK-ILC313.JKA
 L LIL314.KAL IL314.J+ZDT#XILP124.JK-ILC314.JKA
 N LIL101A0
 N LIL102A0
 N LIL103A0
 N LIL301A0
 N LIL302A0
 N LIL303A0
 N LIL304A0
 N LIL305A0
 N LIL306A0
 N LIL307A0
 N LIL308A0
 N LIL309A0
 N LIL310A0
 N LIL311A0
 N LIL312A0
 N LIL313A0
 N LIL314A0
 L LIC101.KAL IC101.J+ZDT#XICP101.JK-ICC101.JKA
 L LIC102.KAL IC102.J+ZDT#XICP102.JK-ICC102.JKA
 L LIC103.KAL IC103.J+ZDT#XICP103.JK-ICC103.JKA
 L LIC301.KAL IC301.J+ZDT#XICP111.JK-ICC301.JKA
 L LIC302.KAL IC302.J+ZDT#XICP112.JK-ICC302.JKA
 L LIC303.KAL IC303.J+ZDT#XICP113.JK-ICC303.JKA
 L LIC304.KAL IC304.J+ZDT#XICP114.JK-ICC304.JKA
 L LIC305.KAL IC305.J+ZDT#XICP115.JK-ICC305.JKA
 L LIC306.KAL IC306.J+ZDT#XICP116.JK-ICC306.JKA
 L LIC307.KAL IC307.J+ZDT#XICP117.JK-ICC307.JKA
 L LIC308.KAL IC308.J+ZDT#XICP118.JK-ICC308.JKA
 L LIC309.KAL IC309.J+ZDT#XICP119.JK-ICC309.JKA
 L LIC310.KAL IC310.J+ZDT#XICP120.JK-ICC310.JKA
 L LIC311.KAL IC311.J+ZDT#XICP121.JK-ICC311.JKA
 L LIC312.KAL IC312.J+ZDT#XICP122.JK-ICC312.JKA
 L LIC313.KAL IC313.J+ZDT#XICP123.JK-ICC313.JKA
 L LIC314.KAL IC314.J+ZDT#XICP124.JK-ICC314.JKA
 N LIC101A0
 N LIC102A0
 N LIC103A0
 N LIC301A0
 N LIC302A0
 N LIC303A0
 N LIC304A0
 N LIC305A0
 N LIC306A0
 N LIC307A0
 N LIC308A0
 N LIC309A0
 N LIC310A0

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 5/15/80

N LIC31180
 N LIC31280
 N LIC31380
 N LIC31480
 R CCM101.KLRCCDMIJXLOT101.K,CAP 101.K,CAP102.K
 R COM102.KLRCCDMIJXLOT102.K,CAP102.K,CAP103.K
 R COM103.KLRCCDMIJXLOT103.K,CAP103.K,CAP104.K
 R COM301.KLRCCDMIJXLOT301.K,CAP301.K,CAP302.K
 R COM302.KLRCCDMIJXLOT302.K,CAP302.K,CAP303.K
 R COM303.KLRCCDMIJXLOT303.K,CAP303.K,CAP304.K
 R COM304.KLRCCDMIJXLOT304.K,CAP304.K,CAP305.K
 R COM305.KLRCCDMIJXLOT305.K,CAP305.K,CAP306.K
 R COM306.KLRCCDMIJXLOT306.K,CAP306.K,CAP307.K
 R COM307.KLRCCDMIJXLOT307.K,CAP307.K,CAP308.K
 R COM308.KLRCCDMIJXLOT308.K,CAP308.K,CAP309.K
 R COM309.KLRCCDMIJXLOT309.K,CAP309.K,CAP310.K
 R COM310.KLRCCDMIJXLOT310.K,CAP310.K,CAP311.K
 R COM311.KLRCCDMIJXLOT311.K,CAP311.K,CAP312.K
 R COM312.KLRCCDMIJXLOT312.K,CAP312.K,CAP313.K
 R COM313.KLRCCDMIJXLOT313.K,CAP313.K,CAP314.K
 R COM314.KLRCCDMIJXLOT314.K,CAP314.K,CAP315.K
 R IL C101.KLRCCDMIJXL IL 101.K,CIL101.K,CIL102.K
 R IL C102.KLRCCDMIJXL IL 102.K,CIL102.K,CIL103.K
 R IL C103.KLRCCDMIJXL IL 103.K,CIL103.K,CIL104.K
 R IL C301.KLRCCDMIJXL IL 301.K,CIL301.K,CIL302.K
 R IL C302.KLRCCDMIJXL IL 302.K,CIL302.K,CIL303.K
 R IL C303.KLRCCDMIJXL IL 303.K,CIL303.K,CIL304.K
 R IL C304.KLRCCDMIJXL IL 304.K,CIL304.K,CIL305.K
 R IL C305.KLRCCDMIJXL IL 305.K,CIL305.K,CIL306.K
 R IL C306.KLRCCDMIJXL IL 306.K,CIL306.K,CIL307.K
 R IL C307.KLRCCDMIJXL IL 307.K,CIL307.K,CIL308.K
 R IL C308.KLRCCDMIJXL IL 308.K,CIL308.K,CIL309.K
 R IL C309.KLRCCDMIJXL IL 309.K,CIL309.K,CIL310.K
 R IL C310.KLRCCDMIJXL IL 310.K,CIL310.K,CIL311.K
 R IL C311.KLRCCDMIJXL IL 311.K,CIL311.K,CIL312.K
 R IL C312.KLRCCDMIJXL IL 312.K,CIL312.K,CIL313.K
 R IL C313.KLRCCDMIJXL IL 313.K,CIL313.K,CIL314.K
 R IL C314.KLRCCDMIJXL IL 314.K,CIL314.K,CIL315.K
 R ICC101.KLRCCDMIJXLIC101.K,CIC101.K,CIC102.K
 R ICC102.KLRCCDMIJXLIC102.K,CIC102.K,CIC103.K
 R ICC103.KLRCCDMIJXLIC103.K,CIC103.K,CIC104.K
 R ICC301.KLRCCDMIJXLIC301.K,CIC301.K,CIC302.K
 R ICC302.KLRCCDMIJXLIC302.K,CIC302.K,CIC303.K
 R ICC303.KLRCCDMIJXLIC303.K,CIC303.K,CIC304.K
 R ICC304.KLRCCDMIJXLIC304.K,CIC304.K,CIC305.K
 R ICC306.KLRCCDMIJXLIC306.K,CIC306.K,CIC307.K
 R ICC305.KLRCCDMIJXLIC305.K,CIC305.K,CIC308.K
 R ICC307.KLRCCDMIJXLIC307.K,CIC307.K,CIC308.K
 R ICC308.KLRCCDMIJXLIC308.K,CIC308.K,CIC309.K
 R ICC309.KLRCCDMIJXLIC309.K,CIC309.K,CIC310.K
 R ICC310.KLRCCDMIJXLIC310.K,CIC310.K,CIC311.K
 R ICC311.KLRCCDMIJXLIC311.K,CIC311.K,CIC312.K
 R ICC312.KLRCCDMIJXLIC312.K,CIC312.K,CIC313.K
 R ICC313.KLRCCDMIJXLIC313.K,CIC313.K,CIC314.K
 R ICC314.KLRCCDMIJXLIC314.K,CIC314.K,CIC315.K
 A CAT101.KRCEPC1*CCNTCA.K CAPACIDAD PARA PRIMERA CAPTURA
 A CAT201.KRCEPC2*CCNTCA.K CAPACIDAD PARA SEGUNDA CAPTURA
 C CTEPC184 E06

C CT EPC294E06
 A CAT111.KRCAT104.K
 A CAT211.KRCAT204.K
 L COD101.KRCOD101.J.%DT%COM101.JK+ICC101.JK+ILC101.JK-CAM101.JK
 L COD102.KRCOD102.J.%DT%COM102.JK+ICC102.JK+ILC102.JK-CAM102.JK
 L COD103.KRCOD103.J.%DT%COM103.JK+ICC103.JK+ILC103.JK-CAM103.JK
 L COD111.KRCOD111.J.%DT%COM301.JK+ICC301.JK+ILC301.JK-CAM111.JK
 L COD112.KRCOD112.J.%DT%COM302.JK+ICC302.JK+ILC302.JK-CAM112.JK
 L COD113.KRCOD113.J.%DT%COM303.JK+ICC303.JK+ILC303.JK-CAM113.JK
 L COD114.KRCOD114.J.%DT%COM304.JK+ICC304.JK+ILC304.JK-CAM114.JK
 L COD115.KRCOD115.J.%DT%COM305.JK+ICC305.JK+ILC305.JK-CAM115.JK
 L COD116.KRCOD116.J.%DT%COM306.JK+ICC306.JK+ILC306.JK-CAM116.JK
 L COD117.KRCOD117.J.%DT%COM307.JK+ICC307.JK+ILC307.JK-CAM117.JK
 L COD118.KRCOD118.J.%DT%COM308.JK+ICC308.JK+ILC308.JK-CAM118.JK
 L COD119.KRCOD119.J.%DT%COM309.JK+ICC309.JK+ILC309.JK-CAM119.JK
 L COD120.KRCOD120.J.%DT%COM310.JK+ICC310.JK+ILC310.JK-CAM120.JK
 L COD121.KRCOD121.J.%DT%COM311.JK+ICC311.JK+ILC311.JK-CAM121.JK
 L COD122.KRCOD122.J.%DT%COM312.JK+ICC312.JK+ILC312.JK-CAM122.JK
 L COD123.KRCOD123.J.%DT%COM313.JK+ICC313.JK+ILC313.JK-CAM123.JK
 L COD124.KRCOD124.J.%DT%COM314.JK+ICC314.JK+ILC314.JK-CAM124.JK
 N COD101R0
 N COD102R0
 N COD103R0
 N COD111R0
 N COD112R0
 N COD113R0
 N COD114R0
 N COD115R0
 N COD116R0
 N COD117R0
 N COD118R0
 N COD119R0
 N COD120R0
 N COD121R0
 N COD122R0
 N COD123R0
 N COD124R0
 R CAM101.KLRCAPMJ I%COD101.K,A101,CAT101.K,CAT102.K
 R CAM102.KLRCAPMJ I%COD102.K,A102,CAT102.K,CAT103.K
 R CAM103.KLRCAPMJ I%COD103.K,A103,CAT103.K,CAT104.K
 R CAM111.KLRCAPMJ I%COD111.K,A111,CAT111.K,CAT112.K
 R CAM112.KLRCAPMJ I%COD112.K,A112,CAT112.K,CAT113.K
 R CAM113.KLRCAPMJ I%COD113.K,A113,CAT113.K,CAT114.K
 R CAM114.KLRCAPMJ I%COD114.K,A114,CAT114.K,CAT115.K
 R CAM115.KLRCAPMJ I%COD115.K,A115,CAT115.K,CAT116.K
 R CAM116.KLRCAPMJ I%COD116.K,A116,CAT116.K,CAT117.K
 R CAM117.KLRCAPMJ I%COD117.K,A117,CAT117.K,CAT118.K
 R CAM118.KLRCAPMJ I%COD118.K,A118,CAT118.K,CAT119.K
 R CAM119.KLRCAPMJ I%COD119.K,A119,CAT119.K,CAT120.K
 R CAM120.KLRCAPMJ I%COD120.K,A120,CAT120.K,CAT121.K
 R CAM121.KLRCAPMJ I%COD121.K,A121,CAT121.K,CAT122.K
 R CAM122.KLRCAPMJ I%COD122.K,A122,CAT122.K,CAT123.K
 R CAM123.KLRCAPMJ I%COD123.K,A123,CAT123.K,CAT124.K
 R CAM124.KLRCAPMJ I%COD124.K,A124,CAT124.K,CAT125.K
 L PCA101.KRPCA101.J.%DT%CAM101.JK-CAM201.JK
 L PCA102.KRPCA102.J.%DT%CAM102.JK-CAM202.JK
 L PCA103.KRPCA103.J.%DT%CAM103.JK-CAM203.JK
 L PCA111.KRPCA111.J.%DT%CAM111.JK-CAM211.JK

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 9/15/80

L PCA112.KRPPCA112.J 42DT43CAM112.JK-CAM212.JK0
 L PCA113.KRPPCA113.J 42DT43CAM113.JK-CAM213.JK0
 L PCA114.KRPPCA114.J 42DT43CAM114.JK-CAM214.JK0
 L PCA115.KRPPCA115.J 42DT43CAM115.JK-CAM215.JK0
 L PCA116.KRPPCA116.J 42DT43CAM116.JK-CAM216.JK0
 L PCA117.KRPPCA117.J 42DT43CAM117.JK-CAM217.JK0
 L PCA118.KRPPCA118.J 42DT43CAM118.JK-CAM218.JK0
 L PCA119.KRPPCA119.J 42DT43CAM119.JK-CAM219.JK0
 L PCA120.KRPPCA120.J 42DT43CAM120.JK-CAM220.JK0
 L PCA121.KRPPCA121.J 42DT43CAM121.JK-CAM221.JK0
 L PCA122.KRPPCA122.J 42DT43CAM122.JK-CAM222.JK0
 L PCA123.KRPPCA123.J 42DT43CAM123.JK-CAM223.JK0
 L PCA124.KRPPCA124.J 42DT43CAM124.JK-CAM224.JK0
 N PCA101R0
 N PCA102R0
 N PCA103R0
 N PCA111R0
 N PCA112R0
 N PCA113R0
 N PCA114R0
 N PCA115R0
 N PCA116R0
 N PCA117R0
 N PCA118R0
 N PCA119R0
 N PCA120R0
 N PCA121R0
 N PCA122R0
 N PCA123R0
 N PCA124R0

NOTE
 NOTE
 NOTE

SECCION DE CAPTURA 22A CAPTURAD

R CAM201.KLRCPMJ I3PCA101.K,A101,CAT201.K,CAT202.K0
 R CAM202.KLRCPMJ I3PCA102.K,A102,CAT202.K,CAT203.K0
 R CAM203.KLRCPMJ I3PCA103.K,A103,CAT203.K,CAT204.K0
 R CAM211.KLRCPMJ I3PCA111.K,A111,CAT211.K,CAT212.K0
 R CAM212.KLRCPMJ I3PCA112.K,A112,CAT212.K,CAT213.K0
 R CAM213.KLRCPMJ I3PCA113.K,A113,CAT213.K,CAT214.K0
 R CAM214.KLRCPMJ I3PCA114.K,A114,CAT214.K,CAT215.K0
 R CAM215.KLRCPMJ I3PCA115.K,A115,CAT215.K,CAT216.K0
 R CAM216.KLRCPMJ I3PCA116.K,A116,CAT216.K,CAT217.K0
 R CAM217.KLRCPMJ I3PCA117.K,A117,CAT217.K,CAT218.K0
 R CAM218.KLRCPMJ I3PCA118.K,A118,CAT218.K,CAT219.K0
 R CAM219.KLRCPMJ I3PCA119.K,A119,CAT219.K,CAT220.K0
 R CAM220.KLRCPMJ I3PCA120.K,A120,CAT220.K,CAT221.K0
 R CAM221.KLRCPMJ I3PCA121.K,A121,CAT221.K,CAT222.K0
 R CAM222.KLRCPMJ I3PCA122.K,A122,CAT222.K,CAT223.K0
 R CAM223.KLRCPMJ I3PCA123.K,A123,CAT223.K,CAT224.K0
 R CAM224.KLRCPMJ I3PCA124.K,A124,CAT224.K,CAT225.K0
 C A101R230,A111R157,A114R213,A117R092,A120R157,A123R157
 A102R230,A112R157,A115R365,A118R157,A121R157,A124R157
 C A103R203,A113R157,A116R157,A119R157,A122R157,
 R INL101.KLRPIL101.K*CAM201.JK
 R INL102.KLRPIL102.K*CAM202.JK
 R INL103.KLRPIL103.K*CAM203.JK
 R INL111.KLRPIL111.K*CAM211.JK
 R INL112.KLRPIL112.K*CAM212.JK

R INL113.KLRPIL113.K*CAM213.JK
R INL114.KLRPIL114.K*CAM214.JK
R INL115.KLRPIL115.K*CAM215.JK
R INL116.KLRPIL116.K*CAM216.JK
R INL117.KLRPIL117.K*CAM217.JK
R INL118.KLRPIL118.K*CAM218.JK
R INL119.KLRPIL119.K*CAM219.JK
R INL120.KLRPIL120.K*CAM220.JK
R INL121.KLRPIL121.K*CAM221.JK
R INL122.KLRPIL122.K*CAM222.JK
R INL123.KLRPIL123.K*CAM223.JK
R INL124.KLRPIL124.K*CAM224.JK
R INC101.KLRPIC101.K*CAM201.JK
R INC102.KLRPIC102.K*CAM202.JK
R INC103.KLRPIC103.K*CAM203.JK
R INC111.KLRPIC111.K*CAM211.JK
R INC112.KLRPIC112.K*CAM212.JK
R INC113.KLRPIC113.K*CAM213.JK
R INC114.KLRPIC114.K*CAM214.JK
R INC115.KLRPIC115.K*CAM215.JK
R INC116.KLRPIC116.K*CAM216.JK
R INC117.KLRPIC117.K*CAM217.JK
R INC118.KLRPIC118.K*CAM218.JK
R INC119.KLRPIC119.K*CAM219.JK
R INC120.KLRPIC120.K*CAM220.JK
R INC121.KLRPIC121.K*CAM221.JK
R INC122.KLRPIC122.K*CAM222.JK
R INC123.KLRPIC123.K*CAM223.JK
R INC124.KLRPIC124.K*CAM224.JK
L AMA101.KRAMA101.J*%DT%CAM201.JK-INC101.JK-INL101.JK
L AMA102.KRAMA102.J*%DT%CAM202.JK-INC102.JK-INL102.JK
L AMA103.KRAMA103.J*%DT%CAM203.JK-INC103.JK-INL103.JK
L AMA301.KRAMA301.J*%DT%CAM211.JK-INC111.JK-INL111.JK
L AMA302.KRAMA302.J*%DT%CAM212.JK-INC112.JK-INL112.JK
L AMA303.KRAMA303.J*%DT%CAM213.JK-INC113.JK-INL113.JK
L AMA304.KRAMA304.J*%DT%CAM214.JK-INC114.JK-INL114.JK
L AMA305.KRAMA305.J*%DT%CAM215.JK-INC115.JK-INL115.JK
L AMA306.KRAMA306.J*%DT%CAM216.JK-INC116.JK-INL116.JK
L AMA307.KRAMA307.J*%DT%CAM217.JK-INC117.JK-INL117.JK
L AMA308.KRAMA308.J*%DT%CAM218.JK-INC118.JK-INL118.JK
L AMA309.KRAMA309.J*%DT%CAM219.JK-INC119.JK-INL119.JK
L AMA310.KRAMA310.J*%DT%CAM220.JK-INC120.JK-INL120.JK
L AMA311.KRAMA311.J*%DT%CAM221.JK-INC121.JK-INL121.JK
L AMA312.KRAMA312.J*%DT%CAM222.JK-INC122.JK-INL122.JK
L AMA313.KRAMA313.J*%DT%CAM223.JK-INC123.JK-INL123.JK
L AMA314.KRAMA314.J*%DT%CAM224.JK-INC124.JK-INL124.JK
N AMA101RO
N AMA102RO
N AMA103RO
N AMA301RO
N AMA302RO
N AMA303RO
N AMA304RO
N AMA305RO
N AMA306RO
N AMA307RO
N AMA308RO
N AMA309RO

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 5/15/60

N AMA310RO
 N AMA311RO
 N AMA312RO
 N AMA313RO
 N AMA314RO
 L LOG101.KALOG101.J%ZDT%Z INL 101.JK- ILP101.JK0
 L LOG102.KALOG102.J%ZDT%Z INL 102.JK- ILP102.JK0
 L LOG103.KALOG103.J%ZDT%Z INL 103.JK- ILP103.JK0
 L LOG111.KALOG111.J%ZDT%Z INL 111.JK- ILP111.JK0
 L LOG112.KALOG112.J%ZDT%Z INL 112.JK- ILP112.JK0
 L LOG113.KALOG113.J%ZDT%Z INL 113.JK- ILP113.JK0
 L LOG114.KALOG114.J%ZDT%Z INL 114.JK- ILP114.JK0
 L LOG115.KALOG115.J%ZDT%Z INL 115.JK- ILP115.JK0
 L LOG116.KALOG116.J%ZDT%Z INL 116.JK- ILP116.JK0
 L LOG117.KALOG117.J%ZDT%Z INL 117.JK- ILP117.JK0
 L LOG118.KALOG118.J%ZDT%Z INL 118.JK- ILP118.JK0
 L LOG119.KALOG119.J%ZDT%Z INL 119.JK- ILP119.JK0
 L LOG120.KALOG120.J%ZDT%Z INL 120.JK- ILP120.JK0
 L LOG121.KALOG121.J%ZDT%Z INL 121.JK- ILP121.JK0
 L LOG122.KALOG122.J%ZDT%Z INL 122.JK- ILP122.JK0
 L LOG123.KALOG123.J%ZDT%Z INL 123.JK- ILP123.JK0
 L LOG124.KALOG124.J%ZDT%Z INL 124.JK- ILP124.JK0
 N LOG101RO
 N LOG102RO
 N LOG103RO
 N LOG111RO
 N LOG112RO
 N LOG113RO
 N LOG114RO
 N LOG115RO
 N LOG116RO
 N LOG117RO
 N LOG118RO
 N LOG119RO
 N LOG120RO
 N LOG121RO
 N LOG122RO
 N LOG123RO
 N LOG124RO
 L CNF101.KACNF101.J%ZDT%Z INC 101.JK- ICP101.JK0
 L CNF102.KACNF102.J%ZDT%Z INC 102.JK- ICP102.JK0
 L CNF103.KACNF103.J%ZDT%Z INC 103.JK- ICP103.JK0
 L CNF111.KACNF111.J%ZDT%Z INC 111.JK- ICP111.JK0
 L CNF112.KACNF112.J%ZDT%Z INC 112.JK- ICP112.JK0
 L CNF113.KACNF113.J%ZDT%Z INC 113.JK- ICP113.JK0
 L CNF114.KACNF114.J%ZDT%Z INC 114.JK- ICP114.JK0
 L CNF115.KACNF115.J%ZDT%Z INC 115.JK- ICP115.JK0
 L CNF116.KACNF116.J%ZDT%Z INC 116.JK- ICP116.JK0
 L CNF117.KACNF117.J%ZDT%Z INC 117.JK- ICP117.JK0
 L CNF118.KACNF118.J%ZDT%Z INC 118.JK- ICP118.JK0
 L CNF119.KACNF119.J%ZDT%Z INC 119.JK- ICP119.JK0
 L CNF120.KACNF120.J%ZDT%Z INC 120.JK- ICP120.JK0
 L CNF121.KACNF121.J%ZDT%Z INC 121.JK- ICP121.JK0
 L CNF122.KACNF122.J%ZDT%Z INC 122.JK- ICP122.JK0
 L CNF123.KACNF123.J%ZDT%Z INC 123.JK- ICP123.JK0
 L CNF124.KACNF124.J%ZDT%Z INC 124.JK- ICP124.JK0
 N CNF101RO
 N CNF102RO

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 9/15/60

N CNF103R0
 N CNF111R0
 N CNF112R0
 N CNF113R0
 N CNF114R0
 N CNF115R0
 N CNF116R0
 N CNF117R0
 N CNF118R0
 N CNF119R0
 N CNF120R0
 N CNF121R0
 N CNF122R0
 N CNF123R0
 N CNF124R0
 R ICP101.KLAPULSE%CNF101.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP102.KLAPULSE%CNF102.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP103.KLAPULSE%CNF103.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP111.KLAPULSE%CNF111.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP112.KLAPULSE%CNF112.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP113.KLAPULSE%CNF113.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP114.KLAPULSE%CNF114.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP115.KLAPULSE%CNF115.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP116.KLAPULSE%CNF116.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP117.KLAPULSE%CNF117.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP118.KLAPULSE%CNF118.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP119.KLAPULSE%CNF119.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP120.KLAPULSE%CNF120.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP121.KLAPULSE%CNF121.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP122.KLAPULSE%CNF122.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP123.KLAPULSE%CNF123.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ICP124.KLAPULSE%CNF124.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP101.KLAPULSE%LOG101.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP102.KLAPULSE%LOG102.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP103.KLAPULSE%LOG103.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP111.KLAPULSE%LOG111.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP112.KLAPULSE%LOG112.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP113.KLAPULSE%LOG113.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP114.KLAPULSE%LOG114.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP115.KLAPULSE%LOG115.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP116.KLAPULSE%LOG116.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP117.KLAPULSE%LOG117.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP118.KLAPULSE%LOG118.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP119.KLAPULSE%LOG119.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP120.KLAPULSE%LOG120.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP121.KLAPULSE%LOG121.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP122.KLAPULSE%LOG122.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP123.KLAPULSE%LOG123.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 R ILP124.KLAPULSE%LOG124.K,NORMRN%10,30,NORMRN%10,300
 A PIL101.KR%NORMRN%0.25,0.0500
 A PIL102.KR%NORMRN%0.25,0.0500
 A PIL103.KR%NORMRN%0.25,0.0500
 A PIL111.KR%NORMRN%0.25,0.0500
 A PIL112.KR%NORMRN%0.25,0.0500
 A PIL113.KR%NORMRN%0.25,0.0500
 A PIL114.KR%NORMRN%0.25,0.0500
 A PIL115.KR%NORMRN%0.25,0.0500
 A PIL116.KR%NORMRN%0.25,0.0500

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 5/15/80

A PIL 117.KRZNORMRNZC.25.0.C500
 A PIL 118.KRZNORMRNZC.25.0.C500
 A PIL 119.KRZNORMRNZC.25.0.C500
 A PIL 120.KRZNORMRNZC.25.0.C500
 A PIL 121.KRZNORMRNZC.25.0.C500
 A PIL 122.KRZNORMRNZC.25.0.C500
 A PIL 123.KRZNORMRNZC.25.0.C500
 A PIL 124.KRZNORMRNZC.25.0.C500
 A PIC101.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC102.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC103.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC111.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC112.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC113.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC114.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC115.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC116.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC117.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC118.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC119.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC120.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC121.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC122.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC123.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 A PIC124.KRZNORMRNZC.15.0.C33300
 L AMS 101.KRAMS 101.J+CAM201.JK-INL 101.JK-INC 101.JK-PULSE%AMS101.J.0,50
 L AMS 102.KRAMS 102.J+CAM202.JK-INL 102.JK-INC 102.JK-PULSE%AMS102.J.0,50
 L AMS 103.KRAMS 103.J+CAM203.JK-INL 103.JK-INC 103.JK-PULSE%AMS103.J.0,50
 L AMS 301.KRAMS 301.J+CAM211.JK-INL 111.JK-INC 111.JK-PULSE%AMS301.J.0,50
 L AMS 302.KRAMS 302.J+CAM212.JK-INL 112.JK-INC 112.JK-PULSE%AMS302.J.0,50
 L AMS 303.KRAMS 303.J+CAM213.JK-INL 113.JK-INC 113.JK-PULSE%AMS303.J.0,50
 L AMS 304.KRAMS 304.J+CAM214.JK-INL 114.JK-INC 114.JK-PULSE%AMS304.J.0,50
 L AMS 305.KRAMS 305.J+CAM215.JK-INL 115.JK-INC 115.JK-PULSE%AMS305.J.0,50
 L AMS 306.KRAMS 306.J+CAM216.JK-INL 116.JK-INC 116.JK-PULSE%AMS306.J.0,50
 L AMS 307.KRAMS 307.J+CAM217.JK-INL 117.JK-INC 117.JK-PULSE%AMS307.J.0,50
 L AMS 308.KRAMS 308.J+CAM218.JK-INL 118.JK-INC 118.JK-PULSE%AMS308.J.0,50
 L AMS 309.KRAMS 309.J+CAM219.JK-INL 119.JK-INC 119.JK-PULSE%AMS309.J.0,50
 L AMS 310.KRAMS 310.J+CAM220.JK-INL 120.JK-INC 120.JK-PULSE%AMS310.J.0,50
 L AMS 311.KRAMS 311.J+CAM221.JK-INL 121.JK-INC 121.JK-PULSE%AMS311.J.0,50
 L AMS 312.KRAMS 312.J+CAM222.JK-INL 122.JK-INC 122.JK-PULSE%AMS312.J.0,50
 L AMS 313.KRAMS 313.J+CAM223.JK-INL 123.JK-INC 123.JK-PULSE%AMS313.J.0,50
 L AMS 314.KRAMS 314.J+CAM224.JK-INL 124.JK-INC 124.JK-PULSE%AMS314.J.0,50
 N AMS 101R0
 N AMS 102R0
 N AMS 103R0
 N AMS 301R0
 N AMS 302R0
 N AMS 303R0
 N AMS 304R0
 N AMS 305R0
 N AMS 306R0
 N AMS 307R0
 N AMS 308R0
 N AMS 309R0
 N AMS 310R0
 N AMS 311R0
 N AMS 312R0
 N AMS 313R0

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 9/15/80

A AMS314R0
R ARFC01.KLRARFC01.JK+HRFC01.K-PULSEXARFC01.JK,1,50
R ARFC21.KLRARFC21.JK+HRFC21.K-PULSEXARFC21.JK,1,50
R ADTROS.KLRADTROS.JK+OTROS1.K-PULSEXAGTROS.JK,1,50
R AISR01.KLRAISR01.JK+HISR01.K-PULSEXAI SR01.JK,1,50
R AISR02.KLRAISR02.JK+HISR02.K-PULSEXAI SR02.JK,1,50
R AISR03.KLRAISR03.JK+HISR03.K-PULSEXAI SR03.JK,1,50
R AISR71.KLRAISR71.JK+HISR71.K-PULSEXAI SR71.JK,1,50
R AISR88.KLRAISR88.JK+HISR88.K-PULSEXAI SR88.JK,1,50
R AISR91.KLRAISR91.JK+HISR91.K-PULSEXAI SR91.JK,1,50
R AISR93.KLRAISR93.JK+HISR93.K-PULSEXAI SR93.JK,1,50
R AISR95.KLRAISR95.JK+HISR95.K-PULSEXAI SR95.JK,1,50
R AISR15.KLRAISR15.JK+HISR15.K-PULSEXAI SR15.JK,1,50
R AISR17.KLRAISR17.JK+HISR17.K-PULSEXAI SR17.JK,1,50
R AISR23.KLRAISR23.JK+HISR23.K-PULSEXAI SR23.JK,1,50
R AISR26.KLRAISR26.JK+HISR26.K-PULSEXAI SR26.JK,1,50
R AISR27.KLRAISR27.JK+HISR27.K-PULSEXAI SR27.JK,1,50
R AIVA04.KLRAIVA04.JK+HIVA04.K-PULSEXAI VA04.JK,1,50
N ARFC01R0
N ARFC21R0
N ADTRCSR0
N AISR01R0
N AISR02R0
N AISR03R0
N AISR71R0
N AISR88R0
N AISR91R0
N AISR93R0
N AISR95R0
N AISR15R0
N AISR17R0
N AISR23R0
N AISR26R0
N AISR27R0
N AIVA04R0

NCTE

NOTE TOTALES MCCULC 1

NCTE

A TCTC01.KRARFC01.JK+RRC01.K+ARFC21.JK+HRFC21.K+ADTROS.JK+OTROS1.K
A TOTAC1.KRAUX1.JK+DT+TOTD01.K
N TCTAC1R0
R AUX1.KLRTCTAC1.K
A TOTL01.KALOT101.K+LOT102.K+LOT103.K
A TOTC01.KACOD101.K+COD102.K+COD103.K
A TOTPC1.KRPCA101.K+PCA102.K+PCA103.K
A TOTLG1.KRLOG101.K+LOG102.K+LOG103.K
A TOTCN1.KACNF101.K+CNF102.K+CNF103.K
A TGTLL1.KRLL101.K+L102.K+L103.K
A TOTLC1.KRLIC101.K+LIC102.K+LIC103.K
A TOTMA1.KRAMA101.K+AMA102.K+AMA103.K
A TOTMS1.KRAMS101.K+AMS102.K+AMS103.K

NOTE

NCTE TOTALES MCCULC 3

A TOTDC3.KRAISR01.JK+HISR01.K+AI SR02.JK+HISR02.K+AI SR03.JK+HISR03.K
X1 AISR71.JK+HISR71.K+AI SR88.JK+HISR88.K+AI SR91.JK+HISR91.K+AI SR93.JK
X2 +HISR93.K+AI SR95.JK+HISR95.K+AI SR15.JK+HISR15.K+AI SR17.JK+HISR17.K
X3 +AI SR23.JK+HISR23.K+AI SR26.JK+HISR26.K+AI SR27.JK+HISR27.K+AI VA04.
X4 K+HIVA04.K

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 5/15/86

A TOTAC3.KRAUX3.JK+TOTDQ3.K
N TOTAC3RO
R AUX3.KLRCTAC3.K
A TOTL03.KRLOT301.K+LOT302.K+LOT303.K+LOT304.K+LOT305.K+LOT306.K+LOT
X1 307.K+LOT308.K+LOT309.K+LOT310.K+LOT311.K+LOT312.K+LOT313.K+LOT314
X2 .K
A TOTCO3.KRCOD111.K+COD112.K+COD113.K+COD114.K+COD115.K+COD116.K+COD
X1 117.K+COD118.K+COD119.K+COD120.K+COD121.K+COD122.K+COD123.K+COD124
X2 .K
A TOTPC3.KRPPCA111.K+PCA112.K+PCA113.K+PCA114.K+PCA115.K+PCA116.K+PCA
X1 117.K+PCA118.K+PCA119.K+PCA120.K+PCA121.K+PCA122.K+PCA123.K+PCA124
X2 .K
A TOTLG3.KRLCG111.K+LOG112.K+LOG113.K+LOG114.K+LOG115.K+LOG116.K+LOG
X1 117.K+LOG118.K+LOG119.K+LOG120.K+LOG121.K+LOG122.K+LOG123.K+LOG124
X2 .K
A TOTCN3.KRCNF111.K+CNF112.K+CNF113.K+CNF114.K+CNF115.K+CNF116.K+CNF
X1 117.K+CNF118.K+CNF119.K+CNF120.K+CNF121.K+CNF122.K+CNF123.K+CNF124
X2 .K
A TOTLC3.KRLIC301.K+LIC302.K+LIC303.K+LIC304.K+LIC305.K+LIC306.K+LIC
X1 307.K+LIC308.K+LIC309.K+LIC310.K+LIC311.K+LIC312.K+LIC313.K+LIC314
X2 .K
A TOTLL3.KRLIL301.K+LIL302.K+LIL303.K+LIL304.K+LIL305.K+LIL306.K+LIL
X1 307.K+LIL308.K+LIL309.K+LIL310.K+LIL311.K+LIL312.K+LIL313.K+LIL314
X2 .K
A TOTMS3.KRAMS301.K+AMS302.K+AMS303.K+AMS304.K+AMS305.K+AMS306.K+AMS
X1 307.K+AMS308.K+AMS309.K+AMS310.K+AMS311.K+AMS312.K+AMS313.K+AMS314
X2 .K
A TOTMA3.KRAMA301.K+AMA302.K+AMA303.K+AMA304.K+AMA305.K+AMA306.K+AMA
X1 307.K+AMA308.K+AMA309.K+AMA310.K+AMA311.K+AMA312.K+AMA313.K+AMA314
X2 .K
A TOTCC.KRTOTC01.K+TOTCC3.K
A TOTACU.KRTOTAC1.K+TOTAC3.K
A TOTLOT.KRTOTL01.K+TOTL03.K
A TOTCC.KRTOTC01.K+TOTC03.K
A TOTPCA.KRTOTPC1.K+TOTPC3.K
A TOTLOG.KRTOTLG1.K+TOTLG3.K
A TCTCNF.KRTCTCN1.K+TOTCN3.K
A TOTLIL.KRTCTLL1.K+TOTLL3.K
A TOTAMA.KRTOTMA1.K+TOTMA3.K
A TOTAMS.KRTCTMS1.K+TOTMS3.K
A TOTLIC.KRTOTLC1.K+TOTLC3.K
X1 TT.KR3+TT1.K+2*TT2.K+1.667*2*TT3.K+1.667*3*TT4.K+0.416*4*TT5.K+0.
250
A TT1.KR1+T1.K*XTIME.K+10
A TT2.KR1+T2.K*XTIME.K+10
A TT3.KR1+T3.K*XTIME.K+10
A TT4.KR1+T4.K*XTIME.K+10
A TT5.KR1+T5.K*XTIME.K+10
L T1.KRT1.J+CT+2*TOILOT.J/TAUX1.J*+10
L T2.KRT2.J+CT+2*TOICOD.J/TAUX2.J*+10
L T3.KRT3.J+CT+2*TOITPCA.J/TAUX3.J*+10
L T4.KRT4.J+CT+2*TOTLIL.J/TAUX4.J*+10
L T5.KRT5.J+CT+2*TOTLIC.J/TAUX5.J*+10
N T1R0
N T2R0
N T3R0
N T4R0
N T5R0

SIMULACION DEL PROCESO DE CAPTURA 8/25/80

A TAUX1.K9CLIP31E06,TOTCOM.K,0,TOTCOM.KH
A TAUX2.K9CLIP31E06,TOTCA1.K,0,TOTCA1.KH
A TAUX3.K9CLIP31E06,TOTCA2.K,0,TOTCA2.KH
A TAUX4.K9CLIP31E06,TOTILC.K,0,TOTILC.KH
A TAUX5.K9CLIP31E06,TOTICC.K,0,TOTICC.KH
A TOTCOM.KRCOM101.JK+COM102.JK+COM103.JK+COM301.JK+COM302.JK+COM303.
X1 JK+COM304.JK+COM305.JK+COM306.JK+COM307.JK+COM308.JK+COM309.JK+COM
X2 310.JK+COM311.JK+COM312.JK+COM313.JK+COM314.JK
A TOTCA1.KRCAM101.JK+CAM102.JK+CAM103.JK+CAM111.JK+CAM112.JK+CAM113.
X1 JK+CAM114.JK+CAM115.JK+CAM116.JK+CAM117.JK+CAM118.JK+CAM119.JK+CAM
X2 120.JK+CAM121.JK+CAM122.JK+CAM123.JK+CAM124.JK
A TOTCA2.KRCAM201.JK+CAM202.JK+CAM203.JK+CAM211.JK+CAM212.JK+CAM213.
X1 JK+CAM214.JK+CAM215.JK+CAM216.JK+CAM217.JK+CAM218.JK+CAM219.JK+CAM
X2 220.JK+CAM221.JK+CAM222.JK+CAM223.JK+CAM224.JK
A TOTILC.KRILC101.JK+ILC102.JK+ILC103.JK+ILC301.JK+ILC302.JK+ILC303.
X1 JK+ILC304.JK+ILC305.JK+ILC306.JK+ILC307.JK+ILC308.JK+ILC309.JK+ILC
X2 310.JK+ILC311.JK+ILC312.JK+ILC313.JK+ILC314.JK
A TOTICC.KRICC101.JK+ICC102.JK+ICC103.JK+ICC301.JK+ICC302.JK+ICC303.
X1 JK+ICC304.JK+ICC305.JK+ICC306.JK+ICC307.JK+ICC308.JK+ICC309.JK+ICC
X2 310.JK+ICC311.JK+ICC312.JK+ICC313.JK+ICC314.JK
PRINT 1070,00TGT00/2070,00TGTAGU/3070,00CORRES/4070,00CLASIF/5070,00LDT
X1 IF/6070,00GTLET/7070,00TTLIL/8070,00TOTLIC/9070,00TOTCOM/10070,
X2 00TOTPCA/11070,00TOTAMS/12070,00TOTAMR/13070/14070
PLOT TOTCCRA,TOTACURA
PLOT CORRESA,CLASIFRA,LOTIFIRC
PLOT TOTLTRA,CAP104RB,CAP315RC
PLOT TOTILRA,CIL104RB,CIL315RC
PLOT TOTLICRA,CIC104RB,CIC315RC
PLOT TOTCCRA,CAT125RB,CAT225RC
PLOT TOTPCARA,TOTLCSRB,TOTCFRC
PLOT TOTAMRA,TOTAMARB
PLOT TT19T
PLOT TT29T
PLOT TT39T
PLOT TT49T
PLOT TT59T
SPEC DTR1 OIA
SPEC PLTPERR5
SPEC PRTPERR5
SPEC LENGTHR258
RUN CAMBIOS EN LA CAPACIDAD DE CAPTURA 20ISH0

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

BURROUGHS, Corporation.
DYNAMO Users Manual
Burroughs Corporation
Detroit, Michigan 1975

DRAPER, Norman & SMITH H.
Applied Regression Analysis
John Wiley & Sons
New York, New York 1966

FIERRO, Leobardo
Aplicación de la Teoría de Gráficas a las Cadenas Markovianas
Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería
DEPFI UNAM MEXICO, D. F. 1980

HARRIS, Bernard
Theory of Probability
Addison-Wesley
Reading, Massachusetts 1966

JOHNSTONE, J.
Econometric Methods
McGraw Hill
New York, New York 1972

PARZEN, Emmanuel
Stochastic Processes
Holden-Day
St. Francisco - Calif. 1962

FRITSKER, Alan B. & PEGDEN, Claude D.

Introduction to Simulation and SLAM

John Wiley & Sons

West Lafayette, Indiana 1979

PUGH III, Alexander L.

DYNAMO Users Manual

M.I.T. Press

Cambridge, Massachusetts 1970

SCHRIBER, Thomas J.

Simulation Using GPSS

John Wiley & Sons

New York, New York 1974

SHANNON, Robert E.

Systems Simulation: the Art and Science

Prentice - Hall

Englewood Cliffs, N. J. 1975

TAHA, Hamdy A.

Operations Research: an Introduction

Coller Macmillan

New York, New York 1976