



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

GUADALAJARA

LA SIMULACION COMO HERRAMIENTA PARA  
DETERMINAR LA SECUENCIA DEL PROGRAMA DE  
PRODUCCION DE UNA EMPRESA QUIMICA

HECTOR GOMEZ ESPINOSA

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
LICENCIADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL CON RECONOCI-  
MIENTO DE VALIDEZ OFICIAL DE ESTUDIOS DE LA  
SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA, SEGUN  
ACUERDO NUMERO 81692 CON FECHA 17-XII-81.

Zapopan, Jal., 27 de Noviembre de 1982

TE AT

CLASIF: ~~7-658-403-5~~ GOM. 1992 EJ 1  
ADQUIS: 9767  
FECHA: 11-XII-92  
DONATIVO DE. \_\_\_\_\_  
\$ \_\_\_\_\_

EX LIBRIS U. P.  
LIBRO DE CONSULTA  
NO DEBE SALIR DE  
ESTA SALA



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**GUADALAJARA**

**LA SIMULACION COMO HERRAMIENTA PARA  
DETERMINAR LA SECUENCIA DEL PROGRAMA DE  
PRODUCCION DE UNA EMPRESA QUIMICA**

**HECTOR GOMEZ ESPINOSA**

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
LICENCIADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL CON RECONOCI-  
MIENTO DE VALIDEZ OFICIAL DE ESTUDIOS DE LA  
SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA, SEGUN  
ACUERDO NUMERO 81692 CON FECHA 17-XII-81.

Zapopan, Jal., 27 de Noviembre de 1992



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

GUADALAJARA

PROLONGACION CALZADA CIRCUNVALACION PCNIENTE No. 49

CD. GRANJA

45010 ZAPOCAN, JAL.

TELS. 27-12-09, 27-13-31 Y 27-19-03

## DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACION

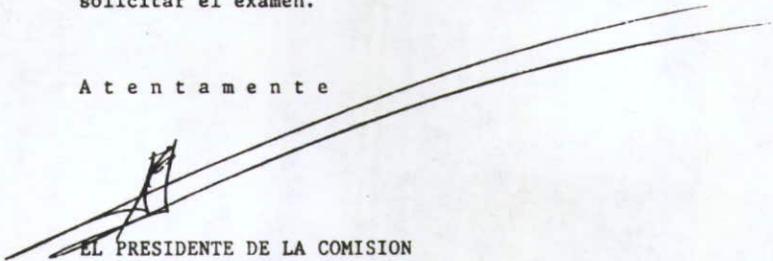
HECTOR GOMEZ ESPINOSA

P r e s e n t e

En mi calidad de Presidente de la Comisión de Exámenes Profesionales y después de haber analizado el trabajo de titulación en la alternativa TESIS titulado LA SIMULACION COMO HERRAMIENTA PARA DETERMINAR LA SECUENCIA DEL PROGRAMA DE PRODUCCION DE UNA EMPRESA QUIMICA.

presentado por usted, le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen Profesional, por lo que deberá entregar diez ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

A t e n t a m e n t e



EL PRESIDENTE DE LA COMISION

Zapopan, Jal. Septiembre 21 de 1992



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**GUADALAJARA**

**La Simulación como Herramienta para  
Determinar la Secuencia del Programa de  
Producción de una Empresa Química.**

**Héctor Gómez Espinosa**

**Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en  
Ingeniería Industrial con reconocimiento de Validez Oficial de  
Estudios de la SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA,  
según acuerdo número 81692 con fecha 17-XII-81.**

**Zapopan, Jal., 27 de noviembre de 1992.**



## INDICE

	Página
INTRODUCCION	i
CAPITULO 1	
LA SIMULACION	1
1.1 Definición de Sistema.	2
1.2 Definición de Modelo.	2
1.2.1 Función de los modelos.	4
1.2.2 Clasificación de los modelos de simulación.	7
1.3 Definición de simulación.	12
1.4 Historia de la simulación.	13
1.5 Ventajas y desventajas de la simulación.	14
1.6 Aplicaciones de la simulación.	21
CAPITULO 2	
LENGUAJES Y TECNICAS DE SIMULACION	25
2.1 Lenguajes de simulación.	26
2.1.1 Objetivos y ventajas de un lenguaje de simulación.	26
2.1.2 Conceptos preliminares de un modelo de simulación.	27
2.2 Introducción a SLAM II.	28
2.2.1 Instrucciones en un Omodelo SLAM II.	31
2.3 Fundamentos del modelado.	32
2.4 Metodología general de la simulación.	33
CAPITULO 3	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	42
3.1 Generalidades de la empresa y sus productos.	43
3.2 Definición del problema.	43
3.3 Límites del problema.	48
CAPITULO 4	
ELABORACION DEL SISTEMA PARA EL USO DEL MODELO DE SIMULACION	50
4.1 Generalidades del sistema.	51
4.2 Obtención de datos.	64
4.3 Construcción del modelo.	64
4.4 Construcción de la base de datos.	77
4.5 Validación.	77
CAPITULO 5	
RESULTADOS	95
5.1 Presentación de opciones de producción.	96
5.2 Validación de la forma óptima de producción.	97
5.2.1 Operación actual.	97
5.2.2 Analisis de las opciones de producción.	98
5.3 Análisis económico.	101
5.4 Conclusiones acerca del uso de esta herramienta	103
CONCLUSIONES	105
ANEXO 1	108
Reportes de resultados del programa de despliegue de datos de las diferentes opciones de producción.	

ANEXO 2	
Muestra de reporte de Output de SLAM II de las diferentes opciones de producción.	133
BIBLIOGRAFIA GENERAL	157
GLOSARIO	160



## **INTRODUCCION**

En el presente trabajo se analiza de manera objetiva el problema de producción existente en una empresa química. Se examinan los problemas actuales de producción, se estudian sus causas y se plantea una solución que tiende a minimizar las fallas y por lo tanto a hacer mas eficiente la planta productiva.

La solución planteada, se elaboró con base en un minucioso estudio del proceso de fabricación de los diferentes ácidos grasos elaborados dentro de la planta.

Los datos obtenidos en este estudio del proceso de producción, reflejaron que el problema consistía en encontrar la forma de dar una secuencia óptima a los lotes de producción para su proceso. Con esto, se abatirían los tiempos muertos en la utilización del equipo, dando como consecuencia un aumento en la productividad de la planta.

Mediante la utilización del sistema propuesto en este estudio, se bajarían considerablemente los costos originados por retrasos, sub-utilización y gastos de limpieza de maquinaria y equipo. Esto provocaría un aumento en la eficiencia de la capacidad de producción de la planta, además de que permitiría evaluarla realmente, y elaborar el programa de producción óptimo.

La importancia de este trabajo reside en su caracter de innovación. En nuestro país los estudios realizados en materia de simulación por computadoras son muy escasos, por lo que en este estudio se aborda un tema que, si bién tiene poca difusión, es una valiosa herramienta que empleada adecuadamente, contribuye al mejoramiento de la productividad de cualquier asociación o grupo industrial.

El presente estudio se encuentra enmarcado en el área de Investigación de Operaciones o Administración Científica, empleando ramas de la Estadística, Planeación de la Producción y por supuesto de la Simulación por Computadoras.

Se enfoca principalmente como ya se dijo, a aumentar la productividad en el proceso de producción de una empresa química utilizando una base de datos y un modelo matemático en el cuál se hace una representación del proceso de producción.

Los métodos utilizados en la elaboración de este trabajo serán:

- 1 Método Descriptivo: para definir el funcionamiento y operación del modelo,
- 2 Método Documental: que respaldará la teoría que existe detrás de la simulación y la recopilación de los datos empleados para la representación del proceso de elaboración de los diferentes productos.

En el capítulo uno de este estudio, se hace una definición de la parte teórica que existe detrás de la simulación, enfocandonos no a un lenguaje de simulación específicamente, sino a la simulación en general. Se hace también una breve historia de como ha ido evolucionando la simulación en sí, con sus ventajas y desventajas, así como los campos de la ciencia en los que se aplica actualmente.

En el segundo capítulo se hace una descripción de lo que son los lenguajes de simulación y entramos a definir la metodología general de la simulación.

Es decir, que no importando el lenguaje de simulación de que se trate, se explican los pasos necesarios para lograr buenos resultados en la realización de un estudio de este tipo.

Al final del capítulo, se da una introducción al lenguaje SLAM II, que es el lenguaje utilizado en la codificación del modelo de simulación del proceso de producción al que se refiere este estudio. Dentro de esta introducción se definen y describen brevemente los principales comandos e instrucciones que componen este lenguaje.

En el tercer capítulo se plantea el problema existente en la empresa química, dando datos generales de la operación de ésta, así como también la definición del proceso de producción a detalle para cada producto.

En este capítulo también se definen los límites del problema y los alcances de la simulación, en este problema en específico.

La codificación y las generalidades del sistema elaborado, considerándolo como la herramienta que se utilizará, se presentan en el capítulo cuatro. En el se da una amplia descripción del uso de cada programa componente del sistema.

La codificación de los programas, los diagramas de bloque y de flujo y una breve descripción de las variables empleadas, se encuentran listados en este capítulo, con el fin de dar una idea completa del funcionamiento lógico del sistema.

En este mismo capítulo, se siguen los pasos generales definidos en el capítulo dos, aplicados a éste problema en particular, siguiendo paso a paso y de manera lógica, la construcción del sistema.

En el capítulo quinto, se presentan a manera de ejemplo, las diferentes opciones de producción de ciertos lotes en secuencia distinta, haciendo una interesante evaluación de cada una de ellas por medio del sistema y del modelo de simulación.

Una vez evaluadas, se cuenta ya con bases concretas para hacer una comparación objetiva acerca de las distintas opciones de producción. Se presenta una tabla comparativa de los beneficios brindados por cada una de ellas e incluso una comparación de desempeño de la planta con y sin el uso del sistema. Esto da una idea bastante real del impacto y de los beneficios obtenidos en el funcionamiento de la empresa, con el uso de esta herramienta.

\*t300R



## **CAPITULO 1**

### **LA SIMULACION**

## 1.1 DEFINICION DE SISTEMA

Un sistema se considera como el conjunto de objetos o elementos interrelacionados entre sí, unidos para desempeñar una función específica (CHURCHMAN, C. West, "El Enfoque de Sistemas", p.17).

No existe una definición más concreta y precisa de lo que es un sistema, ésta es subjetiva y depende del individuo que trabaje con el sistema, por esta razón el primer paso es definir un objetivo y con base en éste hacer "el propósito" del trabajo que se quiera desempeñar (PRITSKER, Alan B., "Introduction to Simulation and SLAM II", p.5).

## 1.2 DEFINICION DE MODELO

Por modelo "...de un sistema real entendemos la representación de un conjunto de objetos o ideas de forma tal que sea diferente a la de la entidad misma, y en este caso el término 'real' se aplica en el sentido de 'en existencia o capaz de ser puesto en existencia'." (SHANON, Robert E., "Simulación de Sistemas", p.14.). Un modelo se puede considerar como "...la versión de laboratorio del sistema..." (MUSSELMAN, Kenneth J., Simulation's Spectrum of Power in Manufacturing Conference) en el sentido que es posible experimentar con éste sin tener que arriesgar dinero, equipo, materiales o personal, con el objeto de obtener resultados favorables.

El propósito de los modelos es ayudarnos a explicar, entender o mejorar un sistema. Un modelo de un objeto, por ejemplo puede ser una réplica exacta de éste, aunque en una escala y material diferentes, o bien puede ser la abstracción de las propiedades dominantes del objeto.

Debido a que la simulación es una de las formas de modelación (y aunque muy importante) primero hablaremos del modelado en términos generales y luego el modelado en la simulación.

Se considera que las funciones de un modelo son la predicción y comparación para proporcionar una manera lógica de predecir los resultados que siguen los cursos de acción alternativos, e indicar la posible mejor opción. Aunque este uso de los modelos es importante, no es su único propósito. "La construcción de modelos proporciona una manera sistemática, explícita y eficiente para que un grupo de expertos y aquéllos que toman las decisiones centren su juicio e intuición. Al introducir una estructura precisa, un modelo también puede servir como un efectivo medio de comunicación, así como una ayuda para el pensamiento." (SHANON Robert E. op. cit. p.15)

Casi sin excepción, los escritores de ciencia afirman que una de las principales herramientas para resolver un problema es la construcción y el uso de un modelo. Este modelo puede tomar muchas formas, pero una de las más útiles, y de hecho, la más usada, es la matemática, la cual expresa por medio de un conjunto de ecuaciones las características esenciales del sistema o los fenómenos en estudio. Lamentablemente, no siempre es posible hacer un modelo matemático en un sentido riguroso y estricto, ya

que, al estudiar por ejemplo la mayoría de los sistemas industriales, es posible definir objetivos (como reducir costos, hacer más eficiente la utilización de una máquina, etc.), especificar restricciones (de tiempo, dinero, etc.) y discernir que el diseño sigue las leyes de la ingeniería y/o economía. Estas relaciones se pueden descubrir y representar matemáticamente de alguna manera, utilizando herramientas ya existentes. Contrario a esto, tratar problemas como la contaminación ambiental, delincuencia, trastornos de salud o agrícolas, implica trabajar con objetivos vagos e incompatibles, que están sujetos a factores políticos, sociales o de la naturaleza. Por lo tanto en lo que respecta a modelos de simulación se deben incluir y permitir solamente modelos cualitativos y cuantitativos.

### **1.2.1 FUNCION DE LOS MODELOS**

El concepto de la representación de algún objeto, sistema o idea, con un modelo es tan general que es difícil clasificar todas las funciones que satisfacen los modelos. Elmaghraby (ELMAGHRABY, Simon E., "The Role of Modeling in IE Designs", p.18) reconoce cinco usos comunes de los modelos:

- a) Una ayuda para el pensamiento.
- b) Una ayuda para la comunicación.
- c) Para el entrenamiento y la instrucción.
- d) Una herramienta de predicción.
- e) Una ayuda para la experimentación

La utilidad del modelo como ayuda para el pensamiento es evidente, ya que pueden ayudarnos a clasificar y organizar conceptos inconsistentes y confusos. Por ejemplo, la construcción de un modelo de representación de una secuenciación de tareas en forma de red con el método PERT para un trabajo de diseño de sistemas complejos, nos obliga a pensar sobre qué pasos son necesarios y su correcta secuenciación. Dicho modelo muestra las interrelaciones entre las actividades, las que necesitan ser terminadas antes de iniciar otras, los tiempos de duración, los recursos requeridos, etc. Siempre el hecho de tratar de representar nuestras ideas de otra forma lógica, conducen a inconsistencias y ambigüedades. Para hacer adecuada la construcción del modelo, es necesario hacer un análisis, evaluación y organización previa de los datos para determinar la validez de los pensamientos.

Los modelos han tenido, y continúan teniendo un uso generalizado como ayudas de entrenamiento e instrucción. Los psicólogos reconocen la importancia de que la persona aprenda ciertas habilidades en las que no está muy motivada, y que no esté bajo presiones. En situaciones de crisis, es mucho más difícil aprender nuevas habilidades; por tanto, frecuentemente los modelos son ideales para entrenar a una persona para que afronte la mayoría de las eventualidades antes de que estas ocurran. El ejemplo típico de éstos modelos, son los conocidos modelos de tamaño natural o modelos de vehículos espaciales usados para entrenar astronautas o pilotos aviadores, modelos para enseñar a conducir automóviles, e incluso modelos de simulación de negocios y movimientos bursátiles para entrenar ejecutivos.

Quizás, uno de los usos más importantes de los modelos, en la práctica y por datos históricos, es la predicción de las características del comportamiento de la entidad modelada. Por ejemplo, puede darse el caso que no sea factible económicamente hablando, la construcción de algún aparato con ciertas especificaciones, pero es posible determinar sus características de operación mediante la simulación. Mediante la simulación se verificaron las disposiciones de emergencia del Apolo 13, antes de implantarlas; éstas les permitieron a los astronautas regresar a salvo después de la explosión del tanque de oxígeno (SHANON, Robert E., op. cit., p.17). La mayoría de los modelos son empleados con este fin, servir de herramientas de predicción.

Por último, el uso de modelos hace posible la experimentación controlada en situaciones en que los experimentos directos serían imprácticos o con un costo demasiado elevado. Generalmente la experimentación directa sobre un sistema consiste en la variación de ciertos parámetros del mismo, manteniendo constantes todos los demás, y se observan los resultados. En la mayoría de los experimentos, hacerlos repetidas veces es impráctico demasiado costoso, o ambos. Cuando se es demasiado costoso e imposible realizar los experimentos, con el mismo sistema en el "mundo real", casi siempre es posible hacer un modelo y los experimentos se pueden correr con relativa facilidad y a bajo costo. Podemos decir incluso, que al experimentar con sistemas complejos se aprende más acerca de sus interacciones internas y de sus elementos, de lo que podríamos aprender por medio de la manipulación del sistema en la realidad, debido al control de la estructura organizacional del modelo, su mensurabilidad, sus políticas y la facilidad de variación de sus parámetros.

Lo anterior se puede resumir admitiendo que todos estos usos forman una dicotomía. Un modelo puede servir para uno de dos propósitos principales: Puede ser **descriptivo**, para explicar y/o entender; o **preceptivo**, prediciendo y/o duplicando las características del comportamiento. El segundo usualmente implica al primero pero no viceversa, es decir un modelo útil en diseño es casi siempre descriptivo, de la entidad que se va a modelar, pero un modelo descriptivo no necesariamente es útil, para propósitos de diseño. Quizás esta es una de las razones por las que los modelos económicos (que tienden a ser descriptivos) han tenido poco impacto en la manipulación de sistemas económicos y poco uso como herramientas para ayudar a la dirección general, en tanto que los modelos de Investigación de Operaciones han tenido un impacto significativo y reconocido dentro de estas áreas.

### 1.2.2 CLASIFICACION DE LOS MODELOS DE SIMULACION

Los modelos pueden clasificarse de manera general, los modelos de simulación de manera particular y de diferentes formas. Lamentablemente, ninguna es completamente satisfactoria, a pesar de que cada una sirve a un propósito particular. Algunos de estos esquemas de clasificación son los siguientes (SHANON Robert E. op. cit. p.18):

- a) Estático (de corte seccional) vs. dinámico (de series de tiempo).
- b) Determinístico vs. estocástico.
- c) Discreto vs. Continuo.
- d) Icónico o físico vs. analógico vs. simbólico.

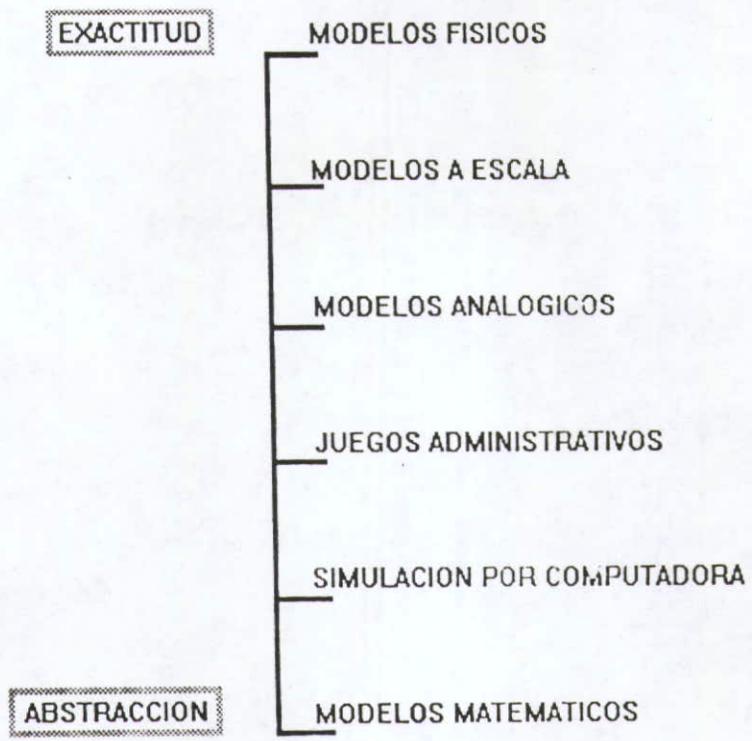


FIG. 1.1

Fuente: ROWE, Alfred J. "Simulation, a Decision Aiding Tool", p.48

Con base en la definición de A.J. Rowe, (ROWE, Alfred J., "Simulation, a Decision Aiding Tool", p.48) se antoja pensar que los modelos de simulación son como un espectro continuo, empezando con los modelos exactos o modelos reales a escala y siguiendo con los modelos matemáticos completamente abstractos (ver figura 1.1)

A los modelos del principio del espectro, generalmente se les llama modelos físicos o icónicos, debido a que se semejan al sistema en que se está experimentando. Es común el uso de modelos de tamaño natural o reducidos a una escala de los mismos para probarlos. Las fuerzas armadas, la National Aeronautics and Space Administration (NASA), y muchas aerolíneas comerciales, han utilizado modelos de tamaño natural con propósitos de entrenamiento (SHANON, Robert E. op. cit. p.18). Los modelos físicos estáticos, (como son los modelos de diseño de planta, y los diseños arquitectónicos) ayudan a visualizar las relaciones espaciales. Un ejemplo de un modelo físico dinámico sería una planta a escala para producir un nuevo producto químico, antes de proceder a la construcción de la planta a gran escala y la compra del equipo necesario para la producción del nuevo producto. La característica principal de un modelo físico o también llamado modelo icónico, es que de alguna manera se parece a la entidad que se está modelando. El modelo puede ser un modelo de tamaño natural (como se dijo en los aparatos de entrenamiento), de menor escala (como una representación del globo terráqueo), o de mayor escala (como el modelo de una célula). Estos obviamente pueden ser bi o tridimensionales (como un plano o una maqueta respectivamente).

Los modelos analógicos son aquéllos en los que una propiedad de la entidad está representada por una propiedad que substituye a otra, pero se comporta de manera similar. La ventaja de estos modelos es que se puede experimentar y obtener un resultado en el estado análogo y trasladar éste a las propiedades originales. Un ejemplo es una computadora, en la que el voltaje que fluye a través de una red de circuitos puede representar, por ejemplo, un sistema de producción de partes de una maquinaria o casi cualquier otro sistema. Otra variedad de los modelos analógicos son los denominados modelos esquemáticos, (como pueden ser los diagramas de flujo de un programa) o gráficas, que son la representación del comportamiento de ciertas variables, de acuerdo a la variación de éstas y como inciden en el comportamiento de las otras variables. En estas gráficas se puede apreciar y predecir como se verá afectada una variable si se presenta un cambio (aumento o disminución) en otra variable. Un ejemplo puede ser la gráfica que represente el comportamiento de la oferta y costo de cierto producto, en esta gráfica podríamos apreciar lo que pasa con el costo cuando la oferta aumenta o disminuye.

Siguiendo el espectro encontramos los "juegos administrativos", llamados juegos porque interactúan el hombre y la computadora, y porque tratan problemas que son difíciles de modelar, por tratarse de asuntos por ejemplo de dirección de personal, militares, etc. La interacción entre el hombre y la computadora se da cuando el analista le da los datos de entrada a la computadora para que haga la simulación del problema y evalúa los datos de salida, con ellos toma una decisión y modifica éstos datos, que sirven de entrada nuevamente al sistema, es decir hay una retroalimentación hasta encontrar una solución que parezca la adecuada.

Los modelos matemáticos o simbólicos son aquellos en los que se utiliza un símbolo, en vez de un dispositivo físico, para representar una entidad. Es decir que en un modelo matemático podemos utilizar símbolos tales como X o Y para representar temperaturas de reacción, o toneladas producidas, en vez de una escala medida o alguna entidad física. Representar un sistema con ecuaciones diferenciales es algo muy común. Debido a que estos modelos son los más abstractos y, por lo tanto, los más generales, son los de uso más generalizado en estudios de sistemas. Sin embargo, existen serios riesgos y peligros latentes que son inherentes al uso de modelos matemáticos. Los modelos simbólicos siempre son una idealización abstracta del problema en el cual se requieren suposiciones que lo simplifiquen, si es que el modelo ha de resolverse. Por tanto, se debe tener mucho cuidado para asegurarse de que el modelo sea una representación válida del problema.

Por lo general, al tratar de modelar un sistema complejo, el investigador utilizará una combinación de los tipos de modelos que acaban de presentarse. Cualquier sistema o subsistema puede representarse de varias maneras, las cuales varían en complejidad y detalle. La mayoría de los estudios de sistemas resultarán en varios modelos diferentes del mismo sistema. Usualmente, los modelos simples llevan a modelos más complejos, conforme el investigador analiza y comprende mejor el problema.

### 1.3 DEFINICION DE SIMULACION

Es posible decir que, cada modelo o representación de una cosa es una forma de simulación, pero haciendo una definición formal se puede decir que la simulación "...es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con él para entender el comportamiento de un sistema o evaluar varias estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o por un conjunto de criterios) para la operación de un sistema..." (SHANON, Robert E. *op. cit.* p.12). Por lo tanto entendemos que el proceso de simulación incluye tanto la construcción del modelo como su uso analítico para el estudio de un problema.

Muchos autores usan el término "simulación" en un sentido mucho más restringido que la definición dada, de acuerdo con ésta, la simulación puede o no implicar un modelo estocástico. Dicho de otra manera las entradas al modelo y las relaciones funcionales entre los diversos componentes pueden o no implicar un elemento aleatorio sujeto a las leyes de probabilidad. Además, la definición no se restringe a experimentos realizados con modelos de computadoras.

Muchas "simulaciones" pueden realizarse (y se realizan) simplemente con una calculadora, papel y lápiz, en consecuencia, la parte del modelado de la simulación es una metodología aplicada y experimental, que intenta:

- a) Describir el comportamiento de sistemas.
- b) Postula teorías o hipótesis que expliquen el comportamiento observado.

- c) Usar estas teorías para predecir un comportamiento futuro, es decir, los efectos que se producirán mediante cambios en el sistema o en su método de operación.(SHANON, Robert E. op.cit. p.12)

#### 1.4 HISTORIA DE LA SIMULACION

La palabra simulación, se ha puesto de moda en numerosas disciplinas científicas, y se utiliza "...para describir el viejo arte de la construcción de modelos, como los de la pintura y escultura del Renacimiento, los modelos a escala de aviones supersónicos y los modelos en computadora de los procesos cognoscitivos, tienen ahora un significado específico en las ciencias físicas y en las del comportamiento." (NAYLOR, Thomas H., "Técnicas de Simulación en Computadoras", p.15).

El uso moderno de la palabra "simulación" se remonta hasta fines de 1940, cuando en la Segunda Guerra Mundial los científicos Von Neumann y Ulam acuñaron el término "análisis de Monte Carlo" para aplicarlo a una técnica matemática que usaban entonces para resolver ciertos problemas de protección nuclear, que eran, o demasiado costosos para resolverse experimentalmente, o demasiado complicados para ser tratados analíticamente. El análisis de Monte Carlo involucraba la solución de un problema matemático no probabilístico, mediante la simulación de un proceso estocástico cuyos momentos o distribuciones de probabilidad satisfacen las relaciones matemáticas del problema no probabilístico.

Posteriormente, con el advenimiento de la computadora de gran velocidad, a principio de los años 50, la palabra simulación tomó otro significado aún, ya

que surgió la posibilidad de experimentar con modelos matemáticos (que describen algún sistema de interés) en una computadora. Al crearse la simulación en computadoras electrónicas, surgieron innumerable aplicaciones y con ello, un número mayor de problemas teóricos y prácticos, que para resolverlos han propiciado el desarrollo de lenguajes especialmente diseñados para hacer simulaciones, evolucionando hasta una herramienta, que actualmente es lo mas nuevo para visualizar el proceso simulado: la Animación, que es simplemente una especie de diagrama de flujo en el que se observa el movimiento de las entidades a través del sistema (LAW, Averill M., Building Valid, Creditable, and Appropriately Detailed Simulation Models Conference).

### **1.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACION**

Los modelos de simulación se denominan modelos de entrada-salida, es decir que producen la salida del sistema si se les da la entrada a sus subsistemas interactuantes. De ahí que los modelos de simulación se "corren" y no se "resuelven", a fin de obtener la información o los resultados deseados. Son incapaces de generar una solución por sí mismos y sólo pueden servir como una herramienta para el análisis del comportamiento de un sistema en condiciones especificadas por el experimentador. Por lo tanto la simulación no es una teoría sino una metodología de resolución de problemas, aparte de ser solamente una de las varias herramientas de las que dispone el analista de sistemas para resolver problemas. Debido a que es necesario (y deseable) ajustar la herramienta o

técnica al problema y no lo contrario, eso hace surgir la pregunta ¿Cuándo es útil la simulación?

Hemos definido la simulación como la experimentación con un modelo de un sistema real. Pero aparecen problemas experimentales cuando necesitamos información acerca de nuestro sistema a modelar, y dicha información no está disponible en las fuentes existentes conocidas. La experimentación directa sobre el sistema del mundo real, elimina muchas de las dificultades para obtener una buena relación entre las condiciones del modelo y las condiciones reales; sin embargo, algunas de las desventajas de la experimentación directa son muy grandes (SHANON, Robert E. op. cit. p.22):

- 1 Puede interrumpir las operaciones de la compañía.
- 2 Si la gente es parte integral del sistema, el llamado "efecto Hawthorne" puede afectar los resultados, es decir, el hecho de que se observe a la gente puede modificar su comportamiento.
- 3 Mantener las mismas condiciones operativas para cada repetición o corrida del experimento, puede ser muy difícil.
- 4 El obtener el mismo tamaño de muestra (y por tanto, importancia estadística), puede requerir más tiempo y ser más costoso.
- 5 Quizás no pueda ser posible explorar muchos tipos de alternativas en la experimentación del mundo real.

Por tanto, el analista debe considerar el uso de la simulación cuando existan una o más de las siguientes condiciones:

- 1 No existe una completa formulación matemática del problema o los métodos analíticos para resolver el modelo matemático, no se han desarrollado aún. Muchos modelos de línea de espera o colas, corresponden a esta categoría.
- 2 Los métodos analíticos están disponibles, pero procedimientos matemáticos son tan complejos y difíciles, que la simulación proporciona un método más simple de solución.
- 3 Las soluciones analíticas existen y son posibles, pero están más allá de la habilidad matemática del personal disponible. El costo del diseño, la prueba y la corrida de una simulación debe entonces evaluarse contra el costo de ayuda externa.
- 4 Se desea observar el trayecto histórico simulado del proceso sobre un periodo, además de estimar ciertos parámetros.
- 5 La simulación puede ser la única posibilidad, debido a la dificultad a realizar experimentos y observar fenómenos en su entorno real, por ejemplo, estudios de vehículos espaciales en sus vuelos interplanetarios.
- 6 Se requiere la aceleración del tiempo para sistemas o procesos que requieren de largo tiempo para realizarse. La simulación proporciona un control total sobre el tiempo, debido a que un fenómeno se puede acelerar o retardar según se desee. El análisis de los problemas de deterioro urbano corresponde a esta categoría.

Otra ventaja adicional de la simulación es su poderosa aplicación educativa y de entrenamiento. El desarrollo y uso de un modelo de simulación de una entidad nos permite observar y jugar con el sistema, y a la vez sirve para entender y adquirir mayor experiencia en el problema, por lo que servirá para un posible proceso de innovación.

La idea de simulación por su aparente simplicidad resulta muy atractiva para gerentes y analistas de sistemas, no siendo así para personas con una extensa preparación matemática, ya que ellos consideran a la simulación como si fuera la utilización de la fuerza bruta para resolver un problema, o se considera como el último recurso para tratar un determinado sistema. De cualquier forma la simulación es una de las herramientas más utilizadas por el administrador o por el investigador de operaciones. En la tabla 1.2 se muestran los resultados de una encuesta realizada en los Estados Unidos, por los doctores Shanon y Biles entre una muestra de miembros titulares no académicos de la Operations Research Society of America (BILES, William E., "The Utility of Certain Curriculum Topics to Operations Research Practicioners", p.59). Sólo la probabilidad y la efectividad del costo tienen un valor mayor para los investigadores prácticos.

Otra encuesta realizada por el Dr. Weston (WESTON, F.C., "OR Techniques Relevant to Corporate Planning Function Practices, An Investigation Look", p.33), entre las 1000 compañías más grandes de Estados Unidos refuerza los resultados anteriores. En esta encuesta es referente a las importancia de ciertas técnicas para la planeación empresarial. Sus resultados se muestran en la tabla 1.3. El amplio uso de la simulación como un método, para resolver problemas referentes a sistemas, se hace más evidente con el gasto por la U.S. Army Missile Command de 74 millones de dólares en el año fiscal de 1968 para estudios de simulación (SHANON, Robert E. op. cit., p.25).

Por tanto, a pesar de su falta de sofisticación y elegancia matemática, la simulación es una de las técnicas cuantitativas de más uso que se emplean para resolver problemas de administración y de ingeniería. La mayoría de los administradores y analistas están interesados en obtener una respuesta a sus problemas inmediatos, pero el fin justifica los medios. Es esta preocupación por "los medios" la que nos hace preguntarnos si es posible alcanzarlos de una manera más eficiente mediante la simulación. Con frecuencia, la respuesta es no, por las siguientes razones (SHANON, Robert E. *op. cit.* p.25):

- 1 El desarrollo de un buen modelo de simulación es costoso y requiere de mucho tiempo, ya que demanda un alto grado de talento y conocimientos, que no se pueden encontrar disponible fácilmente. Forrester (FORRESTER, James W., "Industrial Dynamics", p.28) señala que se necesitan de 3 a 10 años para desarrollar un buen modelo de planeación empresarial.
- 2 Puede parecer que una simulación refleja con precisión una situación del mundo real, cuando en verdad, no lo hace. Varios problemas intrínsecos de la simulación pueden producir resultados erróneos si no se resuelven adecuadamente.
- 3 La simulación es imprecisa, y no podemos medir el grado de su imprecisión. El análisis de la sensibilidad del modelo para cambiar valores de parámetros, sólo puede superar parcialmente esta dificultad.
- 4 Usualmente, los resultados de simulación son numéricos, y dados a cualquier número de puntos decimales que el experimentador seleccione. Por tanto, ahí surge el peligro de la "deificación de los números", es

decir, atribuyéndoles a los números un grado mayor de validez y precisión del que se puede justificar.

Lo anterior indica que aunque la simulación sea un planteamiento extremadamente valioso y útil para resolver problemas en realidad "no es una panacea para todos los problemas administrativos" (SHANON, Robert E. op. cit. p.25). El desarrollo y uso de los modelos de simulación más que una ciencia es un arte, y al igual que otras artes, no es tanto la técnica la que determina el éxito o el fracaso, sino cómo se aplica. "Aunque la simulación es un arte, aquellos que poseen la capacidad de imaginación, perspicacia e ingenio pueden dominarla con facilidad" (SHANON, Robert E. op. cit., p.26). A pesar de todo lo que se ha dicho todavía existen ciertos riesgos o peligros inherentes (NISANCI, Ibrahim J., Inherent Dangers in the Use of Simulation Conference) en el uso de la simulación, entre los que se pueden mencionar:

- 1 Tomar la decisión de usar la simulación. Es necesario hacer un análisis para evaluar si realmente conviene hacer el modelo en vez de resolver el problema analíticamente y no tratar de forzar artificialmente el uso de la simulación a la solución del mismo.
- 2 Apego a los objetivos. Al hacer el modelo es frecuente que uno se desvíe del objetivo inicial y principal del problema posiblemente dándole demasiada importancia a detalles que en realidad no tienen tanta.
- 3 Establecer los límites del problema. Es necesario hacer un análisis de los límites reales del problema, para establecer una base adecuada.
- 4 El uso de datos empíricos. Es posible que el modelo de simulación esté bien construido, y ser una buena abstracción de la realidad, pero si la validez real de los datos de entrada no es confiable y fidedigna, los

resultados arrojados por la simulación no serán útiles prácticamente y si uno no previene este peligro, se puede caer en tomar decisiones erróneas.

- 5 Añadir demasiados detalles. El modelo debe ser simple, pero con la cantidad necesaria de detalles, de manera que sea la abstracción fiel de la entidad modelada. Si al construir el modelo se añaden demasiados detalles, se puede caer en un modelo difícil de correr e incluso de terminar. Un modelo de simulación hace incluso más difícil la experimentación y disminuye la flexibilidad del modelo para posibles cambios a futuro.
- 6 Modelar con perspectivas a una fácil implantación. Se debe tener en cuenta al hacer el modelo de simulación, que al incluir ciertos recursos o políticas no dificulten la implantación del modelo.
- 7 Modelado de sistemas complejos. Al modelar sistemas muy extensos y complejos, la eficiencia de la simulación se reduce, debido a que aumenta el tiempo de modelado, tiempo en la computadora y se recorta el tiempo de experimentación. En estos casos se debe simplificar el sistema o subdividirlo en varios módulos y correrlos por separado, usando los datos de salida de uno como entrada del siguiente y así sucesivamente.
- 8 Exagerar la utilidad real de la simulación. Muchas veces la inexperiencia y el entusiasmo del analista y modelador pueden producir un modelo demasiado flexible y de poca eficiencia.
- 9 Omitir detalles importantes.
- 10 Modelar por caminos que no sean congruentes con los requerimientos del problema.

- 11 El periodo de validación del modelo. La duración del tiempo de validación del modelo y de su eficiencia, dependen de la urgencia e importancia del proyecto o estudio que se está realizando.
- 12 La simulación como una herramienta desechable. Frecuentemente una vez que se ha terminado de validar el modelo, de comprobar su eficacia y desempeño del sistema, la simulación se olvida por completo. Para esto será necesario considerar que el mismo modelo puede ser usado varias veces e incluso esto hace que la inversión en el desarrollo de éste sea más conveniente. Por ejemplo un modelo de simulación de la producción de una planta es un ejemplo de un modelo que puede ser usado periódicamente.
- 13 No usar la herramienta. A veces el tiempo para terminar un proyecto o la presión de los directivos para presentar un reporte o resultados es tal, que el analista prefiere resolver el problema con su intuición o alguna otra técnica, "para no perder tiempo". En estos casos habrá que detenerse a reflexionar en la conducta de ambos y replantear los objetivos que se persiguen.

## 1.6 APLICACIONES DE LA SIMULACION

La simulación se ha usado en los más diversos campos del conocimiento del hombre, como en sistemas económicos, urbanos, negociaciones de todo tipo, producción de bienes y servicios, sistemas biológicos y sociales, problemas de transporte y distribución e incluso de salud. En la tabla 1.4 se muestran muchas de las aplicaciones actuales de la simulación (PRITSKER, Alan B., op. cit., p.5).

**Tabla 1.4. Areas en las que se usa actualmente la simulación.**

---

Control de tráfico aéreo  
Programas de mantenimiento de aeronaves  
Diseño de aeropuertos  
Disponibilidad de ambulancias  
Líneas de ensamble  
Empleados de mostrador en bancos  
Itinerarios de transporte público  
Diseño de circuitos electrónicos  
Diseño de sistemas de comunicación  
Diseño de la memoria de computadoras  
Predicción del comportamiento del consumidor  
Diseño de sistemas de distribución  
Modelos industriales  
Diseño de sistemas de información  
Estudios sociológicos  
Puntos de reorden en los inventarios  
Programación y control de la producción  
Control de procesos industriales  
Operación de bibliotecas  
Programas de mantenimiento  
Fuerza laboral de trabajo  
Programación de extracción de recursos naturales  
Diseño de estacionamientos

Fuente: PRITSKER, Alan B., "Introduction to Simulation and SLAM II", p.5

Tabla 1.2. Uso general de las técnicas de investigación de Operaciones por los profesionales.

Tópico	Valor
Teoría de probabilidad e inferencia estadística	0.182
Análisis económico (costo-beneficio)	0.150
Simulación	0.143
Programación lineal	0.120
Inventario	0.097
Línea de espera (formación de colas)	0.085
Análisis de redes (secuenciación)	0.072
Análisis de reemplazo	0.042
Teoría de juegos	0.040
Programación dinámica	0.031
Técnicas de investigación	0.020
Programación no lineal	0.018
	-----
	1.000

Fuente: SHANON, Robert E., "Simulación de Sistemas", p. 24

Tabla 1.3. Herramientas cuantitativas que se utilizan más frecuentemente en la planeación corporativa.

Tópico	Frecuencia	Porcentaje
Estudios de simulación	60	29
Programación lineal	43	21
Análisis de redes (PERT y CPM)	28	14
Teoría de inventario	24	12
Programación no lineal	16	8
Programación dinámica	8	4
Programación entera	7	3
Teoría de formación de colas	7	3
Otros	12	6
	-----	-----
	205	100

Fuente: SHANON, Robert E., "Simulación de Sistemas", p. 26

## **CAPITULO 2**

### **LENGUAJES Y TECNICAS DE SIMULACION**

## **2.1 LENGUAJES DE SIMULACION**

El amplio uso de la simulación como una herramienta de análisis ha guiado al desarrollo de varios lenguajes específicos diseñados para simulación. Estos lenguajes constan de conceptos y una estructura específica que sirven para describir y representar el estado de un sistema en un punto en el tiempo y al cambiar de un estado a otro.

### **2.1.1 OBJETIVOS Y VENTAJAS DE UN LENGUAJE DE SIMULACION**

Los objetivos que se intentan alcanzar con un lenguaje de simulación, y que han fomentado el desarrollo de éstos son (NAYLOR, Thomas H, "Técnicas de Simulación en Computadoras", p.272):

- a) Producir una estructura generalizada para el diseño de modelos de simulación.
- b) Proporcionar una forma rápida para posibles mejoras y cambios en el modelo de simulación
- c) Proveer una forma rápida para la conversión de un modelo de simulación.
- d) Facilitar reportes de salida que sean útiles para un análisis del modelo.

En resumen podemos afirmar que el objetivo general de los lenguajes de simulación, es hacer mas eficiente y fácil el análisis de los modelos de simulación. Esto trae consigo ciertas ventajas como podrían ser por ejemplo la reducción de la tarea de codificación de un programa en un lenguaje de simulación, que el representar el modelo en un lenguaje de propósito

general, se logra una mejor definición del sistema y una mayor flexibilidad para efectuar cambios en el modelo, así como una mejor relación e identificación de las distintas entidades que integran el sistema.

Algunos de los lenguajes modernos de simulación son AutoMod II, GPSS H o PC, MODSIM II, SIMAN IV, SIMSCRIPT II.5, Y SLAM II (LAW, Averill M., "Secrets of Successful Simulation Studies", p.50).

### **2.1.2 CONCEPTOS PRELIMINARES DE UN MODELO DE SIMULACION**

A continuación se definen ciertos conceptos propios de un modelo de simulación, los cuales se manejan en cualquier lenguaje en que se vaya a codificar el modelo, por eso consideramos de gran utilidad dar una breve definición de cada uno de ellos (GORDON, Geoffrey, "Simulación de Sistemas", p. 15).

- a) Entidad. Se utiliza el término de "entidad" para denotar un objeto de interés en un sistema.
- b) Atributo. El término atributo define una propiedad de una entidad, y lógicamente pueden existir varios atributos para una entidad dada.
- c) Actividad. Se denomina actividad a todo proceso que provoque cambios en el sistema.
- d) Estado del Sistema. Se define como "estado del sistema" para indicar una descripción de todas las entidades, atributos y actividades de acuerdo a su existencia en algún punto del tiempo. El progreso del sistema se estudia siguiendo los cambios en el estado del sistema.

Si tomamos como referencia un sistema, por ejemplo, una fábrica, las entidades serán los departamentos, pedidos, componentes y productos. Las actividades serán los procesos de manufactura de los departamentos, y los atributos serán factores como las cantidades para cada pedido, el tipo de componente o el número de máquinas en el departamento.

## 2.2 INTRODUCCION A SLAM II

SLAM (Simulation Language for Alternative Modeling) es un lenguaje de simulación para la modelación de alternativas (PRITSKER, Alan B., *op. cit.*, p.7 y PEREZ I. Ramón, "Un Modelo de Simulación para la Construcción de Escolleras", p.183). Está basado en FORTRAN y permite la construcción de modelos de simulación basados en los tres diferentes enfoques, ya que SLAM contiene una serie de programas que soportan los modelos desarrollados desde enfoques de eventos, discretos o continuos. Adicionalmente proporciona los símbolos de un proceso para la representación gráfica del modelo para posteriormente ser traducido a una serie de instrucciones de entrada directa a la computadora. También especifica la estructura para la organización y construcción de dichos modelos. Mediante la combinación de la conceptualización del tipo evento discreto o continuo, o tipo proceso, también llamado tipo red (secuencia de eventos, actividades y decisiones), SLAM permite que los sistemas sean observados como eventos de estados variables, o de proceso. Las alternativas anteriores, son propuestas por SLAM para proporcionar una estructura unificada para la modelación de los sistemas desde cualquier perspectiva.

La orientación de SLAM a "proceso" utiliza una estructura tipo red que comprende un conjunto de símbolos especiales llamados nodos y ramas. Estos símbolos representan elementos del modelo, tales como colas de espera, "servidores", y "puntos de decisión". Construir el modelo consiste en combinar los símbolos de tal forma en una red, que nos represente al sistema que estamos estudiando. Las entidades en el sistema, tales como objetos y personas fluyen a través de la red. La representación del sistema es transcrito a las instrucciones del modelo que será la entrada al procesador SLAM.

En la orientación a eventos de SLAM, se definen los eventos y los posibles cambios al sistema, cuando estos ocurran. Las funciones y relaciones matemáticas que definen los cambios asociados con cada uno de los eventos se codifican como subrutinas en lenguaje FORTRAN. SLAM proporciona un conjunto de subprogramas de tipo estándar para la realización de funciones comunes del tipo evento discreto tales como programación de actividades, obtención de datos estadísticos, manejo de archivos o generación de muestras aleatorias. El control maestro del paquete SLAM, controla la simulación por el avance del tiempo y la inicialización de variables y parámetros llamando a las respectivas subrutinas de los eventos en el punto preciso del tiempo simulado. Lo anterior elimina la tarea de llevar a cabo la secuenciación de los eventos que ocurren en orden cronológico.

Un modelo del tipo continuo es codificado por SLAM a través de la especificación de las ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento dinámico de las variables de estado.

Una aportación importante de SLAM a la modelación de sistemas radica en que la conceptualización del problema o sistema puede ser estructurada combinando, dentro del mismo modelo de simulación, los tres diferentes enfoques mencionados. Existen seis interacciones específicas que pueden ser desarrolladas en el modelo cuando se considera al sistema como una red, como eventos discretos o como un sistema que maneja el enfoque tipo contínuo. Las interacciones mencionadas son las siguientes:

- a) Las entidades en una red pueden inicializar la ocurrencia de eventos discretos. Los eventos discretos consisten en cambios que ocurren en el sistema en puntos específicos del mismo o también denominados puntos discretos del tiempo. En la simulación de eventos discretos los cambios en el estado del sistema solo ocurren al principio o al final de una actividad cuando algo específico es iniciado o al final de una actividad, cuando algo es terminado. Los eventos pueden alterar el flujo de las entidades en una red.
- b) Las entidades en una red pueden causar cambios instantáneos a los valores de las variables de estado. Las variables de estado son las variables utilizadas para describir el estado del sistema en un punto específico en el tiempo.
- c) Las variables de estado que han alcanzado su valor límite pueden inicializar entidades en la red.
- d) Los eventos pueden causar cambios instantáneos a los valores de las variables de estado.
- e) Las variables de estado que han alcanzado su valor límite pueden inicializar eventos.

### 2.2.1 INSTRUCCIONES DE UN MODELO EN SLAM II

Los elementos de un sistema de procesos modelado en SLAM II serán todas las ramas y nodos de las cuáles se compone el sistema. Cada rama o nodo, tendrá una función específica y existe una gran variedad de instrucciones o comandos que crearán y controlarán el flujo de las entidades a través de la red. A continuación se hace una breve mención y descripción de estas instrucciones.

Por ejemplo, para crear entidades se emplea el nodo CREATE, especificando el tiempo entre creaciones y el total de entidades que se van a crear.

Las entidades pueden llegar a un nodo QUEUE, el cual hace la función de una línea de espera de las entidades que van llegando. Este las libera una vez transcurrido el tiempo necesario para terminar de atender a la entidad por uno o varios servidores, o en caso de saturación de los servidores, mandar la entidad a otro nodo.

El nodo AWAIT controla el flujo de las entidades según la disponibilidad de los recursos "RESOURCE" que se hayan definido, o de las "puertas" (GATE) que controlen la entrada de las entidades a un servidor o recurso.

Cuando una entidad está siendo "atendida" por un recurso, en el momento en que el "servicio" finaliza, es necesario especificar que el recurso ha sido desocupado y que está libre, mediante un nodo FREE.

Cuando se quiere dar algún valor específico a una variable global o a algún atributo de una entidad, el nodo ASSIGN será utilizado; si se desean obtener datos estadísticos (como media o varianza) de estos tipos de variables, el nodo COLCT lo puede hacer, definiendo los puntos en la red de los cuales se quieren obtener estos datos. Para finalizar la simulación se utiliza el nodo

TERM o TERMINATE y se dice que la simulación para dicha entidad ha acabado, es decir, que ha sido "liberada".

Las entidades fluyen en la red a través de ramas, las cuales salen de cada nodo, incluso de un nodo pueden salir varias ramas y la dirección que una entidad tome a través de ellas puede definirse determinística o probabilísticamente. A las ramas que salen de cada nodo se les conoce como "actividades" y pueden ser de dos tipos: actividades regulares, que sirven solamente para direccionar el flujo de la entidad de un nodo a otro, y actividades de servicio, en la cuál la entidad tiene que ser atendida por un servidor, y puede tener una duración definida probabilística o determinísticamente.

### 2.3 FUNDAMENTOS DEL MODELADO

En la actualidad la administración se vuelve cada día mas difícil, conforme los sistemas organizados por el hombre de nuestra sociedad se hacen más complejos. Esta complejidad se deriva de las interrelaciones entre los diversos elementos de nuestras organizaciones y los sistemas físicos con los que interactúan. Aunque esta complejidad ha existido durante mucho tiempo, apenas estamos empezando a valorar su importancia. Ahora nos damos cuenta de que cambiar un aspecto de un sistema "puede muy bien producir cambios o crear la necesidad de cambios en cualquier otra parte del mismo" (SHANON, Robert E. op. cit., p.11); de ahí que la técnica de análisis de sistemas (también denominada ciencia de la administración o investigación de operaciones) haya evolucionado para ayudar a los administradores e ingenieros a estudiar y entender las ramificaciones y

consecuencias de dichos cambios. Más específicamente a partir del advenimiento de las computadoras, la simulación ha sido una de las herramientas más importantes y útiles para analizar el diseño y operación de complejos procesos o sistemas. Simular, según el Diccionario Universitario Webster es "fingir, llegar a la esencia de algo, prescindiendo de la realidad".

Para realizar la simulación de un sistema es necesario tener un modelo de éste, y que el modelo sea entendido por un sistema de cómputo para realizar las funciones deseadas. El modelo debe desarrollarse para resolver problemas específicos. "La forma, sin embargo depende de los conocimientos, habilidades y políticas de trabajo del analista, requiere una estructura organizada que englobe los sistemas que componen el problema" (PRITSKER, Alan E., op. cit., p.11). Si el sistema puede ser traducido a un lenguaje y variables de manera que una combinación de valores de éstas representen un estado o condición del sistema, entonces la manipulación de los valores de las variables simulan un movimiento del sistema de un estado a otro. Esto es precisamente el objetivo del modelado: hacer una representación dinámica del comportamiento de un sistema moviéndolo de un estado a otro de acuerdo a las reglas de operación previamente definidas.(PRITSKER, Alan E., op. cit., p.1)

#### 2.4 METODOLOGIA GENERAL DE LA SIMULACION

La simulación es una técnica que puede emplearse para formular y resolver una amplia gama de modelos. Esta gama es tan amplia que incluso se ha llegado a decir que "si todo lo demás falla, utilícese la simulación". La

simulación proporciona un modelo descriptivo de un problema de decisión. Los criterios específicos de optimización no pueden incorporarse directamente en los modelos de simulación, ésta sólo puede usarse para predecir o describir que pasaría bajo un conjunto dado de circunstancias y no para indicar que debería hacerse con relación a criterios específicos de decisión (SCHROEDER, Roger G., "Administración de Operaciones", p. 42).

Los pasos que deben seguirse en cualquier estudio de simulación se muestran en la figura 2.1 (SCHROEDER, Roger G., op. cit., p. 43) y se describen enseguida.

#### **A) DEFINICION DEL PROBLEMA**

Para estudiar un problema de decisión relevante debe primeramente ser aislado. Para extraer el problema de su medio ambiente y aislarlo de forma adecuada, es necesario tener buena experiencia en el área a que pertenece. La definición del problema, también que se establezcan los objetivos, restricciones y suposiciones necesarias que habrán de considerarse. Una vez que el problema ha sido definido en términos generales, puede desarrollarse un modelo cuantitativo específico.

#### **B) DESARROLLO DEL MODELO**

Para desarrollar los modelos de simulación, es necesario definir las variables controlables (o variables de decisión, ya que dependen del analista del problema) e incontrolables (no controlables por el que va a tomar la decisión), las medidas de eficiencia, las reglas de decisión y las funciones

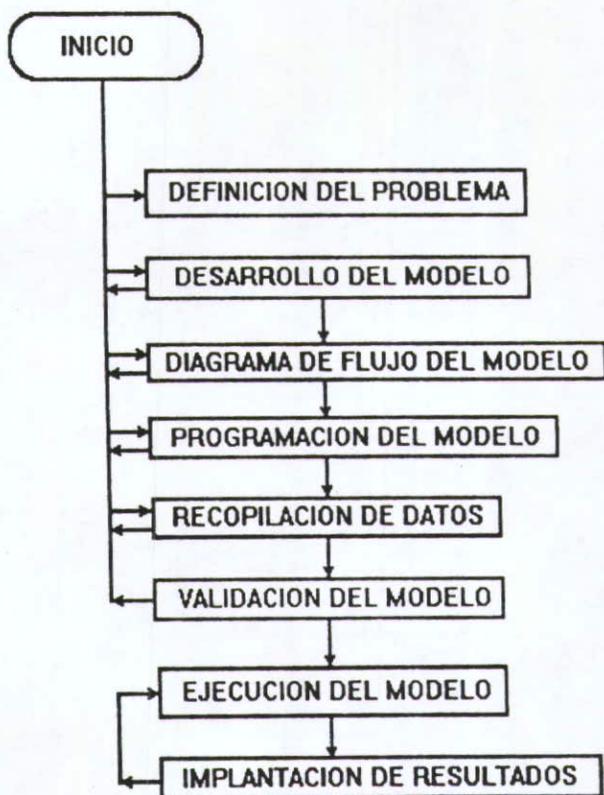


Figura 2.1

Diagrama de los pasos a seguir en el proceso de un estudio de simulación.  
Fuente: Schroeder, Roger G., "Administración de Operaciones", p. 48.

del modelo. De este modo, se llegará a una representación matemática específica del problema. Entre una corrida y otra las variables controlables son las que su valor cambiará para experimentar y hacer las diferentes simulaciones.

Una vez definidos los elementos del modelo, se procede a la elaboración del diagrama de flujo y de la codificación para el programa de computadora.

### **C) DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO**

Todo modelo de simulación debe siempre representarse mediante un diagrama de flujo antes de realizar la programación en la computadora. Los diagramas de flujo nos sirven para poner en forma clara y precisa la parte de la lógica computacional del modelo. Esto facilita la programación en la computadora y ayuda al constructor del modelo a descubrir errores lógicos.

Al construir diagramas de flujo, se usan dos tipos de símbolos:

- a) Símbolos de operación. Para representar actividades desarrolladas en el modelo del sistema. Estas actividades pueden ser asignar valores a variables, generar valores, etc.
- b) Símbolos de decisión. Generalmente son rombos a partir de los cuales el flujo se divide en dos ramas alternativas de cursos de acción dependiendo del resultado de la evaluación de la comparación o condición expresada en esa parte del diagrama de flujo.

Por lo general los diagramas de flujo se dibujan de arriba hacia abajo, y en caso de que se termine el espacio se utilizan símbolos llamados conectores para indicar dónde continúa el flujo de las actividades o cursos de acción.

#### **D) PROGRAMACION DEL MODELO**

Un buen diagrama de flujo facilita la programación del modelo de simulación para su operación en la computadora. El objetivo del programa consiste en que cuando se usa el modelo de simulación para la toma de decisiones, resulta fácil cambiar la amplitud de la corrida y cualquier otro parámetro de entrada.

Los programas de simulación pueden hacerse en diferentes lenguajes de computadora. Existen lenguajes generales como BASIC, PASCAL, FORTRAN, COBOL, y lenguajes especiales para simulación como SLAM y GPSS. La ventaja de los lenguajes especiales radica en que el uso de instrucciones especiales para simulación simplifica mucho la codificación del programa. Por ejemplo, el lenguaje SLAM contiene instrucciones que pueden usarse para generar llegadas de entidades al sistema, para construir líneas de espera, y para registrar estadísticas de uso común para ayudar en la toma de decisiones.

#### **E) RECOLECCION DE DATOS**

Con el fin de especificar los datos de entrada del programa, se debe hacer una recolección de datos útiles y válidos.

La recolección de datos es frecuentemente una de las partes más costosas, difíciles, y que requieren un mayor cuidado y tiempo en el estudio de simulación.

Entre los diferentes autores de este tema algunos sugieren que la recolección de datos debe realizarse antes de la codificación del programa, y no después de ésta. A mi juicio creo que depende de la magnitud y complejidad del problema, lo urgente que sea y la facilidad en tiempo y

costo de la obtención de los datos para realizarla antes o después de la codificación del programa. Incluso, cuando el tiempo estimado de recolección es muy largo, ésta se realiza simultáneamente a la programación, en este caso se tiene la ventaja de que al terminar la programación, los datos ya estarán listos para dar inicio a la fase de validación.

#### **F) VALIDACION DEL MODELO**

La validación determina si el modelo de simulación es una representación lo suficientemente exacta del mundo real, es decir que las suposiciones, los datos y la estructura del modelo se acerquen a la realidad del sistema. No es necesario que el modelo refleje todas y cada una de estas condiciones pero sí que sea una descripción simplificada del sistema, para que el modelo pueda ser controlable y no resulte tan costoso. Por tanto, las suposiciones para la simplificación que se incorporan en el modelo deben verificarse mediante el proceso de validación.

Existen distintos tipos de validación: de los parámetros de entrada y de la amplitud de la corrida. La validación de los parámetros de entrada tiene como finalidad determinar si los datos usados en el modelo se ajustan a los valores correctos.

Se pueden usar pruebas estadísticas (por ejemplo, un análisis de varianza o la prueba Chi cuadrada) para determinar si la distribución observada es un buen ajuste a la distribución real. Si las pruebas indican que no lo es, probablemente será necesario hacer más corridas o bien puede deberse a un error en la codificación.

Pueden aplicarse pruebas similares a los valores que produjo el modelo para determinar si la simulación está generando o no pronósticos confiables. Este tipo de comparaciones de los resultados del modelo puede probarse en forma estadística igual que para los datos de entrada.

Por último, la validación puede estar relacionada con la amplitud de la corrida. En la simulación, la amplitud de la corrida, se establece de forma que se obtengan resultados estables o realistas. Una forma de determinar la amplitud de la corrida es hacer una gráfica de los resultados del modelo contra la amplitud de la corrida y determinar en qué punto los resultados son estables. También pueden aplicarse técnicas estadísticas estándar para determinar en qué momento se da la estabilidad.

Para asegurarse que el modelo es adecuado a la realidad, puede ser necesario hacer cambios. Esto conduce a un ciclo retroalimentativo que va desde la validación hasta los primeros pasos del proceso de modelado. La validación además de proporcionar una guía para la revisión del modelo, ayuda a determinar una amplitud adecuada para las corridas de simulación. Una vez que la etapa de validación ha concluido, puede decirse que el modelo está listo para usarse.

#### **G) EJECUCION DEL MODELO**

Para ayudar a la toma de alguna decisión, el modelo de simulación se ejecuta o se corre con distintos casos que puedan interesar en la experimentación.

Para la formulación de dichos casos puede ser necesario hacer diseños de experimentos, para observar como se comporta el modelo en condiciones

críticas o extremas, o simplemente en condiciones ya conocidas para evaluar su desempeño, ya que estas ejecuciones iniciales son corridas piloto, y son también las últimas pruebas de comprobación de la validez del modelo. Será útil para el diseño de estos experimentos tener en cuenta lo siguiente:

- a) La amplitud y duración de cada corrida.
- b) El número de corridas de la simulación independientes entre sí con respecto a las condiciones de operación.
- c) Las condiciones iniciales de cada corrida.
- d) El número de corridas con diferentes condiciones de operación.

En los estudios de simulación, es necesario aplicar un análisis de sensibilidad para observar qué tan sensibles son los resultados en términos de las suposiciones hechas, y en muchos casos este análisis es una parte muy valiosa, ya que deja al tomador de las decisiones una "percepción" de la situación en particular.

#### **H) IMPLANTACION DE RESULTADOS**

En nuestra búsqueda por la construcción de un modelo, a veces se olvida que los estudios de simulación no son útiles hasta que tienen un impacto en la toma de decisiones. Esto quiere decir que el resultado del estudio debe producir un cambio en el comportamiento o, cuando menos, proporcionar una confirmación de que las acciones actuales son correctas. En este último caso, el estudio puede evitar un cambio que no hubiera sido conveniente.

En consecuencia, la implantación requiere que se consideren las reacciones del comportamiento de los tomadores de decisiones así como de las personas que trabajan con ellos.

## **CAPITULO 3**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **3.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA Y SUS PRODUCTOS**

La actividad principal de la empresa en la que se hizo el estudio de simulación es la producción de químicos que sirven como materia prima para otros procesos industriales. Estos procesos industriales son básicamente para la elaboración y el procesamiento de alimentos.

La mayoría de los productos químicos que se elaboran son derivados de productos naturales, por ejemplo, el maíz. Para la extracción de los químicos de los productos de la naturaleza, se sigue un proceso determinado por la química orgánica, por lo que la empresa cuenta con un grupo experto en esta materia, el cual se encarga de revisar y supervisar que el procedimiento de producción sea el adecuado y de estudiar posibles mejoras en éste.

### **3.2 DEFINICION DEL PROBLEMA**

Este estudio se enfocó exclusivamente en el procedimiento de producción de los derivados del maíz, en la categoría de Acidos Grasos.

Actualmente, se producen 22 tipos de ácidos grasos, los cuales son los siguientes:

A1	A12
A2	A13
A3	A14
A4	A15

A5	A16
A6	A17
A7	A18
A8	A19
A9	A20
A10	A21
A11	A22

El proceso de producción es básicamente el mismo para todos los productos, lo único que varía entre cada uno de ellos, es la cantidad de las diferentes materias primas, y los tiempos de reacción, de espera en los tanques, etc.

El proceso se muestra en la figura 3.1 y consta de 5 etapas o pasos:

**TIEMPO DE REACCION:** Este paso incluye desde la mezcla de las 4 materias primas diferentes para todos los productos, en diferente proporción para cada uno de ellos e incluye también el tiempo de reacción a determinada temperatura y presión y cierto tiempo de reacción según el producto.

**ESTANCIA EN EL TANQUE RECIBIDOR:** Una vez que han reaccionado las materias primas, el producto pasa a un tanque "recibidor" en el cuál tiene un tiempo de estancia variable dependiendo del producto que se trate. La espera es con el fin de que el producto se enfríe y se mantenga estable.

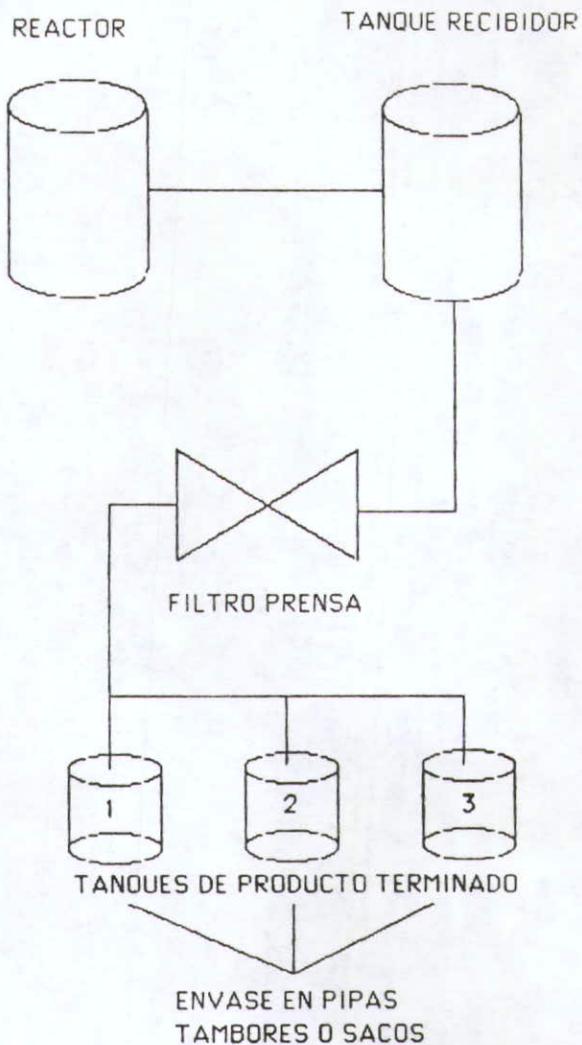


FIGURA 3.1. DIAGRAMA DEL EQUIPO DEL PROCESO DE PRODUCCION

**FILTRADO:** Ya enfriado el producto, pasa por un proceso de filtrado para eliminar posibles grumos, impurezas o cualquier partícula extraña que pueda alterar la calidad del producto final. El tiempo de filtrado también depende del producto que se trate y de la viscosidad del mismo.

**TANQUE DE PRODUCTO TERMINADO:** El producto que sale del filtro, se deposita en un tanque de producto terminado, en este caso se cuenta con tres tanques de producto terminado, los dos primeros se usan indistintamente para todos los productos, excepto para el ácido número 16 que utiliza exclusivamente el tanque tres. En caso que el tanque tres esté desocupado y los otros dos no lo estén, el ácido número 22 es el único producto que puede utilizar también este tanque, en caso de estar disponible. La función del tanque de producto terminado, es preparar el producto para el envase y hacerle ciertos "ajustes", que consisten en comprobar la adecuada coloración del producto final.

**ENVASE:** Una vez obtenido el producto terminado, se envasa para ser distribuido. En la empresa se manejan tres tipos de envase:

- a) Pipas
- b) Tambores
- c) Hojueleo. Que consiste en el secado del líquido, para posteriormente colocar las escamas producidas en sacos.

Debido a que todos los productos se procesan con el mismo equipo, y los tiempos de estancia en las etapas del proceso es diferente para cada uno de ellos, si no se hace una secuenciación adecuada, se producen tiempos

mueertos o tiempos en que el equipo no se utiliza y/o se bloquea en las diferentes etapas del proceso de producción.

El problema fundamental es la diferencia de tiempos utilizados por cada producto en cada etapa. Como éstos no pueden ser cambiados, entonces la solución es una adecuada secuenciación de los lotes de producción para evitar tantos tiempos muertos como sea posible. Estos tiempos muertos se dan, por ejemplo cuando se está envasando un producto el cual tiene un tiempo de envase muy largo (generalmente cuando se trata de hojueleo y posteriormente envase en sacos) y a la vez se han programado varios lotes seguidos con este tipo de envase. El bloqueo viene cuando se está envasando el producto debido a que mientras se está haciendo el envase (hojueleo), el tanque de producto terminado (supongamos que se trata del tanque 1) está vaciándose, pero no está disponible. Esto provoca que se utilice otro tanque de producto terminado (el tanque 2), el cual si tiene que envasarse en sacos, tiene que esperar a que el producto del tanque uno termine de envasarse, y desocupe el hojueador. Esto provoca que ambos tanques de producto terminado estén ocupados y no sea posible el procesamiento de los lotes siguientes, debido a que el equipo se va ocupando y no es posible el flujo del producto de una etapa del proceso a la siguiente porque ésta se encuentra ocupada. Esto podría solucionarse o mejorarse insertando entre una carga y otra la producción de un químico que no necesitara un envasado en sacos, por ejemplo que fuera a envasarse en pipas, que el tiempo de envase es más corto que el de hojueleo. Esto nos permitiría ganar tiempo en la utilización del equipo, ya que para la siguiente carga del hojueador, éste tal vez ya esté desocupado, o el tiempo de espera sea mínimo.

Con todas estas consideraciones, hacer una programación acertada y que tendiera al óptimo, podría realizarse "a mano" por el usuario, calculando, con los tiempos requeridos por cada producto en cada parte del proceso, lo que tardaría cada lote en ser procesado, y así sucesivamente con cada uno de los lotes programados para el periodo de producción. Posteriormente se probarían distintas combinaciones de programación de lotes y se elegiría hacer la programación de producción que resultara con el mayor tiempo de utilización efectiva del equipo.

Este camino, como se puede uno imaginar resulta excesivamente tardado y laborioso, para una tarea que se tendría que realizar cada semana.

Con el presente estudio de simulación se presenta la herramienta que evitará hacer la programación de la producción tan tardada y tal vez inexacta, proporcionando un método rápido y eficiente, que servirá como un sistema operativo en la empresa, ya que se puede utilizar la misma herramienta en todas las distintas programaciones semanales de producción.

Este mismo estudio, aparte de servirnos para encontrar una programación adecuada de producción (no necesariamente óptima), nos permite hacer un análisis, para saber con anticipación, si será necesario contratar tiempos extras o más turnos de trabajo, para completar la demanda de producción, ya que indicará el tiempo total necesario para este fin.

### **3.3 LIMITES DEL PROBLEMA**

Las limitaciones con las que se enfrenta uno al hacer este estudio son eventos que no están bajo el control de los operarios, ni de la empresa generalmente.

Como límites del problema, podemos considerar que no se consideran las descomposturas y fallas del equipo, debido a que no son predecibles ya que se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo de éste.

Tampoco se consideran las fallas de los proveedores, como retrasos de entrega, variaciones en los precios, e incluso escasez de la materia prima.

Obviamente no se pueden hacer cambios en las temperaturas y tiempos de reacción, de estancia en el tanque receptor, de filtrado, y en las especificaciones de envase de los distintos productos.

## **CAPITULO 4**

### **ELABORACION DEL SISTEMA PARA EL USO DEL MODELO DE SIMULACION**

#### **4.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA.**

Por sistema se entiende, un conjunto de programas y archivos de computadora, interrelacionados entre sí para obtener cierta información y con ella llegar a algún objetivo específico.

En la figura 4.1 se muestra un diagrama del sistema al que se refiere este estudio, en el cual se observan las relaciones que los diferentes programas y archivos tienen entre sí.

Entre los elementos que componen el sistema, encontramos los siguientes programas:

- 1 **Modelo SLAM Básico.** Es el modelo del proceso de producción, pero sin incluir en él los datos de las programaciones de producción, por lo tanto no se puede hacer una ejecución directa de este modelo.
- 2 **Programa de Captura.** Este programa realiza la captura de los datos de la nueva programación de lotes a producirse, graba el archivo de parámetros de la información proporcionada y con ésta, modifica el modelo SLAM básico.
- 3 **Modelo SLAM con Programación actualizada.** Es el resultado de la modificación del modelo SLAM básico, que, junto con el archivo de parámetros, crean el modelo SLAM incluyendo los datos de la nueva programación. Este modelo, con esta información, ahora ya puede ser ejecutado y generar resultados.
- 4 **Programa de Despliegue de Datos.** Este programa analiza los resultados generados por la corrida del modelo de SLAM, los acomoda de forma lógica y entendible, e imprime un reporte final que podrá ser interpretado por el usuario.

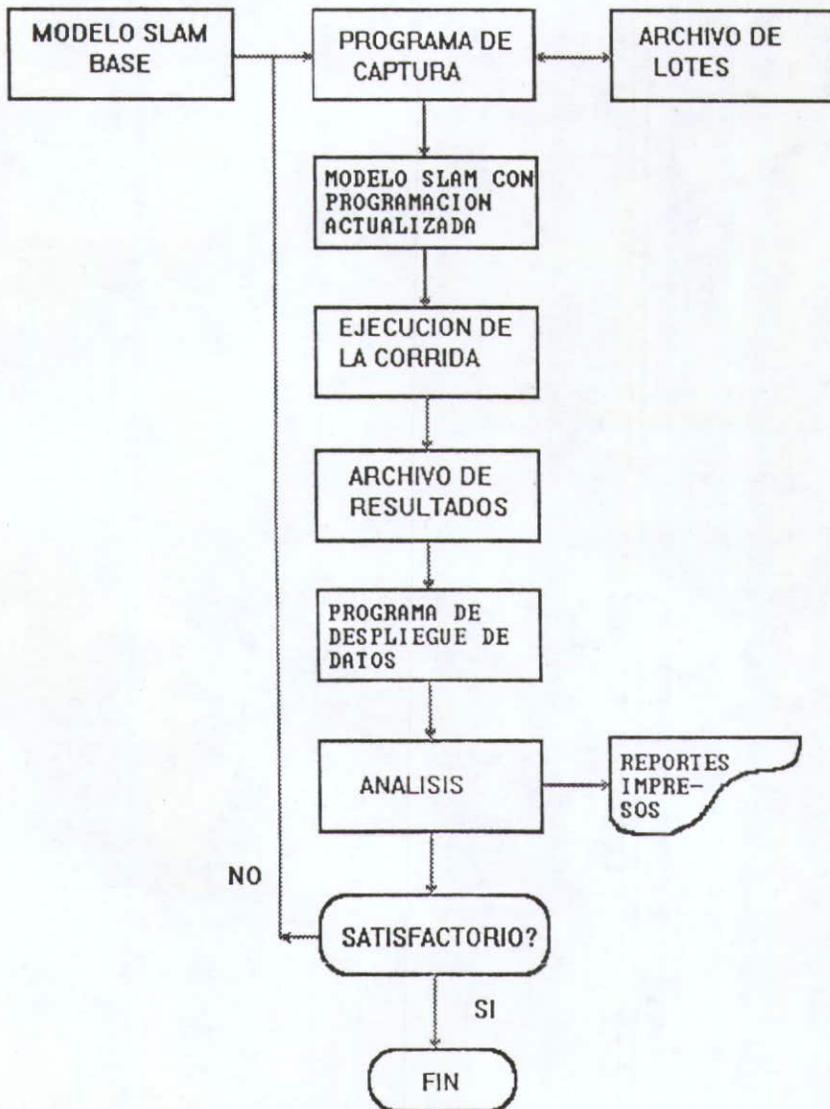


FIGURA 4.1. Esquema de la relación de programas que componen el sistema.

También encontramos los siguientes archivos, como partes del sistema:

- a) Archivo de Lotes. En este archivo se guardan los datos de la última programación de la producción, como el título de ésta, el número total de lotes que se producirán, el código de los productos, así como la cantidad, tipo de envase, código interno y cargas parciales requeridas por cada uno de ellos.
- b) Archivo de Resultados de la Simulación. Este archivo, también llamado archivo TRACE, contiene los resultados de la corrida del modelo SLAM modificado. Cada evento es registrado en el tiempo en que sucedió, y es grabado en este archivo con una variable de identificación, con esta información se realiza posteriormente el análisis y acomodo de los datos por el programa de despliegue de datos.

En el diagrama se observa que el programa de captura en conjunto con el modelo SLAM base (es decir el modelo de simulación sin datos de la programación de producción) y el archivo de lotes (este sí contiene los datos de la programación de la producción actualizada) generan el modelo SLAM, con la información de los productos y cantidades que se van a producir.

Una vez creado el modelo SLAM, con la nueva programación de la producción, se ejecuta la corrida del modelo, esto con el software especial y el sistema operativo de SLAM II. Esta corrida, genera un archivo de resultados y tiempos empleados por determinadas actividades definidas en el modelo.

SLAM II cuenta con reportes estadísticos o "reportes del OUTPUT". Dentro de la programación del modelo se incluyeron variables para el consumo y el punto de reorden de las materias primas. A partir de estos reportes, se puede reconstruir cómo fue el comportamiento de cada una de ellas.

Posteriormente, el programa de despliegue de datos leerá el archivo de resultados generado por la corrida del modelo, lo analizará y acomodará los datos de forma lógica y fácilmente entendible por el usuario. Con la información ya procesada, el programa imprimirá un reporte para el usuario, quien analizará e interpretará los resultados de la corrida, y a partir de esta evaluación, podrá hacer modificaciones que considere como mejores alternativas al programa de producción. Después de varias corridas y mediante la evaluación de los resultados, se podrá encontrar una programación que se considere satisfactoria.

Como se observa, el sistema consta de tres programas principales:

### **1 Programa de captura de datos.**

La función de este programa será hacer la captura de los datos del programa de producción, es decir, los datos suministrados serán los datos de cada lote. Veamos por ejemplo la figura 4.2, en la que se muestra una pantalla típica del programa de captura. Para hacer un registro adecuado y útil, tanto para los cálculos necesarios como para el usuario, se determinó cierta estructura en la que cada lote consta de tres datos básicos, los cuáles se explican enseguida, junto con una descripción simultánea de su ubicación en la pantalla.

a) Nombre del producto. Dato que se proporciona según un código especificado en la sección 3.2 de este estudio. Por ejemplo, en caso de tratarse de Acido 1 o Acido 10, los códigos serán A1 o A10 respectivamente y aparecerán en la segunda columna del despliegue en pantalla del programa, es decir la columna definida por la clave "CPROD", ya que en la primera aparecerá el número de lote al que

corresponde el producto, es decir la columna que aparece por debajo de la clave "LOTE".

- b) Los kilogramos deseados de cada producto. Este dato es capturado en la tercera columna, la que aparece debajo de la clave "KGPRODT". A este dato se le hará un ajuste según las capacidades del reactor que varían entre un producto y otro. Por ejemplo si observamos el lote número tres de la figura 4.2, se requiere de 9 mil kilogramos del producto A1, el cual tiene 8 mil kilogramos de capacidad en el reactor, la cantidad producida se elevará a 16 mil kilogramos, debido a que una sola carga (8 mil kg) no satisface la demanda requerida, por lo tanto se harán dos cargas del reactor, aunque se sobrepase la cantidad deseada, ya que éste (el reactor) debe cargarse completamente, no podemos hacer "medias cargas". Estos datos, los kilogramos ajustados, junto con la cantidad de cargas de reactor que resulten, y el tipo de envase, se desplegarán en la pantalla en las columnas 4 (debajo de la clave "KGPTAJ", KiloGramos de Producto Terminado AJustados), 5 (clave "CARGASP", CARGAS Parciales) y 6 (clave "ENVASE") respectivamente.
- c) La clave interna con que se maneje el producto. Esta clave consta de cinco caracteres, los cuales pueden ser numéricos o alfabéticos con el fin de facilitar la identificación del lote que se está capturando. Se desplegará en pantalla en la séptima columna (debajo de la leyenda "CODLOTE") después de que el programador lo teclee.

El programa también contará con funciones para facilitar su uso en la experimentación con la secuencia de los lotes. Entre estas funciones podemos mencionar que a cada corrida se le puede asignar un nombre, que deberá proporcionarse al inicio del programa y que aparece centrado en el

tercer renglón (en este ejemplo, denominado "TITULO"). Otras funciones son el copiado e inserción de lotes entre la secuencia ya definida de producción (teclas F5 y F6 respectivamente), esto con el fin de hacer correcciones y experimentar nuevas opciones; Borrado de lotes, ya sea de uno por uno (tecla F3) o todos a la vez (tecla F7); Cambiar de página, si es que en la primera pantalla (o página) no alcanzan a visualizarse todos los lotes incluidos en la programación (F1 para visualizar la página anterior y F2 para la página siguiente); Para mover el cursor de un lote a otro, se utilizarán las flechas del teclado, ya sea para moverse hacia arriba o hacia abajo en la pantalla; en la parte inferior izquierda de la pantalla se observa la cantidad de kilogramos ajustados del lote en el que se encuentre posicionado el cursor (en este ejemplo, la cantidad es 26,000 kilogramos, que es la cantidad de kilogramos ajustados del lote en que se encuentra posicionado el cursor); en la parte inferior derecha se podrá observar el número del lote que se ha deseado copiar, pero que aún no ha sido "pegado", es decir no ha sido transferido a la nueva posición seleccionada; para terminar la captura se oprimirá la tecla "ESC", seguido de lo cuál se le preguntará al usuario si desea modificar el modelo de simulación e incluso se contará con una función que preguntará la cantidad de horas que se trabajarán a la semana en caso de que el modelo de simulación sí sea modificado. Una vez que se haya terminado de capturar los datos en el programa, también modificará el modelo de simulación de forma que la corrida del modelo incluya los datos de la programación de lotes recién dada. El programa también graba el archivo de las características de los lotes o "archivo de parámetros", el cual permanece hasta la siguiente simulación y con estos mismos datos de los lotes de producción, el

programa de captura crea (a partir del modelo base) el modelo de simulación con la programación actualizada.

El programa de captura se elaboró en lenguaje BASIC, por contar con funciones de manejo de archivos (para guardar los datos de cada programación y modificar el modelo de simulación), capacidad de elaborar operaciones matemáticas como se requieren en este caso (como el cálculo de las cargas parciales), y por facilitar el manejo de arreglos matemáticos (como los arreglos que contengan las especificaciones de cada producto para cada etapa).

## **2. Modelo de simulación del proceso de producción.**

El modelo de simulación, debe representar adecuadamente el proceso de producción incluyendo las especificaciones necesarias de cada producto en el proceso. El proceso de producción es el explicado en la sección 3.2 y al que debe apegarse el modelo.

El modelo está programado en SLAM II, un lenguaje especialmente creado para simulación, que ya se cuenta con el en la empresa donde se realizó el estudio, y el cual ha comprobado su eficacia, en anteriores estudios de simulación, ya que incluye todas las funciones que se requieren en un proceso de este tipo, como pueden ser el hacer líneas de espera (en este caso, la secuencia de lotes a producir), recolección de estadísticas necesarias para el estudio (como tiempo empleado en cada etapa), y generación y manejo de archivos (al hacer la ejecución del modelo se generan archivos de salida de resultados, que serán interpretados por el programa de despliegue de resultados).

### **3. Programa de despliegue de resultados.**

El propósito del programa de despliegue de resultados, es presentar de una forma lógica y entendible, los resultados generados por la corrida del modelo de simulación.

El programa despliega un título para indicar de qué se trata el reporte impreso, incluyendo el nombre de la corrida, la fecha y la hora en que fue ejecutada. Debajo de esto se generan tres formas de despliegue de datos, para una mejor comprensión y facilitar la toma de decisiones.

**A) El despliegue gráfico de los datos.** En este reporte, cada etapa o paso del proceso se representa con una letra (cada letra representa dos horas aproximadamente en la etapa correspondiente; "aproximadamente", debido a que la computadora redondea la cifra a dos horas) según la siguiente tabla:

R = Reactor

B = Tanque recibidor

F = Filtrado

1 = Tanque de producto terminado número 1

2 = Tanque de producto terminado número 2

3 = Tanque de producto terminado número 3

P = Envase en pipas

T = Envase en tambores

H = Envase (por hojueo) en sacos

Cada lote se representará en forma gráfica por medio de éstas letras, de forma de que cada carga parcial de cada lote, forme un "renglón" que complete todo el proceso de producción ubicado en la gráfica con respecto a una línea de tiempo. Por ejemplo una carga parcial podría estar representada por un renglón como éste:

RRRRBF1PP

El cual representa que esta carga parcial estuvo ocho horas aproximadamente ya que se redondea la cifra (esto representado por 4 letras R de dos horas cada una), dos horas en el tanque receptor, dos horas de filtrado, dos horas en el tanque de producto terminado número 1, y cuatro horas en el envase de pipas.

B) Resumen de resultados. En esta parte del reporte se presenta una tabla detallada de tiempos empleados por cada carga parcial de cada lote. Es decir, se da el tiempo exacto que permaneció cada carga en cada etapa de proceso, además de presentar el tiempo acumulado en el que inició y terminó cada paso.

Por ejemplo, en la siguiente tabla se muestra un fragmento de este reporte:

```

=====
/A2  LOTE 1  CP 1 \
ETP  INI  TER  DUR
=====
REA :  0.10 21.40 21.30
RCB : 21.40 23.40  2.00
FIL : 23.40 25.40  2.00
TQ1 : 25.40 29.40  2.00
      ;  0.00  0.00  0.00
      ;  0.00  0.00  0.00
      ;  0.00  0.00  0.00
      ;  0.00  0.00  0.00
HJL : 29.40 52.30 22.90

```

En el primer renglón que aparece debajo de las líneas punteadas se observa que los datos corresponden al lote 1, "LOTE 1", del producto A2, en su primera carga parcial, "CP 1". Posteriormente, aparece el renglón "ETP INI TER DUR" el cuál define las columnas donde aparecerán los datos de la etapa del proceso a que se hace referencia ("ETP"), el tiempo en el que se inició ("INI") y se terminó ("TER") dicha etapa, junto con su duración ("DUR").

Por ejemplo, analizando el primer renglón numérico, observamos que en la etapa de reacción "REA" inició a la hora 0.10, y se terminó a la hora 21.40, teniendo una duración total de 21.30 horas (es decir  $21.40 - 0.10 = 21.30$  horas). Obsérvese que la siguiente etapa, la llegada al tanque receptor,

"RCB", inicia justo cuando la reacción finaliza (considerando el tiempo de vaciado del reactor al tanque en el tiempo de reacción), es decir a las 21.40 horas.

C) Totales reales por paso del proceso. En esta parte se presenta el total de tiempo en horas empleado por todas las cargas parciales de cada lote, en cada paso del proceso de producción. Es decir, que en este reporte podemos observar el tiempo total empleado por cada parte del equipo necesario para la producción de los ácidos grasos.

En la siguiente figura se muestra un reporte típico:

#### TOTALES REALES POR PASO DEL PROCESO

---

REA	132.90 HORAS
RCB	8.00 HORAS
FIL	8.00 HORAS
TQ1	10.00 HORAS
TQ2	8.00 HORAS
TQ3	0.00 HORAS
PIP	0.00 HORAS
TMB	8.00 HORAS
HJL	15.00 HORAS

En esta tabla podemos observar que el reactor fue utilizado 132.90 horas en total, es decir, que el tiempo empleado por todos los lotes con sus respectivas cargas parciales en el reactor fue dicha cantidad. De igual manera se aprecia que el tanque recibidor se utilizó 8 horas, el filtro también se empleó 8 horas y así sucesivamente con todas las etapas del proceso. También es posible que el equipo no sea utilizado, como en este caso, el tanque de producto terminado número 3 y el envase en pipas, esto se debe a que en la programación de la producción no se incluyó el producto A16 o el A22, que son los que utilizan el tanque número tres o el envase en pipas.

La otra parte del programa de despliegue de resultados, es el presentado en pantalla (ver tabla 4.3), en el cual se representa cada lote en el momento en que empezó y terminó cada fase del proceso de producción, mediante un asterisco. También en el momento de comenzar a producir un lote, aparecerá en la parte superior de la pantalla, en el espacio correspondiente un corchete abierto ("["), y al finalizar todas las etapas de producción aparecerá un corchete cerrado ("]"). En caso de que un lote no complete todas las etapas de producción, en la pantalla se mostrará el corchete abierto indicando que el lote se empezó a procesar, pero no aparecerá el corchete cerrado, que indicará que no se completó el procesamiento de dicho lote, llegando sólo a la etapa donde se encuentre el último asterisco. Como se observa en la figura 4.3, el último lote, es decir el lote número 4, inició pero no terminó la fase de hojuleo, debido a esto, aparece un solo asterisco y no un par como en las otras etapas y en los otros lotes que sí finalizaron todas las fases, incluso la de envasado.

LOTE	1	2	3	4
I/F	[]	[]	[]	[
REA	**	**	**	**
RCB	**	**	**	**
FIL	**	**	**	**
TQ1		**	**	**
TQ2			**	
TQ3	**			
PIP	**			
TMB			**	
HJL			**	*

Tabla 4.3. Pantalla de resultados del programa de despliegue de datos.

## **4.2 OBTENCION DE DATOS**

Para la elaboración del sistema de simulación fué necesario obtener datos de todos los productos que se fabrican. Estos datos incluyen: cantidades de materias primas requeridas, kilogramos obtenidos después de que éstas reaccionan, y en general los tiempos que cada producto emplea en cada fase del proceso de producción.

Los datos fueron proporcionados por el Gerente de Producción de la empresa, y se muestran en la tabla 4.4.

## **4.3 CONSTRUCCION DEL MODELO.**

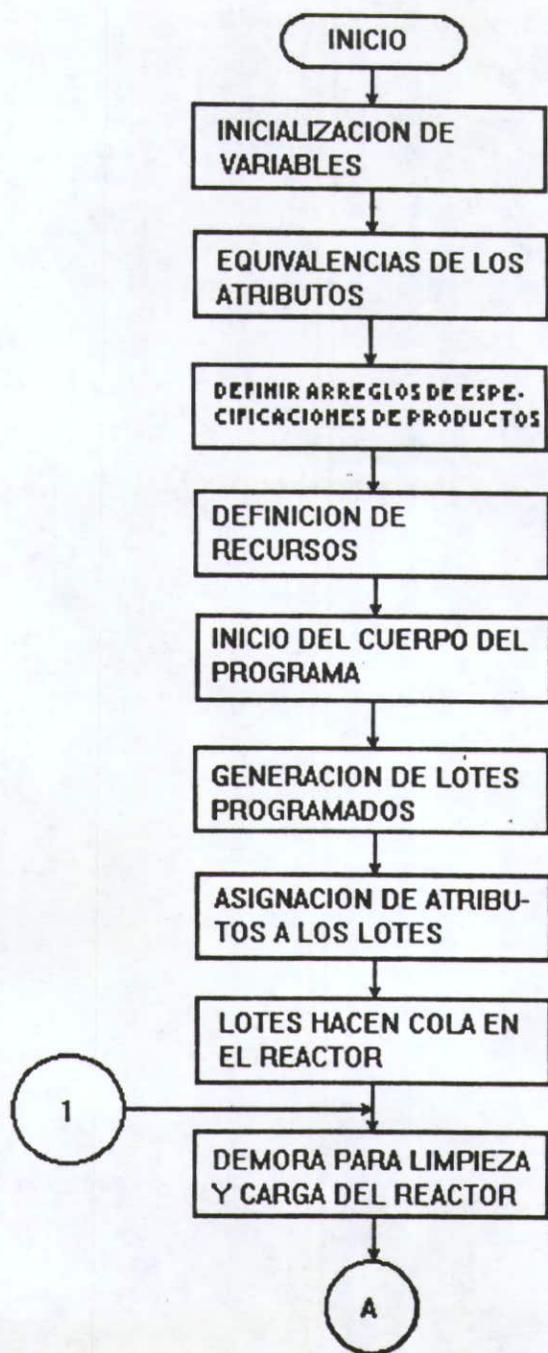
Esta sección se refiere únicamente al modelo de simulación del proceso de producción. A continuación se muestra la lógica seguida en la codificación del programa y la secuencia en la que el proceso de producción está diseñado. Posteriormente se hace una descripción de las variables empleadas en el modelo, con el fin de hacer una adecuada documentación del programa, y finalmente se presenta el listado de la codificación del modelo en el lenguaje SLAM II.

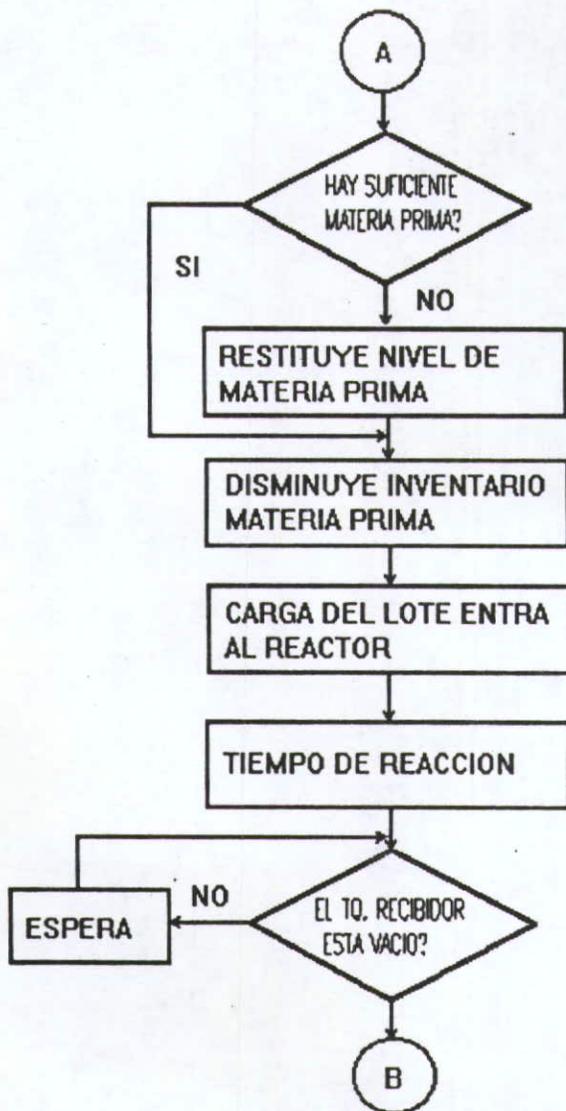
MATRIZ DE ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS.

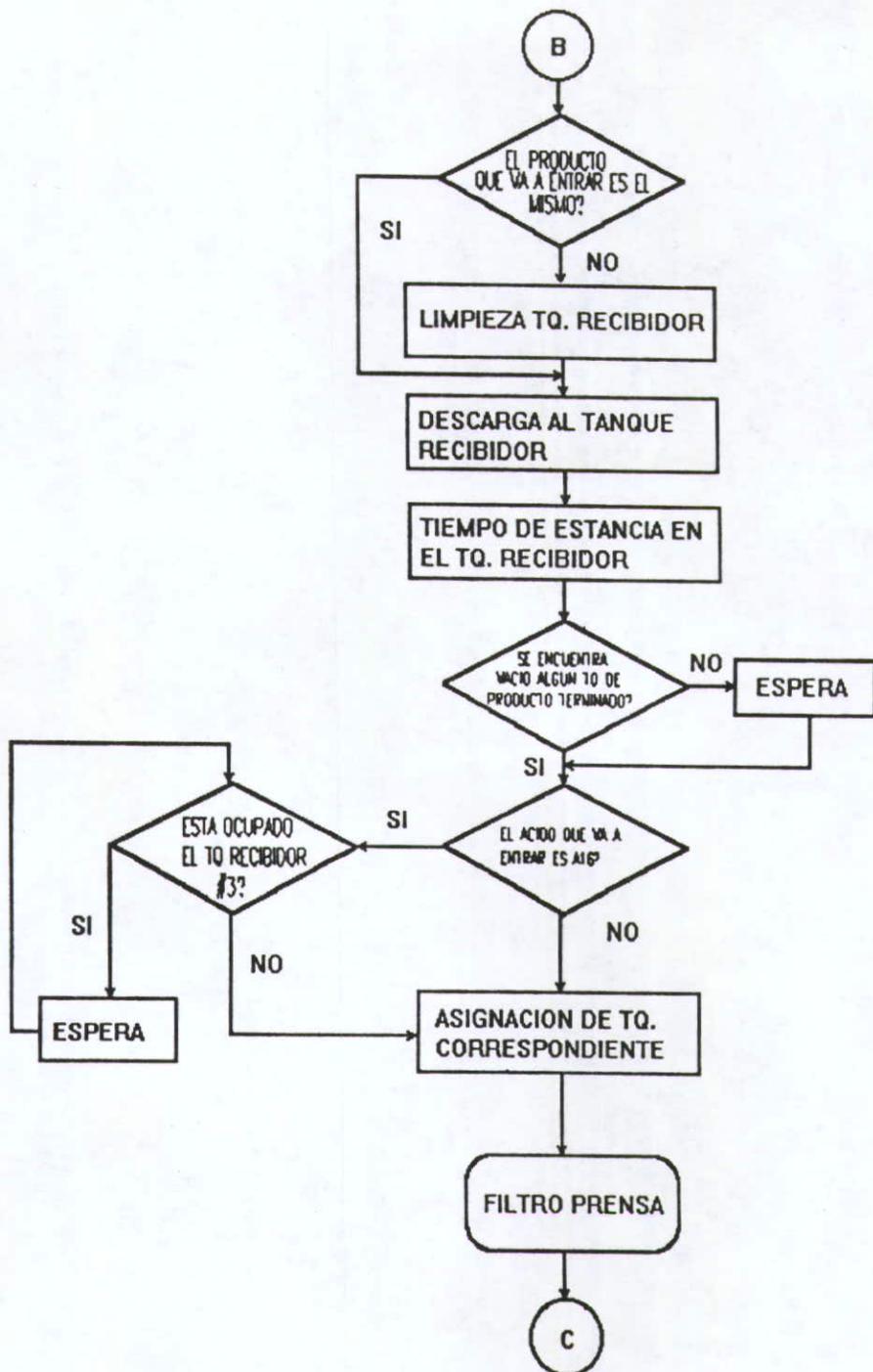
PRODUCTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ACIDO GRASO #1	2	3	8	2	5	5.0	5.0	8.0	4	2	4	2
ACIDO GRASO #2	2	3	8	3	23	4.9	7.0	8.0	4	2	4	2
ACIDO GRASO #3	2	3	16	2	5	6.5	4.0	7.5	4	2	4	2
ACIDO GRASO #4	2	3	17	2	6	6.5	4.0	7.5	4	2	2	2
ACIDO GRASO #5	2	3	6	3	23	1.8	8.2	9.0	4	2	2	2
ACIDO GRASO #6	1	3	12	2	4	1.8	8.2	9.0	4	2	2	2
ACIDO GRASO #7	1	3	12	3	24	1.8	8.2	9.0	4	2	2	2
ACIDO GRASO #8	1	3	13	2	5	1.8	8.2	9.0	4	2	2	2
ACIDO GRASO #9	1	3	14	3	22	1.8	8.2	9.0	3	2	2	2
ACIDO GRASO #10	1	4	11	3	22	1.7	8.3	9.9	4	2	4	2
ACIDO GRASO #11	2	3	13	3	22	1.8	8.2	10.5	4	2	2	2
ACIDO GRASO #12	1	3	15	2	5	6.5	4.0	9.3	6	2	2	2
ACIDO GRASO #13	1	3	13	2	5	1.8	8.2	1.2	5	2	3	2
ACIDO GRASO #14	2	3	15	2	4	1.9	8.1	9.0	4	2	3	2
ACIDO GRASO #15	1	3	13	3	22	1.9	8.1	9.0	3	2	2	2
ACIDO GRASO #16	1	4	6	1	4	1.7	8.3	13.0	4	2	30	2
ACIDO GRASO #17	1	3	9	3	22	5.0	8.2	8.0	4	2	4	2
ACIDO GRASO #18	1	3	17	2	5	4.9	5.0	8.0	4	2	4	2
ACIDO GRASO #19	2	3	16	3	23	6.5	7.0	7.5	4	2	2	2
ACIDO GRASO #20	2	3	17	3	24	6.5	4.0	7.5	4	2	2	2
ACIDO GRASO #21	1	3	8	3	26	0.0	4.0	6.5	4	0	1	0
ACIDO GRASO #22	2	3	16	2	2	6.5	6.5	7.5	4	2	2	2
ACIDO GRASO #23	2	3	16	2	4	6.5	4.0	7.5	4	2	2	2
ACIDO GRASO #24	2	3	16	2	3	6.5	4.0	7.5	4	2	2	2
ACIDO GRASO #25	2	3	16	2	2	6.5	4.0	7.5	4	2	2	2

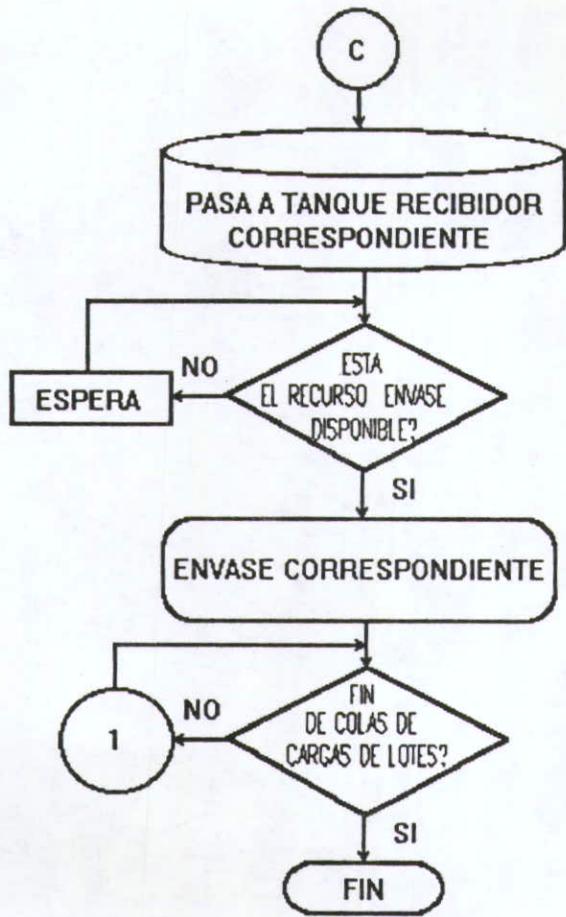
- A MATERIA PRIMA #1
- B MATERIA PRIMA #2
- C TIEMPO DE REACCION (HRS)
- D TIPO DE ENVASE
- E TIEMPO DE ENVASE (HRS)
- F TONS REQUERIDAS DE MAT. PRIMA #1
- G TONS REQUERIDAS DE MAT. PRIMA #2
- H CAPACIDAD DEL REACTOR (TONS)
- I TIEMPO DE CARGA (HRS)
- J TIEMPO EN EL TANQUE RECIBIDOR (HRS)
- K ESTANCIA EN TANQUE DE P. TERMINADO (HRS)
- L TIEMPO DE FILTRADO (HRS)

Fuente: Manual de Operaciones de la empresa química donde se elaboró el presente trabajo.









## LISTADO DE VARIABLES UTILIZADAS EN EL MODELO SLAM II

### Definición de recursos.

REACTOR	Archivo no. 2.
FPRENSA	Archivo no. 8.
PIPAS	Archivo no. 9.
TAMBOR	Archivo no. 10.
HOJUELEADO	Archivo no. 11.

### Definición de GATES.

TREACTOR	Puerta de entrada al tanque recibidor.
FILPREN	Puerta de entrada al filtro prensa.
TQ#1	Puerta de entrada al tanque de producto terminado no. 1.
TQ#2	Puerta de entrada al tanque de producto terminado no. 2.
TQ#3	Puerta de entrada al tanque de producto terminado no. 3.

### Descripción de Archivos.

- 1 Cola donde inician los lotes programados.
- 2 REACTOR.
- 3 Await de la puerta TREACTOR.
- 4 Await de la puerta TQ#3.
- 5 Await de la puerta FILPREN.
- 6 Await de la puerta TQ#1.
- 7 Await de la puerta TQ#2.
- 8 Await del recurso FPRENSA.
- 9 Await del recurso PIPAS.
- 10 Await del recurso TAMBOR
- 11 Await del recurso HOJUELEADO

### Descripción de Variables Globales.

XX(1)	Código del producto en el reactor.
XX(2)	Inventario en Kgs en el tanque de materia prima A.
XX(3)	Inventario en Kgs en el tanque de materia prima B.
XX(4)	Inventario en Kgs en el tanque de materia prima C.
XX(5)	Inventario en Kgs en el tanque de materia prima D.
XX(6)	Inventario en Kgs en el tanque recibidor.
XX(7)	Código de producto en el tanque recibidor.
XX(8)	Inventario el tanque de producto terminado no. 1.
XX(9)	Código de producto en el tanque no. 1.
XX(10)	Inventario el tanque de producto terminado no. 2.
XX(11)	Código de producto en el tanque no. 2.
XX(12)	Inventario el tanque de producto terminado no. 3.
XX(13)	Código de producto en el tanque no. 3.
XX(14)	Variable para limpieza del tanque de producto terminado no.1.
XX(15)	Código del producto que va a entrar al reactor.
XX(16)	Variable para limpieza del tanque de producto terminado no. 2.
XX(17)	Demora para limpieza del reactor.
XX(18)	Variable para limpieza del tanque de producto terminado no. 3.
XX(19)	Variable para limpieza del tanque recibidor.
XX(20)	Variable para envasado.
XX(21)	Código de producto actual en el reactor.

### Descripción de Atributos.

ATRIB(1)	Número de lote al que pertenece la entidad "LOTE".
ATRIB(2)	Código del producto "PRODUC".
ATRIB(3)	Cargas parciales por lote, "CPAR"
ATRIB(4)	Cargas totales, "CTOT".
ATRIB(5)	Notación para la materia prima no. 1, "MP#1": 1 = materia prima "A", 2 = materia prima "B".
ATRIB(6)	Notación para la materia prima no. 2, "MP#2": 3 = materia prima "C", 4 = materia prima "D".
ATRIB(7)	Tiempo de reacción en el reactor "TREAC".
ATRIB(8)	Notación para el tipo de envase "ENVASE": 1 = Pipas, 2 = Tambor, 3 = Sacos.
ATRIB(9)	Tiempo de envase "TENV".

- ATRIB(10) Kgs utilizados de materia prima no. 1, "KMP1".
- ATRIB(11) Kgs utilizados de materia prima no. 2, "KMP2".
- ATRIB(12) Kgs que salen del reactor, "KREAC".
- ATRIB(13) Tiempo total de carga, "TCARGA".
- ATRIB(14) Tiempo obligatorio de permanencia en tanque receptor, "TREC"
- ATRIB(15) Tiempo de filtrado, "TF".
- ATRIB(16) Notación para el tanque de producto terminado en que se almacena el producto "TPT":
  - 0 = Tanque 1,
  - 2 = Tanque 2,
  - 4 = Tanque 3.
- ATRIB(17) Hrs de permanencia en tanque de producto terminado, "EPT".
- ATRIB(18) Archivo del envase, "ARENV".

```

GEN,HGE, TESIS, 15/11/90, 1, N;
;LISTADO DE MODELO DE SIMULACION DEL PROCESO DE PRODUCCION
LIMITS, 35, 35, 105;
INTLC, XX(2)=30000;
INTLC, XX(3)=40000;
INTLC, XX(4)=15000;
INTLC, XX(5)=15000;
;
;VARIABLES GLOBALES
;
TIMST, XX(2), MP#1;
TIMST, XX(3), MP#2;
TIMST, XX(4), ID;
TIMST, XX(5), ESCAMAS;
TIMST, XX(8), TQPTERM#1;
TIMST, XX(10), TQPTERM#2;
TIMST, XX(12), TQPTERM#3;
;
;PRIORIDAD DE LOS ARCHIVOS
;
PRIORITY/1, LVF(1);
;
;EQUIVALENCIA DE LOS ATRIBUTOS
;
EQUIVALENCE/ATRIB(1), LOTE;           NO. DE LOTE AL QUE
PERTENECE LA ENTIDAD                 CODIGO DEL PRODUCTO
EQUIVALENCE/ATRIB(2), PRODUC;        CARGAS PARCIALES
EQUIVALENCE/ATRIB(3), CPAR;          CARGA TOTAL
EQUIVALENCE/ATRIB(4), CTOT;          NOTACION PARA MP1
EQUIVALENCE/ATRIB(5), MP#1;          NOTACION PARA MP2
EQUIVALENCE/ATRIB(6), MP#2;          TIEMPO DE REACCION
EQUIVALENCE/ATRIB(7), TREAC;         TIPO DE ENVASE
EQUIVALENCE/ATRIB(8), ENVASE;        TIEMPO DE ENVASE
EQUIVALENCE/ATRIB(9), TENV;          KG UTILIZADOS DE LA
EQUIVALENCE/ATRIB(10), KMP1;         MATERIA PRIMA 1
MATERIA PRIMA 1                       KG UTILIZADOS DE LA
EQUIVALENCE/ATRIB(11), KMP2;         MATERIA PRIMA 2
MATERIA PRIMA 2                       KG QUE PASAN AL TANQUE
EQUIVALENCE/ATRIB(12), KREAC;        TIEMPO DE CARGA DEL
RECIBIDOR                              REACTOR
EQUIVALENCE/ATRIB(13), TCARGA;       TIEMPO EN EL TQ RECIBIDOR
EQUIVALENCE/ATRIB(14), TREC;         TIEMPO DE FILTRADO
EQUIVALENCE/ATRIB(15), TF;          NOTACION TQ PRODUCTO
EQUIVALENCE/ATRIB(16), TPT;         TERMINADO
EQUIVALENCE/ATRIB(17), EPT;         TIEMPO EN EL TQ DE
PRODUCTO TERMINADO                   ARCHIVO DEL ENVASE
EQUIVALENCE/ATRIB(18), ARENV;
;
; MATRIZ DE CODIGOS DE PRODUCTO
;

```

```

;
; MATRIZ DE ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO
;
ARRAY (1, 15) / 2, 3, 8, 2, 5, 5000, 5000, 8000, 4, 2, 4, 2; ;A1
ARRAY (2, 15) / 2, 3, 8, 3, 23, 4900, 7000, 8000, 4, 2, 4, 2; ;A2
ARRAY (3, 15) / 2, 3, 16, 2, 5, 6500, 4000, 7500, 4, 2, 4, 2; ;A3
ARRAY (4, 15) / 2, 3, 17, 2, 6, 6500, 4000, 7500, 4, 2, 2, 2; ;A4
ARRAY (5, 15) / 1, 3, 6, 3, 23, 1800, 8200, 9000, 4, 2, 2, 2; ;A5
ARRAY (6, 15) / 1, 3, 12, 2, 4, 1800, 8200, 9000, 4, 2, 2, 2; ;A6
ARRAY (7, 15) / 1, 3, 12, 3, 24, 1800, 8200, 9000, 4, 2, 2, 2; ;A7
ARRAY (8, 15) / 1, 3, 13, 2, 5, 1800, 8200, 9000, 4, 2, 2, 2; ;A8
ARRAY (9, 15) / 1, 3, 14, 3, 22, 1800, 8200, 9000, 3, 2, 2, 2; ;A9
ARRAY (10, 15) / 1, 4, 11, 3, 22, 1700, 8300, 9900, 4, 2, 4, 2; ;A10
ARRAY (11, 15) / 2, 3, 13, 3, 22, 1800, 8200, 10500, 4, 2, 2, 2; ;A11
ARRAY (12, 15) / 1, 3, 15, 2, 5, 6500, 4000, 9300, 6, 2, 2, 2; ;A12
ARRAY (13, 15) / 1, 3, 13, 2, 5, 1800, 8200, 1200, 5, 2, 3, 2; ;A13
ARRAY (14, 15) / 2, 3, 15, 2, 4, 1900, 8100, 9000, 4, 2, 3, 2; ;A14
ARRAY (15, 15) / 1, 3, 13, 3, 22, 1900, 8100, 9000, 3, 2, 2, 2; ;A15
ARRAY (16, 15) / 1, 4, 6, 1, 4, 1700, 8300, 13000, 4, 2, 30, 2; ;A16
ARRAY (17, 15) / 1, 3, 16, 2, 4, 1800, 8200, 900, 3, 2, 4, 2; ;A17
ARRAY (18, 15) / 1, 3, 9, 3, 22, 5000, 5000, 8000, 4, 2, 4, 2; ;A18
ARRAY (19, 15) / 1, 3, 17, 2, 5, 4900, 7000, 8000, 4, 2, 4, 2; ;A19
ARRAY (20, 15) / 2, 3, 16, 3, 23, 6500, 4000, 7500, 4, 2, 2, 2; ;A20
ARRAY (21, 15) / 2, 3, 17, 3, 24, 6500, 4000, 7500, 4, 2, 2, 2; ;A21
ARRAY (22, 15) / 1, 3, 8, 3, 26, 0, 7000, 6500, 4, 0, 1, 0; ;A22
ARRAY (23, 15) / 2, 3, 16, 2, 2, 6500, 4000, 7500, 4, 2, 2, 2; ;A23
ARRAY (24, 15) / 2, 3, 16, 2, 4, 6500, 4000, 7500, 4, 2, 2, 2; ;A24
ARRAY (25, 15) / 2, 3, 16, 2, 3, 6500, 4000, 7500, 4, 2, 2, 2; ;A25
INTLC, XX(15)=1;
NETWORK;
;
;DEFINICION DE RECURSOS
;
RESOURCE/REACTOR(1), 2;
RESOURCE/FPRENSA(1), 8;
RESOURCE/PIPAS(1), 9;
RESOURCE/TAMBOR(1), 10;
RESOURCE/HOJUELEADO(1), 11;
GATE, TREACTOR, OPEN, 3;
GATE, FILPREN, OPEN, 5, 12, 13;
GATE, TQ#1, OPEN, 6;
GATE, TQ#2, OPEN, 7;
GATE, TQ#3, OPEN, 4;
;
;I N I C I O
;
QUEUE(1); COLA DONDE INICIAN
LOS LOTES
ACT, .1;
AWAIT(2), REACTOR; ESPERA REACTOR
RI
GOON, 1
ASSIGN, MP#1=ARRAY (PRODUC, 1);
ASSIGN, MP#2=ARRAY (PRODUC, 2);

```

```

ASSIGN, TREAC=ARRAY (PRODUC, 3);
ASSIGN, ENVASE=ARRAY (PRODUC, 4);
ASSIGN, TENV=ARRAY (PRODUC, 5);
ASSIGN, KMP1=ARRAY (PRODUC, 6);
ASSIGN, KMP2=ARRAY (PRODUC, 7);
ASSIGN, KREAC=ARRAY (PRODUC, 8);
ASSIGN, TCARGA=ARRAY (PRODUC, 9);
ASSIGN, TREC=ARRAY (PRODUC, 10);
ASSIGN, EPT=ARRAY (PRODUC, 11);
ASSIGN, TF=ARRAY (PRODUC, 12);
ASSIGN, TPT=ARRAY (PRODUC, 13);
ASSIGN, ARENV=ARRAY (PRODUC, 14);

```

```

LRI      GOON, 1;
        ACT, TCARGA+XX(17);
Y CARGA EN EL REACTOR
LRF      ASSING, XX(17)=0;
E1       ASSIGN, XX(1)=PRODUC;
        ASSIGN, II=MP#1+1;
        GOON, 1;
        ACT, , XX(II).GE.KMP1, E3;
MATERIA PRIMA 1
        ACT;
        GOON, 1;

        ACT, , MP#1.EQ.1, E4;
        ACT;
MP1      ASSIGN, XX(3)=40000;
        COLCT(1), BETWEEN, SORBEX;
        ACT, , , E3;
E4       ASSIGN, XX(2)=30000;
MP2     COLCT(2), BETWEEN, GLICER;
E3       ASSIGN, XX(II)=XX(II)-KMP1;
        ASSIGN, II=MP#2+1;
        GOON, 1;
        ACT, , XX(II).GE.KMP2, R0;
        ACT;
        ASSIGN, XX(II)=15000;
MP2     COLCT, ATRIB(4);
CE       GOON, 1;
        ACT, , MP#2.EQ.3, CH;
        ACT;
ME       COLCT, BETWEEN, MANT.ESP.;
        ACT, , , R0;
CH       COLCT, BETWEEN, HIDROLIZADOS;
R0       ASSIGN, XX(II)=XX(II)-KMP2;
        ACT, TREAC;
R1       GOON, 1;
RECIBIDOR VACIO?
        ACT, , XX(6).EQ.0, E7;
        ACT;

```

DEMORA PARA LIMPIEZA

HAY SUFICIENTE

RESTITUYE NIVEL DE

RESTITUYE NIVEL DE

DISMINUYE INV. MP 1

HAY SUFICIENTE MP2

RESTITUYE NIVEL TQ

DISMINUYE INV MP2  
TIEMPO DE REACCION  
SE ENCUENTRA EL TQ

```

CLOSE, TREACTION;
E25  AWAIT(3), TREACTION;
      ACT,,, R1;
E7   ASSIGN, XX(15)=XX(15)+1;
      ASSIGN, XX(21)=ARRAY(30, XX(15));
      GOON, 1;          PRODUCTO QUE VA A
ENTRAR AL REACTOR ES EL MISMO?
      ACT,,, PRODUC.EQ.XX(21).OR.XX(21).EQ.0, E9;
      ACT;
      GOON, 1;          HAY QUE LIMPIAR EL
REACTOR?
E10  ASSIGN, XX(17)=2;
E9   GOON, 1;          HAY QUE LIMPIAR EL
TQ RECIBIDOR
      ACT,,, XX(19).GT.0, E11;
      ACT,,, E12;
E11  GOON, 1;          DEMORA PARA LIMPIEZA
TQ RECIBIDOR
      ACT, 2-TNOW+XX(19), TNOW-XX(19).LT.2, E13;
      ACT;
E13  ASSIGN, XX(19)=0;
E12  GOON, 1;
      ACT, .25;
FR   GOON, 1;
RF   GOON, 1;
BI   FREE, REACTOR;   LIBERA REACTOR
      ASSIGN, XX(6)=XX(6)+KREAC;   INCREMENTA INV. TQ.
RECIBIDOR
      ASSIGN, XX(7)=PRODUC;        CODIGO DE PRODUCTO
AL TQ RECIBIDOR
      ACT, TREC;                   TIEMPO EN EL TQ
RECIBIDOR
E15  GOON, 1;                   SE ENCUENTRA VACIO
ALGUN TQ DE PRODUCTO TERMINADO?
      ACT,,, PRODUC.EQ.16, I1;
      ACT,,, PRODUC.EQ.22, L1;
      ACT;
O1   GOON, 1;
      ACT,,, XX(8).EQ.0.AND.KREAC.LE.26000, TQ1;
      ACT,,, XX(10).EQ.0.AND.KREAC.LE.26000, TQ2;
      ACT;
      CLOSE, FILPREN;
      AWAIT(5), FILPREN;
      ACT,,, O1;
L1   GOON, 1;
      ACT,,, XX(8).EQ.0.AND.KREAC.LE.26000, TQ1;
      ACT,,, XX(10).EQ.0.AND.KREAC.LE.26000, TQ2;
      ACT,,, XX(12).EQ.0.AND.KREAC.LE.26000, TQ3;
      ACT;
      CLOSE, FILPREN;
      AWAIT(12), FILPREN;
      ACT,,, L1;
I1   GOON, 1;
      ACT,,, XX(12).LE.13000.AND.XX(13).EQ.PRODUC, TQ3;

```

```

ACT, , XX(12) . EQ. 0, TQ3;
ACT;
CLOSE, FILPREN;
AWAIT(13), FILPREN;
ACT, , , I1;
E26 GOON, 1;
AWAIT(5), FILPREN;
ACT, , , E15;
TQ1 AWAIT(6), TQ#1;
ASSIGN, TPT=0;
ACT, , , E16;
TQ2 AWAIT(7), TQ#2;
ASSIGN, TPT=2;
ACT, , , E16;
TQ3 AWAIT(4), TQ#3;
ASSIGN, TPT=4;
E16 ASSIGN, II=TPT+9;
GOON, 1; VA A ENTRAR EL
MISMO PRODUCTO AL TQ PT?
ACT, , PRODUC. EQ. XX(II), BF;
ACT;
E18 ASSIGN, II=TPT+14;
GOON, 1; HAY DEMORA
P/LIMPIEZA TQ PT?
ACT, 2+XX(II) - TNOW, TNOW-XX(II) . LT. 2, BF;
ACT;
BF GOON, 1;
FI AWAIT(8), FPRENSA;
ACT, TF; DEMORA P/CARGAR TQ
PT(T. FILTRADO)
FREE, FPRENSA;
ASSIGN, II=TPT+9;
ASSIGN, XX(II)=PRODUC; CODIGO DE PRODUCTO
EN TQ PT
GOON, 1; HAY Q' LIMPIAR EL
TQ RECTOR?
ACT, , XX(1) . EQ. PRODUC, E20;
ACT;
E19 ASSIGN, XX(19)=TNOW;
E20 ASSIGN, II=TPT+8;
ASSIGN, XX(II)=XX(II)+KREAC; INCREMENTA INV. TQ
PT ASSIGN, XX(6)=XX(6)-KREAC; DISMINUYE INV. TQ
RECIBIDOR
OPEN, TREACTOR;
E21 GOON, 1; DE QUE TQ PT SE
TRATA?
FF GOON, 1;
ACT, , TPT. EQ. 0, E23;
ACT, , TPT. EQ. 4, E24;
ACT;
XI GOON, 1;
CLOSE, TQ#2;
ACT, EPT;

```

```

OPEN, TQ#2;
GOON, 1;
ACT, , , E22;
E23 GOON, 1;
YI GOON, 1;
CLOSE, TQ#1;
ACT, EPT;
OPEN, TQ#1;
GOON, 1;
ACT, , , E22;
E24 GOON, 1;
ACT, , , PRODUC.EQ.16, IST;
ACT, , , PRODUC.EQ.22, LAC;
IST ASSIGN, ATRIB(19)=2;
ACT, , , ZI;
LAC ASSIGN, ATRIB(19)=1;
ZI ACCUMULATE, ATRIB(19), ATRIB(19), FIRST;
; ASSIGN, TENV=TENV*ATRIB(19);
CLOSE, TQ#3;
ACT, EPT;
OPEN, TQ#3;
GOON, 1;
E22 GOON, 1;
QF GOON, 1;
E28 ASSIGN, XX(20)=ARRAY(PRODUC, 4);
GOON, 1;
ACT, , , XX(20).EQ.1, AWP; *MANDA A ETIQUETA PARA ESPERAR
EL RECURSO PIPAS
ACT, , , XX(20).EQ.2, AWT; *MANDA A ETIQUETA PARA ESPERAR
EL RECURSO TAMBORES
ACT, , , XX(20).EQ.3, AWH; *MANDA A ETIQUETA PARA ESPERAR
EL RECURSOS HOJUELEADO
;PIPAS
AWP GOON, 1;
AWAIT(9), PIPAS;
ACT, , , CHTQ;
PI GOON, 1;
ACT, TENV;
PF FREE, PIPAS;
ACT, , , EF;
;TAMBORES
AWT GOON, 1;
AWAIT(10), TAMBOR;
ACT, , , CHTQ;
TI GOON, 1;
ACT, TENV;
TF FREE, TAMBOR;
ACT, , , EF;
;HOJUELEADOR
AWH GOON, 1;
AWAIT(11), HOJUELEADO;
ACT, , , CHTQ;
HI GOON, 1;
ACT, TENV;

```

```

HF      FREE,HOJUELEADO;
        ACT,,,EF;
EF      ASSIGN,II=TPT+14;
        ASSIGN,XX(II)=TNOW;
LIMPIEZA DEL TQ DE PT
        ASSIGN,II=TPT+8;
        ACT,,PRODUC.EQ.16,INV;
        ACT,,,DI;
INV     GOON,1;
        ASSIGN,XX(II)=XX(II)-2*KREAC;
        ACT,,,DI;
DI      GOON,1;
        ASSIGN,XX(II)=XX(II)-KREAC;
INVENTARIO DEL TQ PT
        OPEN,FILPREN;
        TERM;
CHTQ    GOON,1;
        ACT,,TPT.EQ.0,YF;
        ACT,,TPT.EQ.2,XF;
        ACT,,TPT.EQ.4,ZF;
YF      GOON,1;
        ACT,,ENVASE.EQ.1,PI;
        ACT,,ENVASE.EQ.2,TI;
        ACT,,ENVASE.EQ.3,HI;
XF      GOON,1;
        ACT,,ENVASE.EQ.1,PI;
        ACT,,ENVASE.EQ.2,TI;
        ACT,,ENVASE.EQ.3,HI;
ZF      GOON,1;
        ACT,,ENVASE.EQ.1,PI;
        ACT,,ENVASE.EQ.2,TI;
        ACT,,ENVASE.EQ.3,HI;
        ENDNETWORK;
MONTR,TRACE(RI,RF,BI,BF,FI,FF,XI,XF,YI,YF,ZI,
ZF,PI,PF,TF,HI,HF),,,ATRIB(1),ATRIB(3);
;

```

VARIABLE PARA

DISMINUYE

#### **4.4 CONSTRUCCION DE LA BASE DE DATOS**

En esta sección se presenta la construcción final de la base de datos, esto es, de los programas de entrada y salida.

En primer lugar se presenta el diagrama de bloques del programa de captura de datos, posteriormente una documentación y descripción de las variables empleadas en este programa y finalmente se presenta el listado del programa de captura de datos codificado en lenguaje BASIC.

Posteriormente se hace una presentación del programa de despliegue de datos, siguiendo la misma lógica del programa anterior, es decir se presenta el diagrama de bloques, la descripción de variables y por último el listado del programa codificado también en lenguaje BASIC.

#### **4.5 VALIDACION**

La validación de un programa de computadora, sin importar el lenguaje en que éste esté codificado consiste, como ya se dijo en el capítulo 2, en determinar si el programa realmente cumple con las condiciones y características requeridas por el usuario. En otras palabras, validar es comprobar que los resultados del programa sean lógicos y un reflejo adecuado de la realidad.

La construcción del modelo requirió un proceso de validación que se realizó casi simultáneamente con la codificación de éste, ya que el modelo, por

tratarse de un problema "lineal", es decir, que un resultado depende del resultado predecesor, era necesario verificar que los resultados generados en cada etapa del proceso de producción estuvieran correctos y fueran reales, para poder proceder a codificar la siguiente fase del proyecto.

Esta verificación se llevó a cabo haciendo los cálculos manualmente, partiendo de los mismos datos programados en el modelo, y una vez ejecutada la corrida, se comparaban los resultados generados por ésta contra los cálculos realizados manualmente junto con las secciones "estadísticas para variables basadas en la observación" y las "estadísticas de GATES" de los reportes del OUTPUT. En caso de que haya variaciones o incongruencias, se procederá a hacer una revisión del listado, para detectar si se trata de un error de codificación o error de lógica en la codificación del programa. Posteriormente se corregirá el error y se ejecutarán nuevas corridas para comprobar si las correcciones efectuadas generan resultados satisfactorios.

En el programa de entrada de datos o de captura, el proceso fue mucho más sencillo, ya que sólo era necesario comprobar que los datos proporcionados fueran almacenados correctamente. Esto se lograba comparando el archivo de parámetros grabado por el programa contra los datos proporcionados por el programador.

En el programa de despliegue de datos la validación consistió en examinar los reportes impresos. Se verificó que la secuencia y duración de la utilización del equipo según el archivo TRACE (el archivo de resultados de la corrida del modelo) y el reporte impreso, coincidieran.

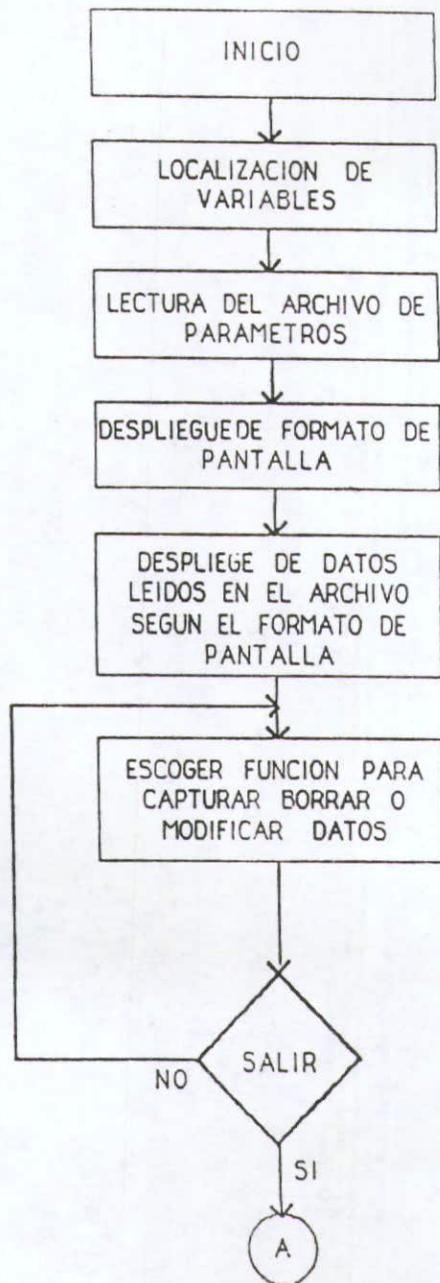
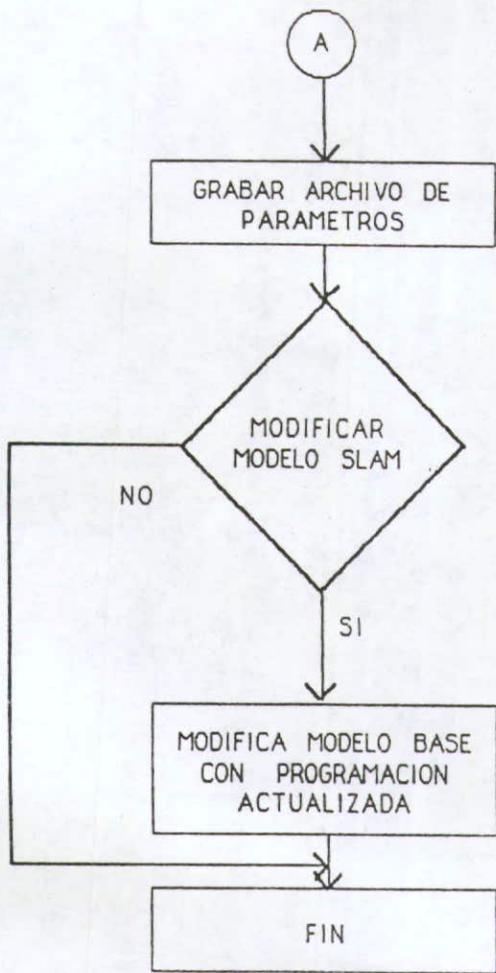


Figura 4.6. Diagrama de bloques de Programa de captura.



## LISTADO DE VARIABLES UTILIZADAS EN EL PROGRAMA DE CAPTURA DE DATOS

FMT\$	Formato de dígitos de datos numéricos.
C(I)	Posición de columnas en pantalla.
COPIA(I)	Almacena los datos numéricos al copiar un lote.
COPIA\$(I)	Almacena los datos alfanuméricos.
ENV\$(I)	Tipo de envase del producto I.
CP\$	Código alfanumérico del producto I.
CR(I)	Capacidad del reactor del producto I.
NL	Numero de lotes.
TITULO\$	Título de la simulación.
TIT\$	Variable para asignar nuevo título.
PL(I,1)	Lote
PL(I,2)	Código del producto.
PL(I,3)	Kilogramos deseados del producto I.
PL(I,4)	Kilogramos ajustados del producto I.
PL(I,5)	Número de cargas parciales.
ST\$(I,6)	Envase del producto I.
ST\$(I,7)	Código del lote del producto I.
INI	Inicio de bloque de lotes.
FIN	Final de bloque de lotes.
X	Contador de despliegue de datos.
NP	Número de página.
AP	Posición vertical en pantalla.
LOTE	Contador para posición de cursor en pantalla.
SW%	Switch de validación de datos de entrada.
DATO\$	Variable de entrada de dato de código para validación. Si el dato es válido, asigna $PL(Lote,2) = 1$ .
KG\$	Variable de entrada de Kgs deseados para validación.. Si el dato es válido asigna $PL(Lote,3) = 1$ .
COD\$	Variable de entrada del código de producto para validación. Si el dato es válido , $ST$(LOTE,7) = COD$$ .
A\$	Variable de validación de respuesta para modificar el modelo SLAM II.

```

10 REM .....
20 REM PROGRAMA PARA CAPTURAR LOS PARAMETROS DEL MODELO
30 REM DE SIMULACION DE LA PLANTA DE ACIDOS GRASOS
40 REM
50 REM 24/OCTUBRE/1990 HGE
60 REM .....
65 '
67 GOSUB 500:' inicializacion de variables
70 GOSUB 1000:' lee archivo de parametros
80 GOSUB 2000:' despliega pantalla
90 GOSUB 3000:' despliega datos
100 GOSUB 4000:' escoge opcion
110 GOSUB 1500:' regrabada datos
120 GOSUB 7500:' modifica modelo
130 '
140 SYSTEM
150 END
500 REM inicializacion de variables
510 REM .....
515 '
520 DIM PL(50,7),FMT$(7),C(7),COPIA(7),COPIA$(7),PER(25),ENV$(25),ST$(50,7)
523 DIM CP$(26),CR(25)
525 INI=1
530 FOR I=1 TO 7:READ C(I):NEXT I
540 FOR I=1 TO 5:READ FMT$(I):NEXT I
550 FOR I=1 TO 10:KEY I,"":NEXT I
560 FOR I = 1 TO 25:READ ENV$(I):NEXT I
570 FOR I = 1 TO 25:READ CP$(I):NEXT I
580 FOR I=1 TO 25:READ CR(I):NEXT I
585 KEY OFF
590 RETURN
595 '
600 REM datos a leer
605 '
609 REM posiciones de despliegue
610 DATA 1,9,15,25,37,46,55
611 '
619 REM formatos de despliegue
620 DATA "#", "#####", "###,###", "###,###", "###"
621 '
630 REM Tipos de envase
635 DATA "TAMB", "SACO", "TAMB", "TAMB", "SACO", "TAMB", "SACO", "TAMB", "SACO", "SACO", "SACO", "SACO", "TAMB", "TAMB", "TAMB", "SACO", "PIPA", "TAMB", "SACO", "TAMB", "SACO", "SACO", "SACO", "SACO", "SACO", "SACO"
640 '
700 REM CODIGOS DE PRODUCTO
710 DATA "A1", "A2", "A3", "A4", "A5", "A6"
720 DATA "A7", "A8", "A9", "A10", "A11", "A12", "A13", "A14", "A15", "A16"
730 DATA "A17", "A18", "A19", "A20", "A21", "A22", "A23", "A24", "A25"
752 '
755 REM CAPACIDADES DEL REACTOR
760 DATA 8000,8000,7500,7500,9000,9000,9000,9000,9000,9900,10500,9300,12000,9000,9000,13000,9000,8000,8000,7500,7500,6500,7500,7500,7500
800 '
1000 REM lee archivos de parametros
1010 REM .....
1015 '
1020 OPEN "I",1,"ACIDOS.PAR"
1030 INPUT #1,NL
1035 INPUT #1,TITULOS
1040 FOR I=1 TO NL
1050 FOR J=1 TO 7
1055 IF J>5 THEN GOTO 1065
1060 INPUT #1,PL(I,J):GOTO 1070
1065 INPUT #1,ST$(I,J)
1070 NEXT J

```

```

1030 INPUT #1,NL
1035 INPUT #1,TITULOS$
1040 FOR I=1 TO NL
1050   FOR J=1 TO 7
1055   IF J>5 THEN GOTO 1065
1060     INPUT #1,PL(I,J):GOTO 1070
1065 INPUT #1,ST$(I,J)
1070   NEXT J
1080 NEXT I
1093 CLOSE
1095 IF NL=0 THEN NL=1
1100 RETURN
1110 '
1500 REM regraba parametros y datos
1510 REM .....
1515 '
1520 OPEN "O",1,"ACIDOS.PAR"
1530 PRINT #1,NL
1535 PRINT #1,TIT$
1540 FOR I=1 TO NL
1545 PRINT #1,I
1550   FOR J=2 TO 7
1555     IF J>5 THEN GOTO 1565
1560     PRINT #1,PL(I,J):GOTO 1570
1565     PRINT #1,ST$(I,J)
1570   NEXT J
1580 NEXT I
1590 CLOSE
1600 RETURN
1610 '
2000 REM despliega pantalla
2010 REM .....
2015 '
2020 CLS
2030 COLOR 15,10
2040 LOCATE 1,1:PRINT "      TESIS      PLANTA DE ACIDOS
      GRASOS      "
2050 LOCATE 2,1:PRINT "                                CAPTURA DE PARAMETROS DE SIMULACIO
      N                                "
2056 COLOR 7,0
2058 LOCATE 3,1:PRINT "Titulo de la simulación":LOCATE 3,26:INPUT TIT$
2059 IF TIT$="" THEN TIT$=TITULOS$
2062 LOCATE 3,1:PRINT STRING$(80,32):COLOR 15,10:LOCATE 3,((80-(LEN(TIT$)))/2):P
RINT TIT$
2080 LOCATE 6,1:PRINT STRING$(80,176)
2090 COLOR 10,15
2100 LOCATE 7,1:PRINT "LOTE  CPROD  KGPRODT  KGPTAJ  CARGASP  ENVASE  COOL
OTE"
2110 COLOR 7,0
2120 LOCATE 23,1:PRINT STRING$(80,176);
2125 COLOR 15,10:LOCATE 23,59:PRINT "En copia el lote: 00";
2130 RETURN
2140 '
3000 REM despliegue de datos
3010 REM .....
3015 '
3030 FIN=INI+14:IF FIN>NL THEN FIN=INI+(NL-INI)
3035 X=7:W=0
3040 FOR I=INI TO FIN
3050   COLOR 0,7:LOCATE X+1,2:PRINT USING "##";I:COLOR 7,0
3055   X=X+1
3060   FOR J=2 TO 7
3070     LOCATE X,C(J)
3071     IF J=2 THEN PRINT CP$(PL(I,2)):GOTO 3090
3073     IF J>5 THEN GOTO 3085
3075     IF PL(I,J)<0 THEN PRINT FMT$(I):GOTO 3090

```

```

3080          PRINT USING FMT$(J);PL(I,J):GOTO 3090
3085          PRINT ST$(I,J)
3090      NEXT J
3100 NEXT I
3110 RETURN
3120 '
3500 REM borra zona de datos
3510 REM .....
3515 '
3520 FOR I=8 TO 22:LOCATE I,1:PRINT STRING$(80," "):NEXT I
3530 RETURN
3540 '
4000 REM escoge opcion
4010 REM .....
4015 '
4017 NP=1:AP=8:LOTE=1
4018 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT "          ":COLOR 7,0
4020 LOCATE 4,3:PRINT "mover F1=pag ant F2=pag sgte F3=borra F4=inserta F5=copi
a F6=pega F7=borra T."
4030 LOCATE 4,1:PRINT "v"
4033 LOCATE 5,26:PRINT "ESC=terminar SHIFT/PRTSC=imprime"
4035 COLOR 0,7:LOCATE 5,64:PRINT "INTRO=seleccionar":COLOR 7,0
4037 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
4040 KEY(1) ON:KEY(2) ON:KEY(3) ON:KEY(4) ON:KEY(5) ON:KEY(6) ON:KEY(7) ON:KEY(
1) ON:KEY(14) ON
4050 ON KEY(1) GOSUB 5000
4060 ON KEY(2) GOSUB 5500
4070 ON KEY(3) GOSUB 6000
4073 ON KEY(4) GOSUB 5800
4075 ON KEY(5) GOSUB 5600
4077 ON KEY(6) GOSUB 5700
4078 ON KEY(7) GOSUB 12000
4080 ON KEY(11) GOSUB 4500
4090 ON KEY(14) GOSUB 4700
4100 LOCATE 5,1:PRINT "Escoja la opcion ... ";
4110 OS=INKEY$:LOCATE 5,1:PRINT SPC(20)
4115 IF LEN(OS)=0 THEN 4100
4117 IF ASC(OS)=27 THEN GOSUB 4200:RETURN
4120 IF ASC(OS)>13 THEN PRINT CHR$(7):GOTO 4100
4140 GOSUB 4200:GOSUB 6300:' captura datos
4150 GOTO 4020
4160 '
4198 REM desactiva f_keys
4199 '
4200 FOR I=1 TO 14:KEY(I) OFF:NEXT I
4210 RETURN
4500 REM mueve hacia arriba
4505 REM .....
4510 '
4520 IF AP=8 THEN PRINT CHR$(7):RETURN
4530 LOCATE AP,1:PRINT " "
4540 LOTE=LOTE-1:AP=AP-1
4550 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
4565 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "Kilos: ###,###":PL(LOTE,4):COLOR 7,0
4570 RETURN
4590 '
4700 REM mueve hacia abajo
4705 REM .....
4710 '
4715 IF LOTE=NL THEN GOSUB 4800:RETURN
4720 IF AP=22 THEN PRINT CHR$(7):RETURN
4730 LOCATE AP,1:PRINT " "
4740 LOTE=LOTE+1:AP=AP+1
4750 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
4765 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "Kilos: ###,###":PL(LOTE,4):COLOR 7,0
4770 RETURN

```

```

4780 '
4800 REM agrega lote
4801 REM .....
4802 '
4804 IF NL=50 THEN BEEP:RETURN
4805 LOCATE 23,26:PRINT CHR$(7)+"Desea agregar un lote [S/N]:";AS=INPUT$(1)
4810 IF AS<>"S" AND AS<>"s" THEN 4830
4815 NL=NL+1
4820 IF INI+15=NL THEN GOSUB 5500:GOTO 4830
4825 GOSUB 3500:GOSUB 3000
4826 AP=AP+1:LOTE=LOTE+1
4827 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
4828 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "Kilos: ###,###";PL(LOTE,4):COLOR 7,0
4830 LOCATE 23,26:PRINT STRING$(28,176)
4840 RETURN
4850 '
5000 REM pagina anterior
5005 REM .....
5010 '
5020 IF NL<=15 OR NP=1 THEN PRINT CHR$(7):RETURN
5030 LOTE=(NP-2)*15+1:AP=8:NP=NP-1
5040 INI=LOTE:GOSUB 3500:GOSUB 3000:' borra y desp. datos
5045 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
5047 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "Kilos: ###,###";PL(LOTE,4):COLOR 7,0
5050 RETURN
5060 '
5500 REM pagina siguiente
5505 REM .....
5510 '
5520 IF INI+15>NL THEN PRINT CHR$(7):RETURN
5530 INI=INI+15:AP=8:NP=NP+1:LOTE=INI
5540 GOSUB 3500:GOSUB 3000
5545 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
5547 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "Kilos: ###,###";PL(LOTE,4):COLOR 7,0
5550 RETURN
5560 '
5600 REM copia
5605 REM .....
5606 '
5607 COLOR 0,7:LOCATE 4,56:PRINT "copia":COLOR 7,0
5608 FOR I=1 TO 7
5609 IF I>5 THEN COPIAS(I)=ST$(LOTE,I):GOTO 5612
5610 IF I=2 THEN COPIAS(I)=CP$(PL(LOTE,2))
5611 COPIA(I)=PL(LOTE,I)
5612 NEXT I
5615 LOCATE 4,56:PRINT "copia"
5617 COLOR 15,10:LOCATE 23,78:PRINT USING "###";LOTE:COLOR 7,0
5620 RETURN
5630 '
5700 REM pega
5704 REM ....
5705 '
5707 COLOR 0,7:LOCATE 4,65:PRINT "pega":COLOR 7,0
5710 FOR I=2 TO 7
5720 LOCATE AP,C(I)
5725 IF I>5 THEN PRINT COPIAS(I):ST$(LOTE,I)=COPIAS(I):GOTO 5750
5728 IF I=2 THEN PRINT COPIAS(I):ST$(LOTE,I)=COPIAS(I):PL(LOTE,I)=COPIA(I):GO
TO 5750
5730 PRINT USING FMT$(I);COPIA(I)
5740 PL(LOTE,I)=COPIA(I)
5750 NEXT I
5755 LOCATE 4,65:PRINT "pega"
5757 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "KILOS: ###,###";PL(LOTE,4):LOCATE 23,7
8:PRINT "00":COLOR 7,0
5760 RETURN
5770 '

```

```

5800 REM inserta
5804 REM .....
5805 '
5810 COLOR 0,7:LOCATE 4,45:PRINT "inserta":COLOR 7,0
5815 IF NL=50 THEN PRINT CHR$(7):GOTO 5870
5820 NL=NL+1
5825 FOR I=NL-1 TO LOTE STEP -1
5830   FOR J=1 TO 7
5832     IF J>5 THEN ST$(I+1,J)=ST$(I,J):GOTO 5840
5835     PL(I+1,J)=PL(I,J)
5840   NEXT J
5845 NEXT I
5850 FOR I=1 TO 5:PL(LOTE,I)=0:NEXT I
5851 FOR I=6 TO 7:ST$(LOTE,I)="":NEXT I
5860 GOSUB 3500:GOSUB 3000
5870 LOCATE 4,45:PRINT "inserta"
5875 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "Kilos: ###,###":PL(LOTE,4):COLOR 7,0
5877 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
5880 RETURN
5885 '
6000 REM borra lote
6005 REM .....
6010 '
6020 IF NL=0 THEN PRINT CHR$(7):RETURN
6030 IF LOTE=NL THEN 6090
6040 FOR I=LOTE TO NL-1
6050   FOR J=1 TO 7
6055     IF J>5 THEN ST$(I,J)=ST$(I+1,J):GOTO 6070
6060     PL(I,J)=PL(I+1,J)
6070   NEXT J
6080 NEXT I
6090 NL=NL-1
6095 FOR I=1 TO 5:PL(NL+1,I)=0:NEXT I:FOR I=6 TO 7:ST$(NL+1,I)="":NEXT I
6096 IF NL=0 THEN NL=1
6100 GOSUB 3500
6110 GOSUB 3000
6120 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
6125 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "Kilos: ###,###":PL(LOTE,4):COLOR 7,0
6130 RETURN
6140 '
6300 REM captura datos
6305 REM .....
6310 '
6320 LOCATE 4,1:PRINT STRING$(80," "):LOCATE 5,1:PRINT STRING$(80," ")
6323 '
6325 SW%=0
6330 LOCATE 4,1:PRINT "TECLEE EL CODIGO DEL PRODUCTO SIN DEJAR ESPACIOS INTERMED
IOS: "
6335 LOCATE 5,1:PRINT "CODIGO":INPUT DATOS
6340 FOR I = 1 TO 25
6345 IF DATOS=CPS(I) THEN PL(LOTE,2)=I: SW%=1: I=26
6350 NEXT I
6355 IF SW%=0 THEN PRINT CHR$(7):LOCATE 6,1: PRINT STRING$(80,176): GOTO 6335
6357 LOCATE AP,C(2):PRINT CPS(PL(LOTE,2))
6360 LOCATE 4,1:PRINT STRING$(80," "):LOCATE 5,1:PRINT STRING$(80," ")
6365 '
6509 '
6510 REM kilos
6511 '
6515 LOCATE 6,1:PRINT STRING$(80,176)
6520 LOCATE 4,1:PRINT "Teclee el número de KILOS DESEADOS de producto final."
6525 LOCATE 5,1:PRINT "Kilos: ":INPUT KG$: KG=VAL(KG$):IF (KG*1)=0 THEN BEEP:GO
TO 6515
6527 PL(LOTE,3)=KG:LOCATE AP,C(3):PRINT USING FMT$(3);PL(LOTE,3)
6530 IF INT(PL(LOTE,3)/CR(PL(LOTE,2)))=(PL(LOTE,3)/CR(PL(LOTE,2))) THEN PL(LOTE,
5)=(PL(LOTE,3)/CR(PL(LOTE,2))):LOCATE AP,C(5): GOTO 6533

```

```

6532 PL(LOTE,5)=INT((PL(LOTE,3)/CR(PL(LOTE,2)))+1):LOCATE AP,C(5)
6533 SSS=PL(LOTE,5)/2: TTT=INT(PL(LOTE,5)/2)
6535 IF PL(LOTE,2)=16 AND SSS<>TTT THEN PL(LOTE,5)=PL(LOTE,5)+1
6536 PRINT USING FMT$(5);PL(LOTE,5):LOCATE 4,1:PRINT STRINGS(80,32)
6538 PL(LOTE,4)=CR(PL(LOTE,2))*PL(LOTE,5):LOCATE AP,C(4):PRINT USING FMT$(4);PL(
LOTE,4)
6555 LOCATE AP,C(6): ST$(LOTE,6)=ENV$(PL(LOTE,2)):PRINT ST$(LOTE,6)
6557 LOCATE 6,1:PRINT STRINGS(80,176)
6560 LOCATE 4,1:PRINT "Teclee el código interno del lote:"
6570 LOCATE 5,1:PRINT "Código: ":INPUT COD$
6573 IF LEN(COD$)>5 THEN BEEP:GOTO 6557
6574 ST$(LOTE,7)=COD$
6575 LOCATE 6,1:PRINT STRINGS(80,176)
6580 LOCATE AP,C(7):PRINT ST$(LOTE,7)
6590 RETURN
7500 REM modifica el modelo de simulacion.....
7505 REM .....
7510 '
7520 LOCATE 4,1:PRINT STRINGS(80,32):LOCATE 5,1:PRINT STRINGS(80,32)
7530 LOCATE 5,1:PRINT "DESEA MODIFICAR EL MODELO DE SIMULACION? [S/N]: ";
7540 AS=INPUT$(1): IF AS="M" OR AS="n" THEN RETURN
7541 IF AS<>"S" AND AS<>"s" AND AS<>"N" AND AS<>"n" THEN BEEP:GOTO 7530
7542 LOCATE 5,1:PRINT STRINGS(80," "):LOCATE 5,1: INPUT"CUANTAS HORAS DESEA SIMU
LAR? (DEF: 142)":HD$
7544 IF HD$="" THEN HD$="142"
7546 IF (VAL(HD$)*1)=0 THEN BEEP:GOTO 7542
7551 LOCATE 5,1:PRINT STRINGS(80,32)
7580 LOCATE 5,1:COLOR 31,7:PRINT "SE ESTA MODIFICANDO EL MODELO .."
7585 COLOR 16,7:LOCATE 5,33:PRINT " NO INTERRUMPIR ...":COLOR 7,0
7590 OPEN "I",1,"RESP.MOD"
7600 OPEN "O",2,"M.MOD"
7605 ARR$=ARRAY(30,"
7606 REM CALCULA NUMERO TOTAL DE CARGAS.....
7611 FOR I=1 TO NL
7615 FOR J=1 TO PL(I,5)
7620 NCT=NCT+1
7625 NEXT J
7630 NEXT I
7635 ARR$=ARR$+STR$(NCT+1)+"/"
7640 FOR I=1 TO NL
7645 FOR J=1 TO PL(I,5)
7647 C=C+1
7652 IF C=NCT THEN ARR$=ARR$+STR$(PL(I,2))+",0"+":GOTO 7660
7654 ARR$=ARR$+STR$(PL(I,2))+", "
7660 NEXT J
7670 NEXT I
7715 '
7716 REM pasa el resto de las lineas
7717 '
7720 WHILE NOT EOF(1)
7730 LINE INPUT #1,LINEAS$
7735 L=L+1
7736 REM GRABA ARRAY DE CODIGOS DE PRODUCTO.....
7737 IF L=47 THEN PRINT #2,ARR$:GOTO 7745
7740 PRINT #2,LINEAS$
7745 WEND
7747 PRINT #2,";"
7755 '
7756 REM lineas de entradas
7757 '
7759 PRINT #2,";";TIT$
7760 FOR I=1 TO NL
7767 FOR J=1 TO PL(I,5)
7770 LINEAS$="ENTRY/1,"+STR$(I)+",""+STR$(PL(I,2))+",""+STR$(J)+",""+STR$(PL(I,5)
)+";"
7780 PRINT#2,LINEAS$

```

```

7805 NEXT J
7810 NEXT I
7818 '
7819 PRINT #2,"INIT,0,"+HDS+";"
7820 PRINT #2,"FIN;"
7830 CLOSE
7835 LOCATE 5,1:PRINT STRING$(55,32)
7840 RETURN
7845 '
10210 RETURN
10220 '
11618 ,0
12000 REM borra todos los lotes
12010 REM .....
12015 '
12020 LOCATE 4,1:PRINT STRING$(80,32):LOCATE 5,1:PRINT STRING$(80,32)
12030 LOCATE 5,1:PRINT "Desea borrar todos los lotes [S/N]: ";
12040 AS=INPUT$(1)
12050 IF AS<>"S" AND AS<>"s" AND AS<>"N" AND AS<>"n" THEN BEEP:GOTO 12030
12060 LOCATE 5,1:PRINT STRING$(80,32)
12070 IF AS="N" OR AS="n" THEN GOTO 12141
12080 IF NL=1 THEN PRINT CHR$(7):GOTO 12141
12090 FOR I=1 TO NL
12095 FOR J=1 TO 7
12097 IF J>5 THEN ST$(I,J)="":GOTO 12105
12100 PL(I,J)=0
12105 NEXT J
12131 NEXT I
12132 NL=1
12135 GOSUB 3500
12140 INI=1:AP=8:LOTE=1:NP=1:GOSUB 3000
12141 LOCATE AP,1:PRINT CHR$(62)
12142 COLOR 15,10:LOCATE 23,1:PRINT USING "Kilos: ###,###":PL(LOTE,3):COLOR 7,0
12143 LOCATE 4,1:PRINT "v`=mover F1=pag ant F2=pag sgte F3=borra F4=inserta F5=c
opia F6=pega F7=borra T."
12144 LOCATE 5,26:PRINT "ESC=terminar SHIFT/PRTSC=imprime"
12145 COLOR 0,7:LOCATE 5,64:PRINT "INTRO=seleccionar":COLOR 7,0
12150 RETURN

```

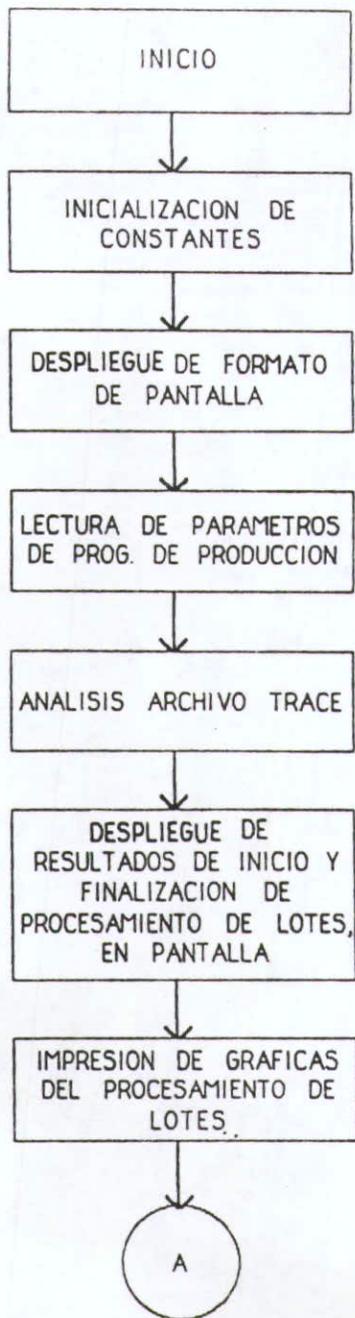
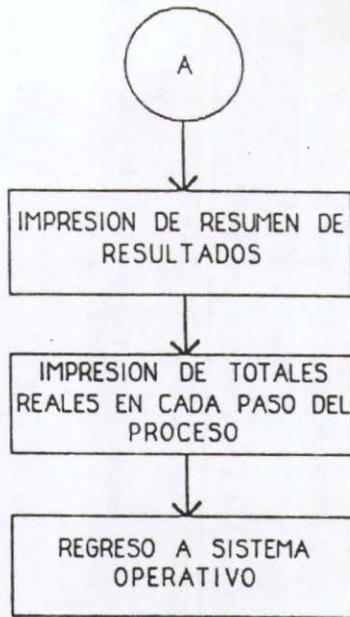


Figura 4.7. Diagrama de bloques del programa de despliegue de datos.



## LISTADO DE VARIABLES UTILIZADAS EN EL PROGRAMA DE DESPLIEGUE DE DATOS

Orden (I,J,K)	Variable de impresión final en la tabla de resultados, donde:  I = Número de lote. J = Etapa de proceso. K = 1,2,3,4 donde: Orden (I,J,1) = Número de caracteres de impresión. Orden (I,J,2) = Etapa. Orden (I,J,3) = Tiempo de inicio de etapa. Orden (I,J,4) = Tiempo de finalización de Etapa.
CAR\$(I)	Caracter para la lectura e impresión para cada etapa.
PASO\$(I)	Caracter de identificación de paso de proceso.
LO(1,1)	Número de lote.
LO(1,2)	Kilogramos de producto terminado
LO(1,3)	Cargas parciales ajustadas
LO(1,4)	Código del producto
TOT(I)	Acumula tiempos totales de uso de equipo en paso I.
BLOQ(I,J)	Variable para control de bloques de impresión en tablas de resultados. I = Número de Lote. J = 1,2,3,4 donde: BLOQ(I,1) = Lote que inicia el bloque. BLOQ(I,2) = Carga que inicia. BLOQ(I,3) = Lote que termina el lote. BLOQ(I,4) = Carga que termina el lote.
PA\$(I)	Código alfanumérico de etapa.
PROD\$(I)	Código alfanumérico de productos.
RENG	Número de renglón para despliegue de datos.
LINEA\$	String de renglón leído de archivo TRACE.
MXLOTE	Número máximo de lotes procesados
HORA\$	Tiempo de inicio de pasos.
PASO\$	Caracteres para identificación de paso.
LOTE\$	Caracteres para identificación de lotes.
CP\$	Caracter para identificación de carga parcial.
CP	Valor numérico de CP\$.
VER	Posición vertical de pantalla para despliegue de datos.
PANT	Número de renglones en pantalla.
M	Cargas parciales máximas de cada lote.
NOLO	Número de lotes.
NP	Número de caracteres a imprimir.

C\$	Caracteres para impresión de paso.
L\$	Caracteres para impresión de línea de tiempo.
NI	Número total de cargas parciales de todos los lotes.
BLOQUES	Número de bloques de impresión, cada bloque es de 6 cargas parciales.
LOT	Número de lotes.
MCP	Máximo de cargas parciales.
CI	Contador para cargas parciales en los bloques de impresión.

```

10 REM .....
20 REM PROGRAMA PARA ORGANIZAR Y DESPLEGAR LOS DATOS GENERADOS EN EL
30 REM POR EL MODELO DE ACIDOS GRASOS EN SLAM II
40 REM
50 REM OCTUBRE/1990
60 REM .....
65 '
70 DIM LOTES(15,15,24),ORDEN(15,15,24),CAR$(11),PASOS(11),LO(15,7),PRODS(25),TOT
(12)
71 DIM BLOQ(18,4),PAS(10)
72 FOR I=1 TO 11:FOR J=1 TO 11:FOR K=1 TO 6:LOTES(I,J,(K*4)-1)=-1:NEXT K:NEXT J:
NEXT I
75 GOSUB 500
77 GOSUB 700
80 GOSUB 1000:' pantalla
85 GOSUB 6000:' lee parametros
90 GOSUB 3000:' analiza archivo
95 GOSUB 3500:' ordena informacion
100 GOSUB 4000:' imprime resultados (barras)
105 GOSUB 5000:' imprime tabla de resultados
107 GOSUB 6500:' imprime totales por reaccion
125 SYSTEM
500 REM lee pasos
510 REM .....
515 '
517 FOR I= 2 TO 10:READ PAS(I):NEXT I
530 FOR I=1 TO 11:READ PASOS(I):NEXT I
535 FOR I=2 TO 10:READ CAR$(I):NEXT I
540 RETURN
545 '
547 DATA "REA","RCB","FIL","TQ1","TQ2","TQ3","PIP","TMB","HJL"
550 DATA "LLE","R","B","F","Y","X","Z","P","T","H","SAL"
555 DATA R,B,F,1,2,3,P,T,H
560 '
700 REM lee nombres de los ACIDOS GRASOS
710 REM .....
715 '
720 FOR I=1 TO 25:READ PRODS(I):NEXT I
730 RETURN
735 '
740 DATA "A1","A2","A3","A4","A5","A6","A7","A8","A9","A10","A11","A12","A13"
760 DATA "A14","A15","A16","A17","A18","A19","A20","A21","A22","A23","A24","A25"
1000 REM despliega pantalla
1010 REM .....
1020 '
1030 CLS
1040 LOCATE 1,1:COLOR 0,7:PRINT "          ANALISIS DE LA SIMULACION DE LA PL
ANTA DE ACIDOS GRASOS          ":COLOR 7,0
1050 LOCATE 2,1:COLOR 0,5:PRINT "          1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25":COLOR 7,0
1052 LOCATE 3,1:PRINT STRING$(80,32)
1055 COLOR 0,7
1060 FOR I=3 TO 12
1070   LOCATE I,1:COLOR 0,7
1080   PRINT LEFT$(PAS(I-2)+"          ",4);
1085   COLOR 7,0:PRINT CHR$(186)
1090 NEXT I
1095 LOCATE 3,1:PRINT "I/F "
1100 COLOR 7,0:LOCATE 4,1
1110 RETURN
1120 '
2000 REM busca paso
2010 REM .....
2015 '
2017 RENG=0
2020 FOR Z=2 TO 10

```

```

2030 IF PASO$(Z)=PASO$ THEN RENG=Z:Z=11
2040 NEXT Z
2050 RETURN
2060 '
2100 REM rutina para quitar espacios a la derecha
2110 REM .....
2115 '
2117 SWX=1
2120 FOR Z=4 TO 1 STEP -1
2130 IF MID$(PASO$,Z,1)<>" " THEN PASO$=LEFT$(PASO$,Z):Z=1:SWX=0
2140 NEXT Z
2145 IF SWX=1 THEN PASO$=""
2150 RETURN
2160 '
2200 REM rutina para quitar la I o la F
2210 REM .....
2220 '
2225 SWF%=1
2230 IF RIGHT$(PASO$,1)="F" THEN SWF%=0:PASO$=LEFT$(PASO$,LEN(PASO$)-1):GOTO 225
0
2240 IF RIGHT$(PASO$,1)="I" THEN PASO$=LEFT$(PASO$,LEN(PASO$)-1)
2250 RETURN
2260 '
3000 REM analiza archivo TRACE
3010 REM .....
3020 '
3030 OPEN "I",1,"ACIDOS.TRC"
3040 FOR I=1 TO 242
3050 LINE INPUT #1,LINEA$
3060 NEXT I
3065 MXLOTE=0
3070 IF EOF(1) THEN CLOSE:RETURN
3080 LINE INPUT #1,LINEA$
3090 HORAS=MID$(LINEA$,2,8)
3100 PASO$=MID$(LINEA$,15,4)
3101 GOSUB 2100:GOSUB 2200
3110 LOTES=MID$(LINEA$,31,8)
3120 IF LEFT$(HORAS,1)=". " THEN HORA=VAL(HORAS)
3130 IF LEN(PASO$)=0 THEN 3070
3140 GOSUB 2000:' busca paso
3145 IF RENG=0 THEN 3070
3150 LOTE=VAL(LOTE$)
3155 IF LOTE>MXLOTE THEN MXLOTE=LOTE
3156 IF RENG=12 THEN SWF%=0
3158 CP$=MID$(LINEA$,41,8)
3159 CP= VAL(CP$)
3160 LOTES(RENG,LOTE,((CP*2)-SWF%))=HORA
3165 IF RENG=11 THEN 3070
3170 VER=RENG+2:IF RENG=11 THEN VER=3:CA$=""
3175 IF RENG=1 THEN CA$=""
3180 HOR=5+(LOTE*3)-SWF%
3185 CA$=""
3190 LOCATE VER,HOR:PRINT CA$
3200 GOTO 3070
3210 '
3500 REM ordena informacion
3510 REM .....
3520 '
3526 FOR I=1 TO 11:FOR J=1 TO NULO:M=LO(J,3):FOR K=2 TO (M*2) STEP 2
3527 IF LOTES (I,J,((K/2)*4)-1)=-1 THEN LOTES(I,J,((K/2)*4)-1)=0
3528 NEXT K: NEXT J: NEXT I
3530 FOR I=2 TO 10
3545 FOR J=1 TO NULO
3560 M=LO(J,3)
3570 FOR K=2 TO (M*2) STEP 2
3585 IF LOTES (I,J,K-1)=0 THEN 3619

```

```

3590   NLG=INT((LOTES(I,J,K)-LOTES(I,J,(K-1)))/2+.55)
3615   ORDEN(J,1,((K/2)*4)-3)=NLG:ORDEN(J,1,((K/2)*4)-2)=1
3616   ORDEN(J,1,((K/2)*4)-1)=LOTES(I,J,K-1):ORDEN(J,1,(K/2)*4)=LOTES(I,J,K)
3619   NEXT K
3620   NEXT J
3622   ORDEN(J,1,3)=LOTES(1,J,1):ORDEN(J,1,4)=LOTES(11,J,M)
3624   NEXT I
3630   RETURN
3640   '
4000   REM imprime resultados
4010   REM .....
4015   '
4017   WIDTH LPRINT 200
4020   LPRINT TAB(35);CHR$(14);"ANALISIS DE SIMULACION DE LA PLANTA DE ACIDOS GRAS
OS"
4030   LPRINT TIMES,DATES;:LPRINT TAB(85);AS
4040   LPRINT STRINGS(180,"=")
4045   LPRINT TAB(10);" R=reactor B=tq recibidor F=filtrado 1=tanque 1
2=tanque 2 3=tanque 3 P=pipas T=tambores H=hojueador
4046   LPRINT STRINGS(180,"=")
4047   GOSUB 4500:" linea de tiempo
4050   FOR I=1 TO NOLO
4075   LPRINT LEFT$(PRODS$(LO(I,2))+" " ,5);LEFT$(STR$(I)+" " ,3);": ";
4076   S=1
4077   M=LO(I,3)
4080   FOR K=2 TO (M*2) STEP 2
4084   FOR J=2 TO 10
4085       IF ORDEN(I,J,((K/2)*4)-3)=0 THEN 4152
4086   IF S=0 THEN 4115
4087   IF S=1 AND J=2 AND K=2 THEN NP=INT((ORDEN(I,J,((K/2)*4)-1))/2+.55):S=0:ELSE
NP=INT(((ORDEN(I,J,((K/2)*4)-1))/2+.55)+9):S=0:GOTO 4105
4105   COS=" "
4110   FOR L=1 TO NP: LPRINT COS;:NEXT L:
4115       NP=(ORDEN(I,J,((K/2)*4)-3)):CS=CARS$(ORDEN(I,J,((K/2)*4)-2))
4120       FOR L=1 TO NP
4130           LPRINT CS;
4140       NEXT L
4152   NEXT J
4153   LPRINT
4154   S=1
4160   NEXT K
4165   LPRINT "[LT:;INT(LO(I,1));" COD:;LO(I,2);" CP:;LO(I,3);" KG TOT:;LO(I
,4)]]"
4170   LPRINT
4180   NEXT I
4190   RETURN
4195   '
4500   REM linea de tiempo
4510   REM .....
4515   '
4517   LPRINT "PROD/LOTE";
4520   FOR L=0 TO 340 STEP 20
4525       LS=RIGHT$(STR$(L),LEN(STR$(L))-1)
4530       LPRINT LEFT$(LS+"---",3);
4540       FOR M=1 TO 7:LPRINT "-:":NEXT M
4550   NEXT L
4560   LPRINT
4570   RETURN
4580   '
5000   REM tabla de resultados
5010   REM .....
5020   LPRINT TAB(20);CHR$(14);TIMES,DATES;"RESUMEN DE RESULTADOS"
5030   FOR X = 1 TO NOLO: NI=LO(X,3)+NI:NEXT X
5035   IF INT(NI/6)=(NI/6) THEN BLOQUES=(NI/6):GOTO 5045
5040   BLOQUES=INT((NI/6)+1)
5045   LOT=1:CP=1:MCP=LO(LOT,3):CJ=6

```

```

5047 DATA "REAC", "RCIB", "FILT", "TQ#1", "TQ#2", "TQ#3", "PIPA", "TAMB", "HOJL"
5050 BLOQ(1,1)=1:BLOQ(1,2)=1
5060 FOR I=1 TO BLOQUES
5065 M=LO(I,3)
5070 LPRINT STRINGS(180, "=")
5080 FOR J=1 TO 6
5090 LPRINT USING " / \ \ LOTE ## CP ### \":PROD$(LO(LOT,2)),LOT,CP;
5100 CP=CP+1
5105 IF J=6 AND CP>MCP THEN BLOQ(1,3)=LOT:BLOQ(1,4)=CP-1:BLOQ(I+1,1)=LOT+1:BLOQ(
I+1,2)=1:SW%=1
5110 IF CP>MCP THEN CP=1:LOT=LOT+1:MCP=LO(LOT,3)
5120 IF LOT>NOLO THEN CJ=J:J=6
5130 NEXT J
5135 LPRINT
5140 IF I=BLOQUES THEN GOTO 5165
5145 IF SW%=1 THEN GOTO 5165
5150 BLOQ(1,3)=LOT:BLOQ(1,4)=CP-1:BLOQ(I+1,1)=LOT:BLOQ(I+1,2)=CP
5165 FOR K=1 TO CJ
5170 LPRINT " ETP IWI TER DUR ";
5175 NEXT K
5177 LPRINT
5180 CP=BLOQ(1,2):LOT=BLOQ(1,1)
5190 LPRINT STRINGS(180, "=")
5200 FOR M=2 TO 10
5210 FOR L = 1 TO CJ
5220 IF ORDEN(LOT,M,CP*4)=0 THEN GOTO 5225
5222 LPRINT USING " \ \ : ###.## ###.## ###.##":PAS(ORDEN(LOT,M,(CP*4)-2)),ORDE
N(LOT,M,(CP*4)-1),ORDEN(LOT,M,CP*4),ORDEN(LOT,M,CP*4)-ORDEN(LOT,M,(CP*4)-1);:GOT
O 5240
5225 LPRINT USING " \ \ : ###.## ###.## ###.##":PAS(ORDEN(LOT,M,(CP*4)-2)),ORDE
N(LOT,M,(CP*4)-1),ORDEN(LOT,M,CP*4),0;:ORDEN(LOT,M,(CP*4)-1)=0:GOTO 5240
5240 TOT(ORDEN(LOT,M,(CP*4)-2))=TOT(ORDEN(LOT,M,(CP*4)-2))+ORDEN(LOT,M,CP*4)-OR
DEN(LOT,M,(CP*4)-1))
5242 CP=CP+1
5244 IF CP>LO(LOT,3) THEN LOT=LOT+1:CP=1
5246 IF LOT>NOLO THEN L=6
5250 NEXT L
5255 LPRINT
5256 CP=BLOQ(1,2):LOT=BLOQ(1,1)
5260 NEXT M
5270 CP=BLOQ(I+1,2):LOT=BLOQ(I+1,1):MCP=LO(BLOQ(I+1,1),3)
5280 NEXT I
5290 RETURN
6000 REM lee parametros
6010 REM .....
6015 '
6020 OPEN "I",1,"ACIDOS.PAR"
6030 INPUT #1,NOLO
6035 INPUT #1,AS
6040 FOR I=1 TO NOLO
6050 FOR J=1 TO 7
6052 INPUT #1,X
6054 IF J=1 THEN LO(1,1)=X
6056 IF J=2 THEN LO(1,2)=X
6058 IF J=4 THEN LO(1,4)=X
6060 IF J=5 THEN LO(1,3)=X
6070 NEXT J
6080 NEXT I
6085 '
6160 CLOSE
6170 RETURN
6180 '
6500 REM imprime totales reales por paso
6510 REM .....
6515 '
6517 LPRINT

```

```
6530 LPRINT CHR$(14);"TOTALES REALES POR PASO DEL PROCESO"  
6540 LPRINT CHR$(14);"-----"  
6550 FOR I=2 TO 10  
6560   LPRINT USING " \ \   ###.## HORAS ";PAS(I),TOT(I)  
6570 NEXT I  
6580 RETURN  
6590 '  
10000 FOR I=1 TO 22:FOR J=1 TO 4:PRINT ORDEN(X,I,J),:NEXT J:PRINT:NEXT I
```

## **CAPITULO 5**

### **RESULTADOS**

## 5.1 PRESENTACION DE OPCIONES DE PRODUCCION.

Para apreciar con más claridad y detalle las bondades y ventajas que proporciona este sistema de programas, con respecto a la forma de programar la producción, a continuación se dará un ejemplo concreto. Se supondrá un programa de producción semanal, operando seis días las 24 horas cada día, y se analizarán distintas alternativas que surjan en la forma de elaborar dicha programación de la producción.

Supongamos que esta semana se pide que se produzcan los siguientes productos en sus respectivas cantidades:

5,000 Kg del ácido graso número 1	(A1)
Dos lotes de 13,000 Kg cada uno de ácido graso número 16	(A16)
20,000 Kg del ácido graso número 22	(A22)

Para cuatro lotes diferentes, la estadística nos dice que existen 24 posibles combinaciones de la secuencia en que pueden ser procesadas. Para este análisis se considerarán 4 de éstas combinaciones, simplemente para hacer el ejemplo ilustrativo y no demasiado extenso, ya que algunas de las combinaciones son muy similares entre sí. Se hará también una variación en la producción del ácido número 22, ya que se existen dos pedidos de 10,000 Kg cada uno, que requieren ajustarse a 13,000Kg debido a la capacidad instalada del sistema. requieren 20,000Kg de este producto, pero en realidad existen 2 cargas de 13,000Kg cada uno, dando un total de

26,000Kg. De igual forma, el ácido graso número uno, deberá ajustarse de 5,000 Kg a 8,000Kg.

Las combinaciones tomadas para la secuenciación de lotes son las siguientes (la secuencia es indicada por la posición del producto en la columna, es decir, que si un producto aparece en el primer renglón de la columna, éste será el primero en ser procesado, después, el que aparezca en el segundo renglón y así sucesivamente):

OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3	OPCION 4
A22	A1	A22	A1
A22	A16	A1	A22
A16	A22	A16	A16
A1	A22	A22	A22

## 5.2 VALIDACION DE LA FORMA OPTIMA DE PRODUCCION

### 5.2.1 OPERACION ACTUAL

Actualmente, en la empresa productora de ácidos grasos, la programación de la producción la realiza el asistente del gerente de producción, en forma manual y un tanto empírica.

Una vez recibidos los pedidos, el gerente de producción proporciona los datos a su asistente para que él realice la secuenciación de la producción de los lotes requeridos.

El asistente se basa, para realizar el plan de producción "principalmente en la cantidad de kilogramos de cada pedido, tratando de procesar primero los de menor cantidad" y después procura "no programar muchas cargas seguidas de productos que requieran el mismo tipo de envase", según afirmó.

Posteriormente entrega el programa de producción ya elaborado (el cual se tarda por lo menos un día en realizar) al gerente de producción para que éste lo autorice. Una vez autorizado, el programa se entrega al personal obrero de producción para que pongan en marcha la elaboración de los lotes.

La empresa trabaja seis días a la semana a tres turnos, es decir que se trabajan 144 horas ininterrumpidamente, por lo que la corrida de éste modelo, simula esta cantidad de tiempo, aunque puede también ser modificada.

Frecuentemente los pedidos se terminan de procesar antes de tiempo, entonces se adelantan algunas etapas de la producción de algún lote de la siguiente semana.

### **5.2.2 ANALISIS DE LAS OPCIONES DE PRODUCCION**

En este ejemplo se plantearon primeramente cuatro opciones de producción, se hizo la corrida del modelo y se obtuvieron los resultados de cada una de las corridas, las cuales se presentan en el Anexo 1. En estos reportes se observa que la opción 1, terminó de procesar todas las cargas parciales de todos los lotes en un total de 123 horas (quedando 21 horas disponibles), en la opción 2 se aprecia que el último lote no fue terminado, ya que al estar

procesando la segunda carga parcial del ácido número 22, se acabó el tiempo normal de trabajo (144 horas) y para terminar de procesar este lote hicieron falta 10 horas. En la opción 3 se observa que se procesaron todos los lotes de la programación de la producción empleando 129 horas (disponiéndose de 15 horas libres), de igual manera se satisfizo la demanda de producción en la opción 4 empleando 132 horas (disponiendo de 12 horas libres).

En este breve análisis se comprueba que las mejores opciones hasta este momento, por ser las que emplean menor tiempo en el procesamiento de los lotes, son las opciones 1 y 3. Por lo que hacemos unas pequeñas variaciones a estas posibles combinaciones, para hacer un nuevo análisis. Estas nuevas combinaciones son las siguientes:

OPCION 5	OPCION 6
A22	A22
A1	A22
A22	A1
A16	A16

Se ejecutaron las corridas del modelo con estos datos, y se obtuvieron sus resultados respectivos, que también se incluyen en el Anexo 1.

Haciendo un análisis más detallado de estas opciones de producción podemos comprobar lo siguiente:

En el Anexo 2, encontramos los reportes de OUTPUT de todas las corridas. En ellos, en la sección en que se describen las estadísticas de las GATES, podemos comprobar que en las opciones 1, 3, 5 y 6, los tiempos

porcentuales en que estuvieron abiertas las "puertas" fueron los mismos. Es decir, en el reporte del OUTPUT, en la sección denominada como GATE STATISTICS, se encuentran las etiquetas identificadoras de cada una de las puertas; junto a cada etiqueta se encuentra el porcentaje de tiempo de la simulación en que la puerta estuvo abierta, por ejemplo si junto a la etiqueta "TREACTOR" aparece un número 1, significa que esta puerta, estuvo abierta el 100 por ciento de las veces que una entidad pasó por ella, es decir que la entidad no tuvo que esperar a que se abriera la puerta. De esto podemos decir que no hubo, en estas corridas bloqueos del reactor ni del filtro prensa, que el tanque número uno, 2 y 3 estuvieron disponibles el 93.66%, 97.18%, 78.87% de las veces que una entidad pasó por ellos.

Observamos también que en estas opciones (1, 3, 5, y 6) se completa el procesamiento de todos los lotes requeridos, con la única diferencia de que el tiempo semanal disponible (el tiempo de holgura) de cada una de ellas, varía. Refiriéndonos al "Resumen de Resultados" se observa también que la opción con el tiempo más corto de terminación del procesamiento de los lotes, sigue siendo la opción 1, en la cual el envasado de la última carga, del último lote programado, termina a la hora 123.

Las características generales de esta opción de producción son:

- a) Los dos primeros lotes programados, son del mismo producto, y éste, el ácido graso número 22, puede almacenarse en cualquiera de los tres tanques de producto terminado, lo que no sucede con los otros productos, (a excepción del ácido graso número 16 que sólo puede utilizar el tanque tres) que sólo pueden disponer de los tanques 1 y 2.

Esto le da una holgura necesaria para no ocasionar un bloqueo en el reactor, es decir, que a pesar de que las cuatros cargas pasan por el hojueador, (que resulta bastante tardado) la ventaja de poder ser almacenado en cualquiera de los tres tanques de producto terminado, le da el tiempo necesario al tanque uno de desocuparse cuando los otros dos están siendo llenados.

- b) El tercer lote, de ácido graso número 16, sólo puede depositarse en el tanque número 3 (el cuál ya ha sido desocupado y lavado), lo cual no interfiere en el proceso del último lote, de ácido graso número 1, que requiere solamente una carga parcial, que se almacena en el tanque de producto terminado número 2 y se envasa en tambores.

### **5.3 ANALISIS ECONOMICO**

Una vez encontrada la manera óptima de producción, supondremos que el costo por hora de trabajo en la planta asciende a \$800,000.00.

Para tener un punto de referencia, presentamos las opciones anteriores al asistente del gerente de producción para que determinara, según su experiencia cuál era a su juicio la mejor alternativa. de producción. Esta persona concluyó que para él, la mejor opción era la opción número 4.

Comparativamente observemos la siguiente tabla:

Opción	Kg Totales	Hrs de Holgura	Costo MM Pesos	Diferencia vs Opción # 4 (%)
1	57,000	21	16.8	75.00
2	54,800	-10	0	-100.00
3	57,000	15	12	25.00
4	57,000	12	9.6	0.00
5	57,000	18	14.4	50.00
6	57,000	10	8	16.67

Como se puede apreciar, para cada opción se presentan los kilogramos totales que cada una puede procesar, el tiempo de holgura de trabajo en la semana, el ahorro total que representa este tiempo por poder empezar a procesar la carga de trabajo de la semana siguiente, y un porcentaje de cada opción comparada con la opción número 4, es decir, la alternativa que se seguiría en caso de no contar con el modelo de simulación. Este porcentaje representa la proporción en la que cada opción es mejor (o peor, en caso de ser un porcentaje negativo) que la alternativa de producción recomendada por la empresa.

Como se puede observar la opción número 1, como lo habíamos apreciado al hacer la corrida del modelo de simulación, resulta ser la mejor, ya que representa un 75% de mejora en el desempeño de la planta productiva.

Con el uso de esta herramienta, se logrará un ahorro semanal considerable, lo cual repercutirá directamente en las utilidades de la empresa, y tendrá un gran impacto en el aumento de la productividad de la compañía.

#### 5.4 CONCLUSIONES ACERCA DEL USO DE ESTA HERRAMIENTA

Comparando el desempeño semanal de producción de la compañía, siguiendo diferentes alternativas de programación de la carga de trabajo y analizando éstas por medio del sistema al que se refiere este estudio, podemos concluir lo siguiente:

- a) La operación de la forma de producción se agiliza, dando también la facilidad de estudiar el comportamiento del proceso y con base en este análisis, definir la forma óptima de producción después de evaluar varias alternativas.
- b) El impacto del modelo en la producción de la planta provoca que la capacidad de producción y las utilidades de la empresa se vean aumentadas dramáticamente, ya que la utilización del equipo tiende a optimizarse, reduciendo así los tiempos muertos y bloqueos en la línea de producción, originados por la falta de organización en la secuenciación de los lotes.
- c) Mediante esta herramienta, comprobamos que la simulación trae grandes beneficios al campo donde sea aplicada, ya que nos permite experimentar con el sistema en estudio, a un costo muy bajo, obteniendo información de bastante utilidad para sacar conclusiones y encontrar cursos de acción alternativos, cada uno con sus respectivas ventajas (e incluso desventajas), para tomar una decisión.
- d) Para casos en los que la programación de la producción sea muy extensa, con el uso de este sistema podemos determinar con anticipación, si necesitaremos tiempos extras para la producción o en caso de no ser posible procesar todos los lotes, podemos conocer en qué

etapa del proceso estarán cada uno de ellos al terminar la semana. En caso de necesitar tiempos extra se podrá hacer la organización de los horarios de los trabajadores para que no surjan problemas de último momento, que repercutirían en la terminación del proceso de producción.

- e) En caso de que la empresa considere la posibilidad de ampliar su capacidad de producción, el sistema servirá también para evaluar esta posibilidad, ya que servirá como punto de referencia con otros modelos que incluyan el equipo adicional, y con ellos se podrá hacer una evaluación de la conveniencia de la adquisición de equipo nuevo, contra el ahorro o utilidades que proporcione esta inversión.

## **CONCLUSIONES**

Como conclusiones al presente trabajo encontramos:

- 1 La simulación es una valiosísima herramienta que puede aplicarse a cualquier proceso o problema que sea objetivo y medible. No necesariamente requiere de un proceso o cadena de producción puede aprovecharse en cualquier sistema que sea modelable aunque sea en esencia.
- 2 El uso de la simulación a nivel empresarial constituye una ventaja competitiva para la compañía que la aplique. En un ambiente industrial tan competido como en el que se encuentra México, y con las perspectivas de globalización y bloques económicos actuales, una herramienta como la simulación deberá ser re-valorada para alcanzar niveles competitivos de productividad.
- 3 No es costosa y sin embargo puede representar grandes oportunidades de ahorro a cualquier empresa o persona que la aplique.
- 4 En México, la mayoría de las empresas están en condiciones de aplicar la simulación a sus procesos productivos.
- 5 En nuestro país no ha tenido la difusión adecuada. Esto es debido principalmente a que se trata de tecnología extranjera y por lo tanto, falta capacitación y conocimiento de la técnica, así como de los lenguajes disponibles.

6 La simulación ha tenido en la última década un desarrollo impresionante. A pesar de ser una técnica desarrollada como tal desde los años '40, ultimamente se ha visto muy desarrollada por los adelantos tecnológicos de las computadoras, del software y del hardware. Esto ha llevado a la simulación a ser una técnica de sencilla y rápida aplicación,

## **ANEXO 1**

T E S I S      P L A N T A   D E   A C I D O S   G R A S O S  
 CAPTURA DE PARAMETROS DE SIMULACION

opcion 1

v^=mover F1=pag ant F2=pag sgte F3=borra F4=inserta F5=copia F6=pega F7=borra T.  
 a opcion ...      ESC=terminar    SHIFT/PRISC=imprime    INTRO=seleccionar

LOTE	CPROD	KGPRODT	KGPTAJ	CARGASP	ENVASE	COOLOTE
1	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0001
2	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0002
3	A16	12,000	26,000	2	PIPA	A0003
> 4	A1	5,000	8,000	1	TAMB	A0004

Kilos: 8,000 \_\_\_\_\_ En copia el lote: 00



TOTALES REALES POR PASO DEL PROCESO

-----  
REA 109.90 HORAS  
RCB 36.00 HORAS  
FIL 6.00 HORAS  
TQ1 43.20 HORAS  
TQ2 18.70 HORAS  
TQ3 63.20 HORAS  
PIP 4.00 HORAS  
TMB 5.00 HORAS  
HJL 103.60 HORAS

ANALISIS DE LA SIMULACION DE LA PLANTA DE ACIDOS GRASOS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

I/F □  
REA □ \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*  
RCB □ \*\* \*\* \*\* \*\*  
FIL □ \*\* \*\* \*\*  
TQ1 □ \*\* \*\*  
TQ2 □ \*\*  
TQ3 □ \*\* \*\*  
PIP □ \*\*  
TMB □ \*\*  
HJL □ \*\* \*\*

C:\VHGE>

T E S I S      P L A N T A   D E   A C I D O S   G R A S O S  
 CAPTURA DE PARAMETROS DE SIMULACION  
 OPCION 2

v^=mover F1=pag ant F2=pag sgte F3=borra F4=inserta F5=copia F6=pega F7=borra T.  
 ESC=terminar SHIFT/PRISC=imprime      INTR0=seleccionar

LOTE	CPR0D	KGPRODT	KGPTAJ	CARGASP	ENVASE	COOLOTE
> 1	A1	5,000	8,000	1	TAMB	A0004
2	A16	12,000	26,000	2	PIPA	A0003
3	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0001
4	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0002

En copia el lote: 00



TOTALES REALES POR PASO DEL PROCESO

REA	85.70	HORAS
RCB	24.70	HORAS
FIL	6.00	HORAS
T01	30.90	HORAS
T02	40.80	HORAS
T03	40.20	HORAS
PIP	4.00	HORAS
TMB	5.00	HORAS
HJL	77.90	HORAS

ANALISIS DE LA SIMULACION DE LA PLANTA DE ACIDOS GRASOS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

I/F □  
REA □ \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*  
RCB □ \*\* \*\* \*\* \*\*  
FIL □ \*\* \*\* \*\*  
TQ1 □ \*\* \*\*  
TQ2 □ \*\* \*\*  
TQ3 □ \*\*  
PIP □ \*\*  
TMB □ \*\*  
HJL □ \*\* \*

C:\HGE>

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

CAPTURA DE PARAMETROS DE SIMULACION

OPCION 3

V^=mover F1=pag ant F2=pag sgte F3=borra F4=inserta F5=copia F6=pega F7=borra T.  
 Escoja la opcion ... ESC=terminar SHIFT/PRTSC=imprime INTRO=seleccionar

LOTE	CPROD	KGPRODT	KGTAJ	CARGASP	ENVASE	COLOTE
> 1	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0001
2	A1	5,000	8,000	1	TAMB	A0004
3	A16	12,000	26,000	2	PIPA	A0003
4	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0002

Kilos: 13,000

En copia el lote: 00



TOTALES REALES POR PASO DEL PROCESO

REA	87.70	HORAS
RCB	6.50	HORAS
FIL	6.00	HORAS
TQ1	6.00	HORAS
TQ2	29.90	HORAS
TQ3	40.20	HORAS
PIP	4.00	HORAS
TMB	5.00	HORAS
HJL	104.30	HORAS

ANALISIS DE LA SIMULACION DE LA PLANTA DE ACIDOS GRASOS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

I/F    
 REA  \*\* \*\* \* \* \* \* \*   
 RCB  \*\* \*\* \* \* \* \* \*   
 FIL  \*\* \*\* \* \* \* \* \*   
 TQ1  \*\* \*\* \* \* \* \* \*   
 TQ2  \*\* \* \* \* \* \*   
 TQ3  \* \* \* \* \*   
 PIP  \* \* \* \* \*   
 TMB  \* \* \* \* \*   
 HJL  \*\* \* \* \* \* \*

C:\HGE>

T E S I S      P L A N T A   D E   A C I D O S   G R A S O S  
 CAPTURA DE PARAMETROS DE SIMULACION

OPCION 4

v^=mover F1=pag ant F2=pag sgte F3=borra F4=inserta F5=copia F6=pega F7=borra T.

Esc                    ESC=terminar    SHIFT/PRTS=imprime    INTRO=seleccionar

LOTE	CPROD	KGPROOT	KGPTAJ	CARGASP	ENVASE	COLOTE
1	A1	5,000	8,000	1	TAMB	A0004
> 2	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0001
3	A16	12,000	26,000	2	PIPA	A0003
4	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0002

Kilos: 13,000 \_\_\_\_\_ En copia el lote: 00



TOTALES REALES POR PASO DEL PROCESO

REA	87.70	HORAS
RCB	6.80	HORAS
FIL	6.00	HORAS
TQ1	9.70	HORAS
TQ2	33.70	HORAS
TQ3	40.20	HORAS
PIP	4.00	HORAS
TMB	5.00	HORAS
HJL	103.60	HORAS

ANALISIS DE LA SIMULACION DE LA PLANTA DE ACIDOS GRASOS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

I/F □ \*\* \*\* \*\* \*\*  
 REA □ \*\* \*\* \*\* \*\*  
 RCB □ \*\* \*\* \*\*  
 FIL □ \*\* \*\* \*\*  
 TQ1 □ \*\* \*\* \*\*  
 TQ2 □ \*\* \*\*  
 TQ3 □ \*\*  
 PIP □ \*\*  
 TMB □ \*\*  
 HJL □ \*\* \*\*

C:\HGE>

T E S I S      P L A N T A   D E   A C I D O S   G R A S O S  
 CAPTURA DE PARAMETROS DE SIMULACION  
 OPCION 5

v^=mover F1=pag ant F2=pag sgte F3=borra F4=inserta F5=copia F6=pega F7=borra T.  
 ...      ESC=terminar    SHIFT/PRTSC=imprime      INTRO=seleccionar

LOTE	CPROD	KGPRODT	KGTAJ	CARGASP	ENVASE	COLOTE
> 1	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0001
2	A1	5,000	8,000	1	TAMB	A0004
3	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0002
4	A16	12,000	26,000	2	PIPA	A0003



TOTALES REALES POR PASO DEL PROCESO

REA	87.70	HORAS
RCB	7.70	HORAS
FIL	6.00	HORAS
TQ1	16.00	HORAS
TQ2	40.70	HORAS
TQ3	40.40	HORAS
PIP	4.00	HORAS
TMB	5.00	HORAS
HJL	103.60	HORAS

ANALISIS DE LA SIMULACION DE LA PLANTA DE ACIDOS GRASOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
I/F	□																									
REA	□	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
RCB	□	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
FIL	□	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TQ1	□	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TQ2	□	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TQ3	□																									**
PIP	□																									**
TMB	□	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
HJL	□	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

C:\HGE>ACIDOS

T E S I S      P L A N T A   D E   A C I D O S   G R A S O S  
 CAPTURA DE PARAMETROS DE SIMULACION

OPCION 6

v^=mover F1=peg ant F2=peg sgte F3=borra F4=inserta F5=copia F6=pega F7=borra T.  
 Escoja la op      ESC=terminar    SHIFT/PRISC=imprime    INTRO=seleccionar

LOTE	CPROD	KGPRODT	KGPTAJ	CARGASP	ENVASE	CODLOTE
1	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0001
> 2	A22	10,000	13,000	2	SACO	A0002
3	A1	5,000	8,000	1	TAMB	A0004
4	A16	12,000	26,000	2	PIPA	A0003

Kilos: 8,000 \_\_\_\_\_ En copia el lote: 00



TOTALES REALES POR PASO DEL PROCESO

```

-----
REA      95.50 HORAS
RCB     23.70 HORAS
FIL      6.00 HORAS
TQ1     43.20 HORAS
TQ2     18.70 HORAS
TQ3     63.20 HORAS
PIP      4.00 HORAS
TMB      5.00 HORAS
HJL    103.60 HORAS
  
```

ANALISIS DE LA SIMULACION DE LA PLANTA DE ACIDOS GRASOS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

```

I/F  □
REA  □ ** ** ** ** **
RCB  □ ** ** **~
FIL  □ ** ** **~
TQ1  □ ** **~
TQ2  □ ** **~
TQ3  □ ** **~
PIP  □ **~
TMB  □ **~
HJL  □ **~
  
```

## **ANEXO 2**

**OPCION 1**

1

S L A M I I S U M M A R Y R E P O R T

SIMULATION PROJECT TESIS

BY HGE

DATE 15/11/1990

RUN NUMBER

1 OF 1

CURRENT TIME .1420E+03  
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON  
 OBSERVATION\*\*

MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE
SORBEX					NO VALUES RECORDED
GLICER					NO VALUES RECORDED
.200E+01	3	.167E+01	.577E+00	.346E+00	.100E+01
MANT.ESP.					NO VALUES RECORDED
HIDROLIZADOS					NO VALUES RECORDED
.810E+02	1	.810E+02	.000E+00	.000E+00	.810E+02

\*\*STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES\*\*

CURRENT INTERVAL	VALUE	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME
MP#1		28514.890	1585.27526600	.0030000	.00	
142.00026600.00						
MP#2		27814.010	4200.29525100	.0040000	.00	
142.00025100.00						
HID		6864.084	3196.804	1000.0015000	.00	
142.000 8000.00						
ESCAMAS		10899.680	4149.703	6700.0015000	.00	
142.000 6700.00						
TQPTERM#1		3623.944	3838.297	.00	8000.00	
142.000 6500.00						
TQPTERM#2		1352.113	2998.115	.00	8000.00	
142.000 .00						

TQPTERM#3                    8381.338 11328.200                    .0026000.00  
 142.00026000.00

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE AVERAGE NUMBER WAIT TIME	ASSOC NODE LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH
1	QUEUE	.015	.253	6	0
.300					
2	AWAIT	3.079	1.987	6	0
62.450					
3	E25 AWAIT	.000	.000	0	0
.000					
4	TQ3 AWAIT	.000	.000	0	0
.000					
5	AWAIT	.000	.000	0	0
.000					
6	TQ1 AWAIT	.000	.000	0	0
.000					
7	TQ2 AWAIT	.000	.000	0	0
.000					
8	FI AWAIT	.000	.000	1	0
.000					
9	AWAIT	.000	.000	1	0
.000					
10	AWAIT	.000	.000	1	0
.000					
11	AWAIT	.000	.000	1	0
.000					
12	AWAIT	.000	.000	0	0
.000					
13	AWAIT	.000	.000	0	0
.000					
14		.000	.000	0	0
.000					
15		.000	.000	0	0
.000					
16		.000	.000	0	0
.000					
17		.000	.000	0	0
.000					
18		.000	.000	0	0
.000					
19		.000	.000	0	0
.000					
20		.000	.000	0	0
.000					
21		.000	.000	0	0
.000					

.000	22	.000	.000	0	0	
.000	23	.000	.000	0	0	
.000	24	.000	.000	0	0	
.000	25	.000	.000	0	0	
.000	26	.000	.000	0	0	
.000	27	.000	.000	0	0	
.000	28	.000	.000	0	0	
.000	29	.000	.000	0	0	
.000	30	.000	.000	0	0	
.000	31	.000	.000	0	0	
.000	32	.000	.000	0	0	
.000	33	.000	.000	0	0	
.000	34	.000	.000	0	0	
.000	35	.000	.000	0	0	
.000	36	CALENDAR	2.054	.627	8	3
1.332						

**\*\*SERVICE ACTIVITY STATISTICS\*\***

ACT MAX	ACT BSY	LABEL ENT	OR NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX TME/SER	IDL
0		QUEUE		1	.005	.07	0	.00	141.30	
.70										

**\*\*RESOURCE STATISTICS\*\***

RESOURCE CURRENT NUMBER UTIL	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	
1	1	REACTOR	1	1.00	.027	1

0	2	FPRENSA	1	.07	.256	1
1	3	PIPAS	1	.05	.226	1
0	4	TAMBOR	1	.28	.450	1
1	5	HOJUELEA	1	.27	.444	1

	RESOURCE MAXIMUM NUMBER AVAILABLE	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE
1	1	REACTOR	0	.0007	0
1	2	FPRENSA	1	.9296	0
1	3	PIPAS	0	.9461	0
1	4	TAMBOR	1	.7183	0
1	5	HOJUELEA	0	.7296	0

**\*\*GATE STATISTICS\*\***

GATE NUMBER	GATE LABEL	CURRENT STATUS	PCT. OF TIME OPEN
1	TREACTOR	OPEN	1.0000
2	FILPREN	OPEN	1.0000
3	TQ#1	OPEN	.9366
4	TQ#2	OPEN	.9718
5	TQ#3	OPEN	.7887

## OPCION 2

## S L A M I I S U M M A R Y R E P O R T

SIMULATION PROJECT TESIS

BY HGE

DATE 15/11/1990

RUN NUMBER

1 OF 1

CURRENT TIME .1420E+03

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON  
OBSERVATION\*\*

MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE
SORBEX					NO VALUES RECORDED
GLICER					NO VALUES RECORDED
.200E+01	3	.167E+01	.577E+00	.346E+00	.100E+01
MANT.ESP.					NO VALUES RECORDED
HIDROLIZADOS					NO VALUES RECORDED
.810E+02	1	.810E+02	.000E+00	.000E+00	.810E+02

## \*\*STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES\*\*

CURRENT INTERVAL	VALUE	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME
MP#1		28514.890	1585.27526600	.0030000	.00	
142.000	26600.00					
MP#2		27814.010	4200.29525100	.0040000	.00	
142.000	25100.00					
HID		6864.084	3196.804	1000.0015000	.00	
142.000	8000.00					
ESCAMAS		10899.680	4149.703	6700.0015000	.00	
142.000	6700.00					
TQPTERM#1		3623.944	3838.297	.00	8000.00	
142.000	6500.00					
TQPTERM#2		1352.113	2998.115	.00	8000.00	
142.000	.00					

TQPTERM#3                    8381.338 11328.200                    .0026000.00  
 142.00026000.00

**\*\*FILE STATISTICS\*\***

FILE AVERAGE NUMBER WAIT TIME	ASSOC LABEL/TYPE	NODE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH
1	QUEUE		.015	.253	6	0
.300						
2	AWAIT		3.079	1.987	6	0
62.450						
3	E25	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
4	TQ3	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
5		AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
6	TQ1	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
7	TQ2	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
8	FI	AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
9		AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
10		AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
11		AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
12		AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
13		AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
14			.000	.000	0	0
.000						
15			.000	.000	0	0
.000						
16			.000	.000	0	0
.000						
17			.000	.000	0	0
.000						
18			.000	.000	0	0
.000						
19			.000	.000	0	0
.000						
20			.000	.000	0	0
.000						
21			.000	.000	0	0
.000						

22	.000	.000	0	0	
.000					
23	.000	.000	0	0	
.000					
24	.000	.000	0	0	
.000					
25	.000	.000	0	0	
.000					
26	.000	.000	0	0	
.000					
27	.000	.000	0	0	
.000					
28	.000	.000	0	0	
.000					
29	.000	.000	0	0	
.000					
30	.000	.000	0	0	
.000					
31	.000	.000	0	0	
.000					
32	.000	.000	0	0	
.000					
33	.000	.000	0	0	
.000					
34	.000	.000	0	0	
.000					
35	.000	.000	0	0	
.000					
36	CALENDAR	2.054	.627	8	3
1.332					

**\*\*SERVICE ACTIVITY STATISTICS\*\***

ACT MAX	ACT BSY	LABEL OR ENT	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX TME/SER	IDL TME/SER
0		QUEUE	1	.005	.07	0	.00	141.30	
.70									

**\*\*RESOURCE STATISTICS\*\***

RESOURCE CURRENT NUMBER UTIL	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	
1	1	REACTOR	1	1.00	.027	1

0	2	FPRENSA	1	.07	.256	1
1	3	PIPAS	1	.05	.226	1
0	4	TAMBOR	1	.28	.450	1
1	5	HOJUELEA	1	.27	.444	1

	RESOURCE MAXIMUM NUMBER AVAILABLE	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE
1	1	REACTOR	0	.0007	0
1	2	FPRENSA	1	.9296	0
1	3	PIPAS	0	.9461	0
1	4	TAMBOR	1	.7183	0
1	5	HOJUELEA	0	.7296	0

**\*\*GATE STATISTICS\*\***

GATE NUMBER	GATE LABEL	CURRENT STATUS	PCT. OF TIME OPEN
1	TREACTOR	OPEN	1.0000
2	FILPREN	OPEN	1.0000
3	TQ#1	OPEN	.9366
4	TQ#2	OPEN	.9718
5	TQ#3	OPEN	.7887

**OPCION 3**

1

## S L A M I I S U M M A R Y R E P O R T

SIMULATION PROJECT TESIS

BY HGE

DATE 15/11/1990

RUN NUMBER

1 OF 1

CURRENT TIME .1420E+03

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON  
OBSERVATION\*\*

MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE
					NO VALUES RECORDED
					NO VALUES RECORDED
.200E+01	3	.167E+01	.577E+00	.346E+00	.100E+01
					NO VALUES RECORDED
.810E+02	1	.810E+02	.000E+00	.000E+00	.810E+02

## \*\*STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES\*\*

CURRENT INTERVAL	VALUE	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME
MP#1	142.000	28514.890	1585.275	26600.00	0030000.00	
MP#2	142.000	27814.010	4200.295	25100.00	0040000.00	
HID	142.000	6864.084	3196.804	1000.00	15000.00	
ESCAMAS	142.000	10899.680	4149.703	6700.00	15000.00	
TQPTERM#1	142.000	3623.944	3838.297	.00	8000.00	
TQPTERM#2	142.000	1352.113	2998.115	.00	8000.00	

TQPTERM#3            8381.338 11328.200            .0026000.00  
 142.00026000.00

\*\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE AVERAGE NUMBER WAIT TIME	ASSOC LABEL/TYPE	NODE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH
1	QUEUE		.015	.253	6	0
.300						
2	AWAIT		3.079	1.987	6	0
62.450						
3	E25	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
4	TQ3	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
5	AWAIT		.000	.000	0	0
.000						
6	TQ1	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
7	TQ2	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
8	FI	AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
9	AWAIT		.000	.000	1	0
.000						
10	AWAIT		.000	.000	1	0
.000						
11	AWAIT		.000	.000	1	0
.000						
12	AWAIT		.000	.000	0	0
.000						
13	AWAIT		.000	.000	0	0
.000						
14			.000	.000	0	0
.000						
15			.000	.000	0	0
.000						
16			.000	.000	0	0
.000						
17			.000	.000	0	0
.000						
18			.000	.000	0	0
.000						
19			.000	.000	0	0
.000						
20			.000	.000	0	0
.000						
21			.000	.000	0	0
.000						

22	.000	.000	0	0	
.000					
23	.000	.000	0	0	
.000					
24	.000	.000	0	0	
.000					
25	.000	.000	0	0	
.000					
26	.000	.000	0	0	
.000					
27	.000	.000	0	0	
.000					
28	.000	.000	0	0	
.000					
29	.000	.000	0	0	
.000					
30	.000	.000	0	0	
.000					
31	.000	.000	0	0	
.000					
32	.000	.000	0	0	
.000					
33	.000	.000	0	0	
.000					
34	.000	.000	0	0	
.000					
35	.000	.000	0	0	
.000					
36	CALENDAR	2.054	.627	8	3
1.332					

**\*\*SERVICE ACTIVITY STATISTICS\*\***

ACT MAX	ACT BSY	LABEL ENT	OR NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX TME/SER	IDL SER
0		QUEUE		1	.005	.07	0	.00	141.30	
.70										

**\*\*RESOURCE STATISTICS\*\***

RESOURCE CURRENT NUMBER UTIL	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL
1	REACTOR	1	1.00	.027	1
1					

0	2	FPRENSA	1	.07	.256	1
1	3	PIPAS	1	.05	.226	1
0	4	TAMBOR	1	.28	.450	1
1	5	HOJUELEA	1	.27	.444	1

RESOURCE MAXIMUM NUMBER AVAILABLE	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE
1	1 REACTOR	0	.0007	0
1	2 FPRENSA	1	.9296	0
1	3 PIPAS	0	.9461	0
1	4 TAMBOR	1	.7183	0
1	5 HOJUELEA	0	.7296	0

\*\*GATE STATISTICS\*\*

GATE NUMBER	GATE LABEL	CURRENT STATUS	PCT. OF TIME OPEN
1	TREACTOR	OPEN	1.0000
2	FILPREN	OPEN	1.0000
3	TQ#1	OPEN	.9366
4	TQ#2	OPEN	.9718
5	TQ#3	OPEN	.7887

**OPCION 4**

1

## S L A M I I S U M M A R Y R E P O R T

SIMULATION PROJECT TESIS

BY HGE

DATE 15/11/1990

RUN NUMBER

1 OF 1

CURRENT TIME .1420E+03

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON  
OBSERVATION\*\*

MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE
					NO VALUES RECORDED
					NO VALUES RECORDED
.200E+01	3	.167E+01	.577E+00	.346E+00	.100E+01
					NO VALUES RECORDED
.810E+02	1	.810E+02	.000E+00	.000E+00	.810E+02

## \*\*STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES\*\*

CURRENT INTERVAL	VALUE	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME
MP#1		28514.890	1585.27526600	.0030000	.00	
142.000	26600.00					
MP#2		27814.010	4200.29525100	.0040000	.00	
142.000	25100.00					
HID		6864.084	3196.804	1000.00	15000.00	
142.000	8000.00					
ESCAMAS		10899.680	4149.703	6700.00	15000.00	
142.000	6700.00					
TQPTERM#1		3623.944	3838.297	.00	8000.00	
142.000	6500.00					
TQPTERM#2		1352.113	2998.115	.00	8000.00	
142.000	.00					

TQPTERM#3  
142.00026000.00

8381.338 11328.200

.0026000.00

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE AVERAGE NUMBER WAIT TIME	ASSOC LABEL/TYPE	NODE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH
1		QUEUE	.015	.253	6	0
.300	2	AWAIT	3.079	1.987	6	0
62.450	3	E25 AWAIT	.000	.000	0	0
.000	4	TQ3 AWAIT	.000	.000	0	0
.000	5	AWAIT	.000	.000	0	0
.000	6	TQ1 AWAIT	.000	.000	0	0
.000	7	TQ2 AWAIT	.000	.000	0	0
.000	8	FI AWAIT	.000	.000	1	0
.000	9	AWAIT	.000	.000	1	0
.000	10	AWAIT	.000	.000	1	0
.000	11	AWAIT	.000	.000	1	0
.000	12	AWAIT	.000	.000	0	0
.000	13	AWAIT	.000	.000	0	0
.000	14		.000	.000	0	0
.000	15		.000	.000	0	0
.000	16		.000	.000	0	0
.000	17		.000	.000	0	0
.000	18		.000	.000	0	0
.000	19		.000	.000	0	0
.000	20		.000	.000	0	0
.000	21		.000	.000	0	0
.000						

22	.000	.000	.000	0	0
23	.000	.000	.000	0	0
24	.000	.000	.000	0	0
25	.000	.000	.000	0	0
26	.000	.000	.000	0	0
27	.000	.000	.000	0	0
28	.000	.000	.000	0	0
29	.000	.000	.000	0	0
30	.000	.000	.000	0	0
31	.000	.000	.000	0	0
32	.000	.000	.000	0	0
33	.000	.000	.000	0	0
34	.000	.000	.000	0	0
35	.000	.000	.000	0	0
36	CALENDAR	2.054	.627	8	3
1.332					

\*\*SERVICE ACTIVITY STATISTICS\*\*

ACT MAX	ACT BSY	LABEL ENT	OR SER	AVERAGE CAP	STD UTIL	CUR AVERAGE DEV	MAX AVERAGE UTIL	IDL BLOCK	MAX TME/SER
0		QUEUE		1	.005	.07	0	.00	141.30
.70									

\*\*RESOURCE STATISTICS\*\*

RESOURCE CURRENT NUMBER UTIL	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL
1	1	REACTOR	1	1.00	.027
					1

0	2	FPRENSA	1	.07	.256	1
1	3	PIPAS	1	.05	.226	1
0	4	TAMBOR	1	.28	.450	1
1	5	HOJUELEA	1	.27	.444	1

	RESOURCE MAXIMUM NUMBER AVAILABLE	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE
1	1	REACTOR	0	.0007	0
1	2	FPRENSA	1	.9296	0
1	3	PIPAS	0	.9461	0
1	4	TAMBOR	1	.7183	0
1	5	HOJUELEA	0	.7296	0

**\*\*GATE STATISTICS\*\***

GATE NUMBER	GATE LABEL	CURRENT STATUS	PCT. OF TIME OPEN
1	TREACTOR	OPEN	1.0000
2	FILPREN	OPEN	1.0000
3	TQ#1	OPEN	.9366
4	TQ#2	OPEN	.9718
5	TQ#3	OPEN	.7887

**OPCION 5**

## S L A M I I S U M M A R Y R E P O R T

SIMULATION PROJECT TESIS BY HGE  
 DATE 15/11/1990 RUN NUMBER  
 1 OF 1

CURRENT TIME .1420E+03  
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON  
 OBSERVATION\*\*

MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE
SORBEX GLICER					NO VALUES RECORDED NO VALUES RECORDED
.200E+01	3	.167E+01	.577E+00	.346E+00	.100E+01
MANT.ESP. HIDROLIZADOS					NO VALUES RECORDED
.810E+02	1	.810E+02	.000E+00	.000E+00	.810E+02

\*\*STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES\*\*

CURRENT INTERVAL	VALUE	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME
MP#1	142.00026600.00	28514.890	1585.27526600.00	30000.00	0.00	
MP#2	142.00025100.00	27814.010	4200.29525100.00	40000.00	0.00	
HID	142.000 8000.00	6864.084	3196.804	1000.00	15000.00	
ESCAMAS	142.000 6700.00	10899.680	4149.703	6700.00	15000.00	
TQPTERM#1	142.000 6500.00	3623.944	3838.297	.00	8000.00	
TQPTERM#2	142.000 .00	1352.113	2998.115	.00	8000.00	

TQPTERM#3                    8381.338 11328.200                    .0026000.00  
 142.00026000.00

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE AVERAGE NUMBER WAIT TIME	ASSOC LABEL/TYPE	NODE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH
1		QUEUE	.015	.253	6	0
.300						
2		AWAIT	3.079	1.987	6	0
62.450						
3	E25	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
4	TQ3	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
5		AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
6	TQ1	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
7	TQ2	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
8	FI	AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
9		AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
10		AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
11		AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
12		AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
13		AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
14			.000	.000	0	0
.000						
15			.000	.000	0	0
.000						
16			.000	.000	0	0
.000						
17			.000	.000	0	0
.000						
18			.000	.000	0	0
.000						
19			.000	.000	0	0
.000						
20			.000	.000	0	0
.000						
21			.000	.000	0	0
.000						

22	.000	.000	.000	0	0	
.000	23	.000	.000	0	0	
.000	24	.000	.000	0	0	
.000	25	.000	.000	0	0	
.000	26	.000	.000	0	0	
.000	27	.000	.000	0	0	
.000	28	.000	.000	0	0	
.000	29	.000	.000	0	0	
.000	30	.000	.000	0	0	
.000	31	.000	.000	0	0	
.000	32	.000	.000	0	0	
.000	33	.000	.000	0	0	
.000	34	.000	.000	0	0	
.000	35	.000	.000	0	0	
.000	36	CALENDAR	2.054	.627	8	3
1.332						

**\*\*SERVICE ACTIVITY STATISTICS\*\***

ACT MAX	ACT BSY	LABEL ENT	OR NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX TME/SER	IDL SER
0		QUEUE		1	.005	.07	0	.00	141.30	
.70										

**\*\*RESOURCE STATISTICS\*\***

RESOURCE CURRENT NUMBER UTIL	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL
1	REACTOR	1	1.00	.027	1

0	2	FPRENSA	1	.07	.256	1
1	3	PIPAS	1	.05	.226	1
0	4	TAMBOR	1	.28	.450	1
1	5	HOJUELEA	1	.27	.444	1

	RESOURCE MAXIMUM NUMBER AVAILABLE	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE
1	1	REACTOR	0	.0007	0
1	2	FPRENSA	1	.9296	0
1	3	PIPAS	0	.9461	0
1	4	TAMBOR	1	.7183	0
1	5	HOJUELEA	0	.7296	0

**\*\*GATE STATISTICS\*\***

GATE NUMBER	GATE LABEL	CURRENT STATUS	PCT. OF TIME OPEN
1	TREACTOR	OPEN	1.0000
2	FILPREN	OPEN	1.0000
3	TQ#1	OPEN	.9366
4	TQ#2	OPEN	.9718
5	TQ#3	OPEN	.7887

**OPCION 6**

## S L A M I I S U M M A R Y R E P O R T

SIMULATION PROJECT TESIS

BY HGE

DATE 15/11/1990

RUN NUMBER

1 OF 1

CURRENT TIME .1420E+03

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON  
OBSERVATION\*\*

MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE
SORBEX					NO VALUES RECORDED
GLICER					NO VALUES RECORDED
.200E+01	3	.167E+01	.577E+00	.346E+00	.100E+01
MANT.ESP.					NO VALUES RECORDED
HIDROLIZADOS		.810E+02	.000E+00	.000E+00	.810E+02
.810E+02	1				

## \*\*STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES\*\*

CURRENT INTERVAL	VALUE	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME
MP#1		28514.890	1585.27526600	0030000.00		
142.000	26600.00					
MP#2		27814.010	4200.29525100	0040000.00		
142.000	25100.00					
HID		6864.084	3196.804	1000.0015000.00		
142.000	8000.00					
ESCAMAS		10899.680	4149.703	6700.0015000.00		
142.000	6700.00					
TQPTERM#1		3623.944	3838.297	.00	8000.00	
142.000	6500.00					
TQPTERM#2		1352.113	2998.115	.00	8000.00	
142.000	.00					

TQTERM#3            8381.338 11328.200            .0026000.00  
 142.00026000.00

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE AVERAGE NUMBER WAIT TIME	ASSOC LABEL/TYPE	NODE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH
1	QUEUE		.015	.253	6	0
.300						
2	AWAIT		3.079	1.987	6	0
62.450						
3	E25	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
4	TQ3	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
5	AWAIT		.000	.000	0	0
.000						
6	TQ1	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
7	TQ2	AWAIT	.000	.000	0	0
.000						
8	FI	AWAIT	.000	.000	1	0
.000						
9	AWAIT		.000	.000	1	0
.000						
10	AWAIT		.000	.000	1	0
.000						
11	AWAIT		.000	.000	1	0
.000						
12	AWAIT		.000	.000	0	0
.000						
13	AWAIT		.000	.000	0	0
.000						
14			.000	.000	0	0
.000						
15			.000	.000	0	0
.000						
16			.000	.000	0	0
.000						
17			.000	.000	0	0
.000						
18			.000	.000	0	0
.000						
19			.000	.000	0	0
.000						
20			.000	.000	0	0
.000						
21			.000	.000	0	0
.000						

.000	22	.000	.000	0	0	
.000	23	.000	.000	0	0	
.000	24	.000	.000	0	0	
.000	25	.000	.000	0	0	
.000	26	.000	.000	0	0	
.000	27	.000	.000	0	0	
.000	28	.000	.000	0	0	
.000	29	.000	.000	0	0	
.000	30	.000	.000	0	0	
.000	31	.000	.000	0	0	
.000	32	.000	.000	0	0	
.000	33	.000	.000	0	0	
.000	34	.000	.000	0	0	
.000	35	.000	.000	0	0	
.000	36	CALENDAR	2.054	.627	8	3
1.332						

**\*\*SERVICE ACTIVITY STATISTICS\*\***

ACT MAX	ACT BSY	LABEL ENT	OR NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX TME/SER	IDL SER
0		QUEUE		1	.005	.07	0	.00	141.30	
.70										

**\*\*RESOURCE STATISTICS\*\***

RESOURCE CURRENT NUMBER UTIL	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL
1	REACTOR	1	1.00	.027	1

0	2	FPRENSA	1	.07	.256	1
1	3	PIPAS	1	.05	.226	1
0	4	TAMBOR	1	.28	.450	1
1	5	HOJUELEA	1	.27	.444	1

	RESOURCE MAXIMUM NUMBER AVAILABLE	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE
1	1	REACTOR	0	.0007	0
1	2	FPRENSA	1	.9296	0
1	3	PIPAS	0	.9461	0
1	4	TAMBOR	1	.7183	0
1	5	HOJUELEA	0	.7296	0

**\*\*GATE STATISTICS\*\***

GATE NUMBER	GATE LABEL	CURRENT STATUS	PCT. OF TIME OPEN
1	TREACTOR	OPEN	1.0000
2	FILPREN	OPEN	1.0000
3	TQ#1	OPEN	.9366
4	TQ#2	OPEN	.9718
5	TQ#3	OPEN	.7887

## **BIBLIOGRAFIA**

CHURCHMAN, C. West,  
"El Enfoque de Sistemas",  
Ed. Diana,  
1a edición,  
México D.F., 1989.

PRITSKER, Alan B.,  
"Introduction to Simulation and SLAM II",  
Halsted Press,  
New York, NY. 1982.

SHANON, Robert E.,  
"Simulación de sistemas. Diseño, desarrollo e implantación",  
Ed. Trillas,  
1a edición,  
México, D.F., 1988.

MUSSELMAN, Kenneth J.  
Conferencia "Simulation's Spectrum of Power in  
Manufacturing",  
Presentada en San Antonio, Texas en el "1990 IIE Integrated  
Systems Conference",  
Octubre, 1990.

ELMAGHRABY, Simon E.,  
"The Role of Modeling in IE Designs",  
The Journal of IE,  
vol. XIX, núm. 6,  
Junio 1968.

ROWE, Alfred J.,  
"Simulation, a Decision aiding Tool",  
IIE International Conference Proceedings,  
Mayo 1963.

NAYLOR, Thomas H. et al,  
"Técnicas de Simulación en computadoras",  
Traducido por Manuel Sunderland,  
Ed. Limusa S.A.,  
1a edición,  
México D.F. 1982.

LAW, Averill M.  
Conferencia "Building Valid, Credible, and Appropriately  
Detailed Simulation Models",  
Presentada en San Antonio, Texas en el "1990 IIE Integrated  
Systems Conference",  
Octubre, 1990.

BILES, William E.,  
"The Utility of Certain Curriculum Topics to Operations  
Research Practicioners"  
Operations Research,  
Vol. 18 núm 4,  
Julio 1970.

WESTON, F.C.  
"OR Techniques Relevant to Corporate Planinig Function  
Practices, An Investigate Look",  
Presentado en el 39o Encuentro Nacional de la "OR Society  
of America",  
OR Bulletin,  
Vol. 19, Suplemento 2 Primavera 1971.

FORRESTER, J.W.,  
"Industrial Dynamics",  
Massachusetts Institute of Technology,  
Press, Cambridge, Mass 1961.

NISANCI, Ibrahim,  
Conferencia "Inherent Dangers in the Use of Simulation",  
Presentada en San Antonio, Texas en el "1990 IIE Integrated  
Systems Conference",  
Octubre, 1990.

NAYLOR, Thomas H. et. al.,  
"Técnicas de Simulación en Computadoras",  
Traducido por Manuel Sunderland,  
Ed. Limusa, S.A.,  
Primera edición,  
México D.F. 1982.

LAW, Averill M. & Michael G. McComas,  
"Secrets of Succesful Simulation Studies",  
Industrial Engineering Magazine,  
Volumen 2, Núm. 5,  
Mayo 1990.

GORDON, Geoffrey,  
"Simulación de Sistemas",  
Traducido por Sergio Fernández E.,  
Ed. Diana,  
Primera Edición,  
México D.F. 1986.

PEREZ , Iñiguez Ramón,  
"Un Modelo de Simulación para la Construcción de  
Escolleras",  
Tesis para obtener la Maestría en I.O. en la División de  
Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería de la  
U.N.A.M..  
México, 1978.

SCHROEDER, Roger G.,  
"Administración de Operaciones",  
Traducido por Jaime Gómez Mont Araiza,  
Ed. McGraw Hill,  
Primera edición,  
México D.F., 1986.

## **GLOSARIO**

SISTEMA. Un sistema se considera como el conjunto de objetos o elementos inerrelacionados entre sí, unidos para desempeñar una función específica.

MODELO. Por modelo de un sistema real entendemos la representación de un conjunto de objetos o ideas de forma tal que sea diferente a la de la entidad misma, y en este caso el término 'real' se aplica en el sentido de 'en existencia o capaz de ser puesto en existencia'.

SIMULACION. Es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con él para entender el comportamiento de un sistema o evaluar varias estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o por un conjunto de criterios) para la operación de un sistema.

ENTIDAD. Se utiliza el término de "identidad" para denotar un objeto de interés en un sistema.

ATRIBUTO. El término atributo define una propiedad de una entidad, y lógicamente pueden existir varios atributos para una entidad dada.

ACTIVIDAD. Se denomina actividad a todo proceso que provoque cambios en el sistema.

ESTADO DEL SISTEMA. Se define como "estado del sistema" para indicar una descripción de todas las entidades, atributos y actividades de acuerdo a su existencia en algún punto del tiempo. El progreso del sistema se estudia siguiendo los cambios en el estado del sistema.

VARIABLE GLOBAL. Denominación de una variable a la que se le asignó un valor que será el mismo para todas las entidades del programa.

SLAM. (Simulation Language for Alternative Modeling) es un lenguaje de simulación para la modelación de alternativas. Está basado en FORTRAN y permite la construcción de modelos de simulación basados en los tres diferentes enfoques, ya que SLAM contiene una serie de programas que soportan los modelos desarrollados desde enfoques de eventos, discretos o continuos.

VARIABLES DE ESTADO. Las variables de estado son las variables utilizadas para describir el estado del sistema en un punto específico en el tiempo.

