



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN**

**SIMULACION DEL COMPORTAMIENTO DE
UNA FLOTA DE BUQUES TANQUE
EN GASP - IV**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN ACTUARIA
P R E S E N T A :**

GLORIA ESTELA QUINTANILLA OSORIO

México, D. F.

Agosto de 1981

M-0037506



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

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

CAI-A-082/81

SRITA. GLORIA ESTELA QUINTANILLA OSORIO
Alumna de la carrera de Actuaría,
P r e s e n t e.

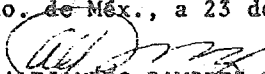
De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 8 de agosto de 1980, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: Simulación del Comportamiento de una Flota de Buques Tanque en GASP-IV el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción
- I. Análisis del Problema
- II. Simulación de Sistemas
- III. GASP-IV
- IV. El Modelo de Simulación
- V. El Sistema de Cómputo
- VI. Conclusiones

Asimismo fué designado como Asesor de Tesis el señor Dr. David Romero Vargas, profesor de esta Escuela.

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

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 23 de ~~Agosto~~ 1981.


ING. ALEJANDRO RAMÍREZ SEPÉN
Coordinador del Programa
de Ingeniería y Actuaría

ENEP - ACATLAN
COORDINACION DE
INGENIERIA Y ACTUARIA

Gracias Estela

Deseo agradecer a todas las personas que directa o indirectamente me brindaron su colaboración en el desarrollo de este trabajo, muy especialmente:

A mi director de tesis Dr. David Romero y a mi compañero Alcibiades, quienes con su apoyo, amistad y experiencia me orientaron constantemente y contribuyeron en forma definitiva en mi formación profesional.

Al profesor Daniel Boucket, quien con el ejemplo de una cátedra estupenda me inculcó el gusto por la docencia y la investigación.

Al Ing. Jaime Núñez del Centro de Informática, Sistemas e Investigación de Operaciones, y al Dr. Juan Azuara -- de la Gerencia de Operaciones Internacionales, por las facilidades que me brindaron para elaborar este trabajo dentro de las dependencias a su cargo en la empresa FERTIMEX.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I ANALISIS DEL PROBLEMA.

- 1.1 Contexto del problema: la Unidad Pajaritos.
- 1.2 Planteamiento del problema.
- 1.3 La herramienta auxiliar.
- 1.4 Por qué Simulación.

CAPITULO II SIMULACION DE SISTEMAS.

- 2.1 El Concepto de Sistema.
- 2.2 El Concepto de Modelo.
- 2.3 Simulación de sistemas.
- 2.4 Ventajas y desventajas de la simulación de sistemas.

CAPITULO III GASP-IV.

- 3.1 Características de GASP-IV.
- 3.2 Filosofía de GASP-IV.
- 3.3 Control de GASP-IV en una simulación discreta.
- 3.4 Control de GASP-IV en una simulación continua.
- 3.5 Control de GASP-IV en una simulación mixta.

CAPITULO IV EL MODELO DE SIMULACION.

- 4.1 Simbología.
- 4.2 Dinámica discreta del modelo.
- 4.3 Dinámica continua del modelo.

CAPITULO V EL SISTEMA DE COMPUTO.

- 5.1 Subsistema -01.
- 5.2 Subsistema -02.

CAPITULO VI CONCLUSIONES.

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

A partir de la Revolución Industrial, se ha podido observar -- un gran crecimiento en el tamaño y complejidad de las organizaciones -- acarreado importantes cambios en su administración y funcionamiento.

En la Época moderna, debido a la gran magnitud de las organizaciones, se ha hecho indispensable contar con herramienta sofisticadas, como los modelos matemáticos y los sistemas de cómputo, que auxilien en la toma de decisiones. Este ambiente ha permitido el desarrollo de la -- Investigación de Operaciones, rama de la ciencia que abarca un conjunto de técnicas orientadas al estudio de comportamiento óptimas y a la toma de decisiones en un sistema organizacional.

Dentro de las técnicas que componen a la Investigación de Ope-- ración, la simulación de sistemas es un arma experimental muy poderosa para el análisis y diseño de sistemas.

Este trabajo presenta la realización de un modelo de simulación así como un programa en lenguaje GASP-IV, para evaluar los beneficios -- económicos resultantes al operar una flota de barcos bajo diferentes al-- ternativas. Esta flota pertenece a la empresa Fertilizantes Mexicanos, -- S.A. y es utilizada para exportar el Acido Fosfórico Grado Mercantil -- (AFGM) que la Empresa tiene disponible en la Unidad Pajaritos.

La toma de decisiones inmersa en el sistema de exportación del AFGM es muy compleja, debido a la gran cantidad de factores en constante cambio que intervienen. Aún cuando se posea toda la información necesa-- ria, difícilmente se puede determinar la repercusión que tendrá en el -- sistema el tomar determinado curso de acción.

Al evaluar una alternativa de distribución la Empresa debe -- considerar principalmente:

- El cumplimiento de todos los compromisos de venta de ácido establecidos.
- La obtención del mayor beneficio económico de la utilización de la flota de barcos disponibles para la exportación del AFGM.
- La eliminación de problemas de inventario de AFGM en los almacenes de la Empresa y en los almacenes de sus clientes.

La evaluación manual de una alternativa consume mucho tiempo de una persona altamente especializada. Comúnmente se presenta la necesidad de tomar rápidamente una decisión, y en este caso es imposible - evaluar varias alternativas para elegir entre ellas la mejor.

De ahí la necesidad de contar con una herramienta auxiliar en la toma de decisiones que, utilizándose de una manera sencilla, evalúe rápidamente varias alternativas. Dicha herramienta ha sido proporcionada, mediante el desarrollo de un modelo de simulación en una computadora - electrónica.

En seguida se da una breve explicación del contenido de los capítulos que componen este trabajo:

Capítulo I : Se expone el contexto del problema, se analizan - los factores que intervienen en el sistema de exportación del AFGM, se - establecen las características de la herramienta auxiliar y se justifica el empleo de la Simulación.

Capítulo II : Se explican conceptos fundamentales de la Simula- ción y las ventajas y desventajas de su utilización para resolver un -- problema específico.

Capítulo III : Se analizan las principales características del lenguaje de Simulación GASP-IV, la filosofía que sigue al abordar un modelo y la lógica del control que realiza para una Simulación discreta, - una continua y una mixta.

Capítulo IV : Se expone el modelo desarrollado, presentando su dinámica discreta y continua por separado para facilitar su comprensión.

Capítulo V : Se presenta la documentación del sistema de computo, base del modelo de Simulación, así como un ejemplo de corrida.

Capítulo VI : Conclusiones.

CAPITULO I

ANALISIS DEL PROBLEMA

Para comprender la problemática inherente a la toma de decisiones referente al Sistema de exportación de AFGM, en este capítulo se presenta en la sección 1.1 la situación geográfica de la Unidad Pajaritos, y se analizan a fondo los factores que intervienen en la generación y evaluación de una alternativa de distribución (sección 1.2).

Al generar una alternativa se determina:

- Los clientes que van a comprar ácido.
- La ruta y operación a realizar por cada uno de los barcos.

Al evaluar una alternativa se consideran principalmente:

- Los beneficios reportados por la utilización de la flota.
- La situación de los inventarios de los clientes y los de la Empresa.
- Los beneficios reportados por la comercialización del ácido.
- Los compromisos cumplidos por la Empresa.

Del análisis de dicha problemática, se deriva la necesidad de una herramienta auxiliar con características especiales (establecidas en la sección 1.3). Estas características presentan a la Simulación de Sistemas como una técnica idónea para proporcionarla. En la sección 1.4 se presentan las ventajas de la elección de dicha técnica.

1.1 El contexto del problema : La Unidad Pajaritos

Desde su creación, Fertilizantes Mexicanos, S.A. (Fertimex) - ha crecido a ritmo acelerado y actualmente ocupa el tercer lugar entre las empresas de participación estatal en el país.

Sus objetivos fundamentales son producir y distribuir fertilizantes, insecticidas y productos químicos de uso agrícola, procurando - la tecnología más avanzada en función de los recursos naturales y del - desarrollo de la industria petroquímica.

Una de las unidades industriales pertenecientes a la Empresa se encuentra situada cerca de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, en la laguna de Pajaritos. Esta situación geográfica presenta varias ventajas:

- Permite la entrada de embarcaciones de hasta 55,000 tons. para la importación de materias primas y la exportación de productos elaborados.
- Se encuentra cerca de la terminal de distribución de una de sus -- principales materias primas, azufre líquido.
- Su proximidad con el Golfo de México permite la descarga de sus -- desperdicios industriales al mar.
- Cuenta con la infraestructura necesaria por localizarse dentro de una zona industrial.

En la Unidad Pajaritos se elabora Acido Fosfórico Grado Mer-- cantil (AFGM) y Superfosfato Triple Granulado. La demanda nacional de estos productos es cubierta con excedentes y por ello casi la totalidad de su producción se exporta.

La exportación de AFGM se realiza a través de una flota que - consta de 3 barcos especialmente diseñados para su transportación.

1.2 Planteamiento del problema

Aún cuando se posea toda la información necesaria, la toma de decisiones referente a la exportación de AFGM se torna compleja -- por la gran cantidad de factores que intervienen. Se debe determinar, consecutivamente:

1) La cantidad de producto disponible para la exportación. Es necesario construir un calendario que establezca, durante todo el periodo de estudio, la cantidad diaria de AFGM disponible para exportación.

Este calendario se calcula en base al pronóstico anual de producción y de ventas nacionales de la Unidad, y debe ser actualizado cada vez que el pronóstico varíe. Para la elaboración del pronóstico anual de producción de cada una de las plantas pertenecientes a la Unidad se considera su capacidad instalada, eficiencia, paros programados para mantenimiento, reparaciones generales e imprevistos.

2) A qué clientes se debe aceptar. Apoyándose en el calendario de ácido disponible para exportación, se determina a qué países se va a exportar. Para la Empresa es conveniente asegurar un porcentaje del -- producto mediante contratos a largo plazo, que incluyen una serie de entregas. El resto del AFGM se vende en contratos eventuales, que generalmente constan de una sola entrega de producto.

3) Una vez establecidos los clientes y la cantidad de producto disponible para exportación, es necesario crear un calendario de entregas de producto, determinando la ruta y operación a realizar por cada uno de los barcos.

Para elegir un buen calendario de entregas es conveniente evaluar varias alternativas, para lo cual hay que realizar un minucioso y complejo análisis de los factores que intervienen. Un buen calendario debe:

- Cumplir con todos los contratos establecidos por la Empresa.
- Evitar fletes muertos, tratando que los barcos regresen cargados.

- Evitar problemas en los inventarios de los clientes a largo plazo. Generalmente este tipo de clientes dependen únicamente del ácido -- vendido por Fertimex y dejarlos sin producto significaría provocar un paro en sus plantas, ocasionándoles graves pérdidas. De la misma forma, se debe cuidar de no exceder su capacidad de almacenamiento.

- Transportar todo el ácido disponible para exportación. Cabe mencionar que además de la producción de Pajaritos se tiene producto dispensable en Tampa, E.U. donde se recibe el ácido comprado a compañías -- estadounidenses con el fin de comercializarlo.

- Considerar mantenimiento periódico para conservar la flota en -- buen estado.

- Tratar de transportar el ácido con los barcos disponibles, ya que contratar barcos adicionales representa un gasto enorme para la Empresa.

- Evitar problemas de inventario en Pajaritos. Estos problemas pueden ser originados por falta o por exceso de ácido en el almacén, originando en cualquiera de los casos grandes pérdidas a la Empresa. La falta de ácido en el almacén provoca demoras en el itinerario de algún barco -- si llega a cargar ácido y no hay en existencia; el exceso de ácido en el almacén provoca un paro forzado de la planta.

La evaluación manual de una alternativa requiere de una gran -- experiencia, ya que un " buen calendario " se determina en base a pruebas de ensayo y error, apoyadas en estadísticas sobre la operación de los -- barcos (velocidad media, velocidad de Carga, velocidad de descarga, dis -- tancia media, etc.)

Con objeto de facilitar esta tarea y para observar el comporta -- miento del sistema de distribución bajo cada una de las alternativas, se elaboran manualmente gráficas, tanto de la operación de los barcos, como de los inventarios en Pajaritos y de los clientes a largo plazo.

Posteriormente se hace una evaluación de aquellas alternativas que hubieran resultado factibles y se elige la que presente los mayores beneficios.

El análisis previo, la elaboración manual de gráficas y la - evaluación posterior consume muchas horas-hombre y está a merced de -- los errores inevitables que caracterizan a las intervenciones humanas. Por otra parte, dada la complejidad inherente, es prácticamente imposible evaluar manualmente muchas alternativas; esto es un gran inconveniente ya que una buena programación de barcos está tanto más fundamentada cuando más alternativas hayan sido consideradas.

Además, ocasionalmente se presenta la necesidad de cambiar - rápidamente la alternativa elegida debido a razones muy diversas entre las que se pueden mencionar:

- Clientes que desean una cantidad extra de producto.
- Una propuesta para realizar un Backhaul. El barco puede realizar al regreso de su viaje una operación comercial con otro tipo de produc- to líquido, evitando así fletes muertos.
- Un contrato eventual.
- Un cambio en el pronóstico de producción en Pajaritos.
- Retraso en el itinerario o descompostura de algún barco.

Nuevamente, para poder tomar una decisión, será necesario ge- nerar y evaluar una serie de alternativas, cuidando de cumplir con los compromisos establecidos anteriormente.

1.3 La Herramienta auxiliar

En virtud de las consideraciones de la sección anterior se deriva la necesidad de contar con una herramienta auxiliar para la toma de -- decisiones en la exportación de ácido fosfórico.

Esta herramienta debe poseer las características siguientes:

- *Dinamismo.* Debido a la naturaleza de los factores que inter--vienen y a la rapidez con la que pueden sufrir un cambio, debe ser capaz de amoldarse fácilmente a nuevas situaciones.
- *Rapidez.* A menudo no se dispone de mucho tiempo para tomar - una decisión, luego debe proporcionar rápidamente los resul--tados requeridos.
- *Precisión.* Dada la gran cantidad de factores involucrados y su complejidad de manejo, se requiere de mucha precisión.
- *Sencillez de utilización.* Un procedimiento sencillo la hace - más accesible, disminuye la posibilidad de error y evita la - necesidad de poseer un alto grado de experiencia en la solución del problema.
- *Claridad de resultados.* La presentación de resultados de una - manera asequible evita confusiones y permite su rápida inter--pretación.

1.4 Por qué Simulación

La metodología desarrollada para proporcionar dicha herramienta se basa en la técnica de Simulación de Sistemas. Algunos motivos de la elección de esta técnica son:

- Permite visualizar rápidamente el comportamiento del sistema de distribución bajo diferentes alternativas.
- El manejo de distribuciones de probabilidad permite determinar el comportamiento estadístico probable de una alternativa mediante su Simulación repetida.
- Puede considerar rápidamente cambios en el sistema.
- Permite establecer la falta o el exceso de capacidad de transporte disponible en un momento dado.
- Es barata su construcción y operación.

CAPITULO II

SIMULACIÓN DE SISTEMAS

La Simulación es una técnica poderosa y flexible para modelar y diseñar sistemas de cualquier tamaño y complejidad.

Con el advenimiento de las computadoras, esta técnica ha tenido una importancia creciente y ha llegado a ser un arma experimental poderosa para el análisis y diseño de sistemas dentro de la Investigación de Operaciones.

Se puede definir a la Simulación como una técnica que permite estudiar los cambios que ocurren en un sistema a través del tiempo, mediante el empleo de un sistema abstracto y dinámico.

En las secciones 2.1 y 2.2 de este capítulo se explicarán so-meramente 2 conceptos fundamentales de la teoría de simulación: sistema y modelo. En la sección 2.3 se analizará la técnica utilizada por la si-mulación y en la sección 2.4 se presentarán las ventajas y desventajas de utilizar esta técnica para resolver un problema específico.

Una buena descripción de la técnica de Simulación puede encontrarse en (1) *. (3) contiene varios ejemplos de aplicación de esta técnica así como un análisis de los diferentes tipos de Modelo.

(*) Al final de este trabajo se localiza una lista con las referencias

(1) Hillier, F., and Lieberman, G., (1967). "Introduction to Operations Research". Holden-Day Inc., San Francisco.

(3) Naylor, Balintfy, Burdick, Kong Chu., (1971). "Técnicas de Simulación en computadora", Editorial Limusa, México.

2.1 El Concepto de Sistema

Desde el punto de vista de la simulación, un sistema es una colección de objetos o entidades relacionados entre sí y que interactúan con su medio ambiente.

En algunas ocasiones, una colección de objetos puede ser considerada como una pequeña parte de un sistema, es decir un subsistema.

En una situación diferente, la misma colección de objetos puede ser el principal foco de interés y ser considerada un sistema.

Los sistemas se pueden clasificar en continuos, discretos y mixtos según sea la naturaleza de los cambios que sufren las variables inmersas. Si todos los cambios ocurren en intervalos infinitesimales de tiempo el sistema será continuo. Si es posible definir con toda precisión en que instante ocurrirá un cambio, el sistema será discreto. Si en el sistema se producen ambos tipos de cambios, el sistema será mixto.

Los sistemas pueden también clasificarse como deterministas o como estocásticos. Cuando en un sistema la ocurrencia de los cambios o la duración de los procesos es una variable aleatoria, se dice que el sistema es estocástico, en caso contrario, es determinista.

2.2. El Concepto de Modelo

Modelo es la representación de un sistema que permite estudiar su comportamiento bajo determinadas condiciones.

Según su naturaleza, los modelos pueden ser considerados -- como físicos o como abstractos. Los modelos físicos son por lo general representaciones a escala del sistema real, por ejemplo, las maquetas utilizadas por los arquitectos. Los modelos abstractos representan al sistema sea mediante un conjunto de relaciones matemáticas (modelo matemático), sea describiendo en forma explícita su comportamiento.

El cuadro (2.1) contiene las ventajas y desventajas que presentan cada uno de los modelos antes mencionados.

Desde otro punto de vista, los modelos se pueden clasificar -- como estáticos o como dinámicos. Cuando un modelo representa al sistema en forma independiente del tiempo se le denomina estático; si, por el -- contrario, el modelo permite visualizar los cambios que ocurren en un -- sistema a través del tiempo, se le denomina dinámico.

Por lo general, la naturaleza matemática de los modelos abstractos y dinámicos es muy compleja y es difícil aplicar una técnica analítica para resolverlos. La simulación puede ser utilizada en este caso con buenos resultados.

TIPO DE MODELO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Físicos	<ul style="list-style-type: none"> * Realismo 	<ul style="list-style-type: none"> * Costo * Tiempo de Construcción * Poca flexibilidad * No siempre es posible su construcción.
Abstractos Matemáticos	<ul style="list-style-type: none"> * Flexibilidad * Económicos * Rápida elaboración * Excelente respuesta 	<ul style="list-style-type: none"> * Abstracción * Simplificación
Abstractos Descriptivos	<ul style="list-style-type: none"> * Gran flexibilidad * No requiere matemáticas avanzadas * Casi siempre es posible construirlos 	<ul style="list-style-type: none"> * Relativamente inexactos

Quadro 2.1

2.3 SIMULACION DE SISTEMAS

En la introducción de este capítulo, se definió a la Simulación de Sistemas como una técnica que permite estudiar los cambios que ocurren en un sistema a través del tiempo, mediante el empleo de un modelo abstracto y dinámico.

En este estudio se considera únicamente a la simulación de sistemas en una computadora digital, por lo que la definición anterior se restringe a la siguiente:

La Simulación es la elaboración de un modelo abstracto y dinámico de un sistema y su manejo experimental en una computadora digital.

Los modelos para la computadora se pueden elaborar tan complejos y realistas como lo permitan las técnicas que se utilicen para construirlos. Sin embargo, es necesario encontrar un punto de equilibrio entre dos factores en conflictos: realismo y simplicidad; debido a que el número de variables de un modelo, así como su complejidad, se encuentran directamente relacionados con los tiempos necesarios para su programación, cómputo y validación de resultados.

Para observar el comportamiento de un sistema, la Simulación procede primeramente a dividirlo en pequeñas partes cuya operación puede ser descrita. Posteriormente los combina para obtener el efecto de su interacción.

El primer paso en un estudio de simulación es desarrollar un modelo que represente al sistema. Es evidente que para ello se requiere un análisis profundo de la operación del sistema real. Una vez realizado este análisis, es factible traducir el funcionamiento del sistema a un diagrama lógico de flujo, y descomponerlo posteriormente en elementos, encadenados en un diagrama de flujo "Monitor" que rige sus relaciones. Para cada uno de estos elementos es posible definir las reglas con las que opera.

2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACION DE SISTEMAS.

Se puede resumir las principales ventajas del uso de la simulación de la siguiente forma (4):

- Permite estudiar y predecir el comportamiento de un sistema sin construirlo.
- Puede estudiar el comportamiento de un sistema sin alterar su -- comportamiento real.
- Permite determinar los límites de resistencia de un sistema sin provocar su destrucción.

Las principales desventajas que presenta la simulación son:

- Falta de realismo.
- Necesita una gran cantidad de información estadística. Desgraciadamente, es frecuente que la baja confiabilidad de los datos repercuta en la validez del modelo.

La decisión de emplear o no la simulación como técnica para resolver un problema particular no constituye en sí una tarea sencilla. Se debe tener una gran experiencia para determinar si esta técnica puede proveer a un costo adecuado una solución exacta o una aproximación satisfactoria.

CAPITULO III

GASP -IV

En los últimos años, se han venido desarrollando diversos lenguajes de simulación, tales como DYNAMO, GFSS, GASP-II, GASP-IV, cuyo objetivo principal es proveer los medios adecuados para describir los elementos que aparecen comúnmente en los modelos de simulación, simplificando así la tarea de su codificación.

En la actualidad, el único lenguaje de simulación suficientemente documentado, que permite la construcción de modelos mixtos, es el General Activity Simulación Program (GASP) versión IV.

La filosofía inmersa en la elaboración de un modelo en GASP, simplifica notablemente la tarea de codificación, debido a que observa al sistema desde un punto de vista que facilita la representación de los aspectos relevantes de su comportamiento.

En este capítulo se analizarán, en las secciones 3.1 y 3.2, las principales características de GASP-IV y su filosofía. Posteriormente, en las secciones 3.3, 3.4, y 3.5, se presentará la lógica de control que realiza GASP-IV para una simulación discreta, una continua y una mixta, respectivamente.

Pritsker [4] provee una explicación detallada de los diversos componentes y subrutinas del lenguaje de Simulación GASP-IV, sin embargo, en este texto no se encuentra una descripción clara de la simulación en un modelo mixto (discreto-continuo), en lugar de ello, presenta varios ejemplos que muestran las capacidades de GASP-IV en ese tipo de modelos. L. J. Moore, M. Lee y W. Taylor [2] extendieron el trabajo de Pritsker, analizando la interacción entre las subrutinas de GASP-IV para los modelos discretos, continuos y mixtos. Las secciones 3.3, 3.4 y 3.5 de este capítulo se basan en el trabajo mencionado.

3.1 CARACTERISTICAS DE GASP-IV

GASP-IV fue desarrollado por Pritsker (1) y es la extensión - del lenguaje de simulación para modelos discretos GASP-II.

GASP-IV está escrito en Fortran-IV y puede ser usado para modelar sistemas continuos, discretos o mixtos. Antes de que GASP-IV fuera creado, los modelos mixtos tenían que ser programados en un lenguaje de propósitos generales, lo que derivaba en programas extremadamente -- extensos y complejos.

GASP-IV consiste en un paquete de subprogramas Fortran organizados para desarrollar 8 funciones específicas (ver pág. 17 de (4)).

A) Funciones Primarias:

- 1.- Inicialización de estado del sistema.
- 2.- Control de eventos.
- 3.- Actualización de las variables de estado.
- 4.- Monitoreo del programa.

B) Funciones de Soporte:

- 5.- Información de carga y descarga en los archivos.
- 6.- Recolección Datos del comportamiento del sistema.
- 7.- Cálculos estadísticos y generación de reportes.
- 8.- Generación de distribuciones de probabilidad.

Un modelo de simulación en GASP-IV está constituido por las - subrutinas GASP, y por un conjunto de subrutinas que provee el usuario - para describir las funciones específicas de su modelo.

Las características que hacen de GASP-IV un lenguaje de simulación particularmente atractivo son las siguientes (2):

- 1.- Puede ser usado en modelos discretos, continuos y mixtos.
- 2.- Está escrito en Fortran IV y no requiere de un compilador especial
- 3.- Es fácil de aprender.
- 4.- Puede ser fácilmente modificado para que cubra las necesidades de una aplicación particular.
- 5.- Por ser de organización modular puede instalarse con un requerimiento mínimo de memoria central de computadora..

3.2 FILOSOFIA DE GASP-IV.

Los objetos pertenecientes al sistema, tales como gente, equipo, almacenes, etc. y que son de interés para la simulación, se denominan entidades. Cada entidad queda perfectamente identificada a través de sus cualidades o atributos.

El estado del sistema en un tiempo determinado de simulación - depende de los valores asignados a los atributos de cada una de las entidades que contiene en ese momento y a las relaciones que guardan las entidades entre sí.

La dinámica del sistema se representa de la siguiente forma: - El sistema pasa de un estado a otro, a medida que se desarrollan las actividades de las entidades que lo componen.

Se denomina evento al momento en que el sistema pasa de un estado a otro. Un evento puede ser originado por un cambio en el estado -- del sistema, debido a cualquiera de las siguientes razones:

- Un cambio en algún atributo de cualquier entidad.
- Una modificación en el número de entidades pertenecientes al sistema.
- Un cambio en las relaciones que guardan las entidades entre sí.

Para la construcción de un modelo, GASP-IV analiza al sistema desde dos puntos de vista:

Por un lado lo estudia como una secuencia de eventos y actividades. El usuario debe especificar las causas que originan la ocurrencia de un evento y los cambios que sufre el sistema al ocurrir cada uno de ellos. A este tipo de eventos se les denomina eventos tiempo.

Por otro lado, descompone al sistema en entidades definidas - por sus atributos. Los atributos pueden ser discretos o continuos. El - valor de un atributo discreto permanece constante entre eventos en el - tiempo.

El valor de un atributo continuo varía entre eventos en el -- tiempo, de acuerdo a una dinámica establecida en una ecuación algebraica o en una ecuación diferencial. A este tipo de atributos se le conoce como variables de estado y su importancia radica en que pueden originar eventos no proyectados, llamados eventos estado, al tomar un valor que ocasione un cambio de estado en el sistema.

Nótese bien la diferencia entre un evento tiempo y un evento estado:

Un evento tiempo ocurre en un punto específicamente proyectado en el tiempo.

Un evento estado ocurre cuando las variables de estado (atributos continuos de las entidades) adquieren condiciones preestablecidas.

Las funciones realizadas por ambos tipos de eventos son similares, pero el evento estado es función del estado del sistema y no del -- tiempo de simulación.

3.3 CONTROL DE GASP-IV EN UNA SIMULACION DISCRETA.

En un modelo de simulación discreto, el estado del sistema permanece constante entre eventos-tiempo. Por este motivo, para poder representar la dinámica del sistema a través del tiempo, es necesario observar los cambios que sufre el sistema, únicamente en el momento en que ocurre un evento-tiempo.

Para poder evaluar al sistema en todos los eventos-tiempo, -- GASP-IV proporciona un archivo calendario de eventos y actualiza el --- tiempo pasando del tiempo actual de simulación, al momento en que ocurrirá el próximo evento programado.

Es responsabilidad del usuario, escribir una subrutina por cada tipo de evento-tiempo que pueda ocurrir, donde establezca las relaciones lógicas y/o matemáticas que rigen los cambios que ocurren en el sistema al efectuarse dicho evento.

La figura 3.1 muestra en forma detallada el flujo de control - para una simulación discreta en GASP-IV. El diagrama describe las diversas funciones realizadas por GASP (dentro de los límites del cuadrado a doble línea), y las rutinas escritas por el usuario (situadas en los cuadros periféricos de la subrutina GASP).

La inicialización de los datos y de los eventos se realiza en el programa principal, en la subrutina GASP y en la subrutina INTCL (bloques a, b, y c).

Desde la inicialización, el control regresa a GASP, donde se determina el estado de la corrida (bloque d) y se verifica si existe un evento en el archivo calendario (bloque e). Si existe algún evento, el control pasa al bloque f; se saca del archivo calendario el primer evento, se avanza el tiempo de simulación al tiempo de ocurrencia de dicho evento y se identifica el tipo de evento.

El control pasa posteriormente a la subrutina EVNTS (bloque g), que transmite el control a la subrutina escrita por el usuario para el -

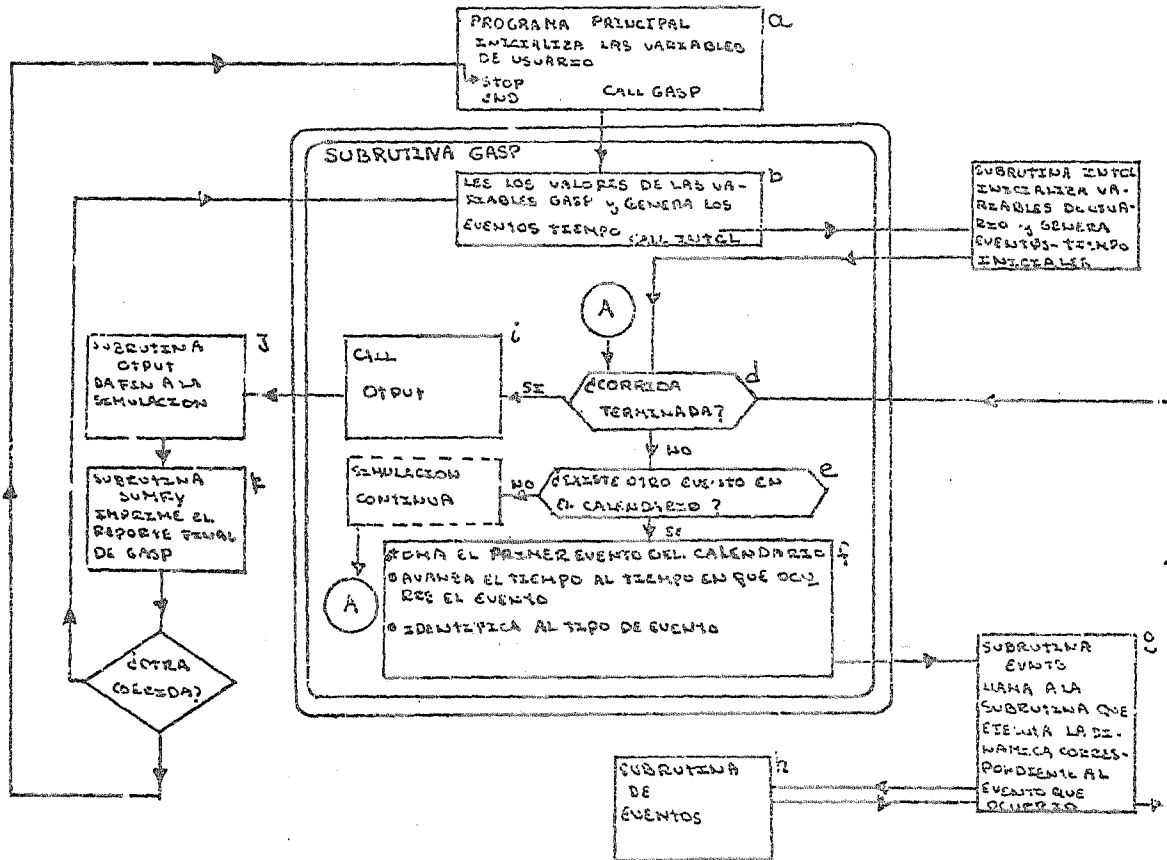


Figura 3.1 Flujo de control en una simulación discreta.

tipo de evento que esta ocurriendo con el fin de actualizar el estado del sistema. Una vez ejecutada dicha subrutina el control regresa a GASP para determinar si ya terminó la corrida (bloque d), si no la ha terminado el ciclo se repite. El final de la simulación puede ser especificado de dos maneras: Dando un tiempo límite de simulación, o especificando el estado final del sistema.

Cuando se determina el final de la corrida, el control pasa a la subrutina O^TP^UT (bloque j) donde el usuario puede generar un reporte especial y/o ejecutar cualquier proceso terminal de la simulación. Después se llama a la subrutina S^UM^RV (bloque r), que calcula las estadísticas finales e imprime el reporte de salida.

Posteriormente se determina si se realizará otra corrida. Si es así, el control regresa a GASP, donde se inicializan los datos, y el proceso se repite. En caso contrario termina la simulación.

3.4 CONTROL DE GASP IV EN UNA SIMULACIÓN CONTINUA.

En un sistema continuo, los eventos del sistema ocurren cuando las variables de estado obtienen un determinado valor. Entonces, para modelar un sistema continuo es indispensable definir las variables de estado y las condiciones en que dichas variables pueden originar un evento-estado.

En la fig. 3.2. se muestra el flujo del control de GASP en una simulación continua. INTLC, OTPUT y SUMRY, cumplen las mismas funciones que en una simulación discreta (fig. 3.1).

En la subrutina GASP, de la figura 3.1, se determina si existe un evento en el archivo calendario. En el caso de una simulación discreta, si no se encuentra dicho evento, se deberá terminar la simulación, ya que el tiempo se avanza al tiempo de ocurrencia del próximo evento - y este no existe. En una simulación continua o mixta (fig. 3.2), el mecanismo para avanzar el tiempo cambia, ya que no se sabe el momento en que ocurrirá el próximo evento-estado. En este tipo de simulación, el tiempo se avanza en pequeños incrementos o pasos.

Al final de cada paso, mediante ecuaciones algebraicas o diferenciales que define el usuario en la subrutina STATE (bloque b), se calculan los valores de las variables de estado. Después en la subrutina - SCOND (bloque c) se determina si los valores calculados originaron un -- evento dentro del paso dado. Si es así, GASP ajusta el tamaño del paso, - para que el evento ocurra al final del paso. Una vez localizado el momento en que ocurrió el evento, el control pasa a la subrutina EVNTS (bloque d) donde se determina el tipo de evento y se actualiza el estado del sistema. Una vez ejecutada esta subrutina el control regresa a GASP para determinar si ya finalizó la simulación. En ese caso, se llama a las subrutinas SUMRY y OTPUT, en caso contrario el ciclo se repite.

La subrutina SSAVE (bloque a) registra el comportamiento del -- sistema a través del tiempo.

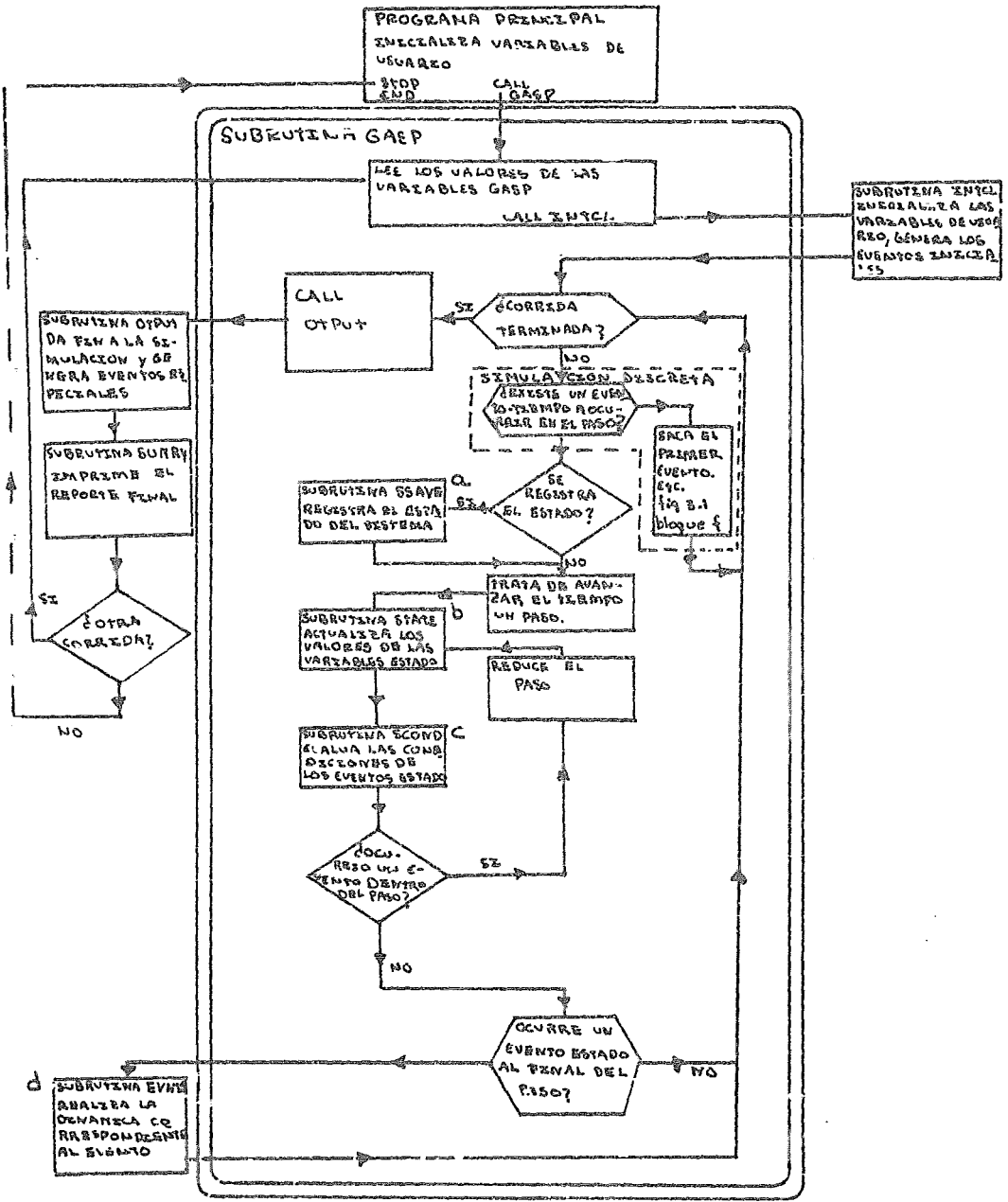


Figura 3.2 flujo de control en una simulación continua.

3.5 CONTROL DE GASP IV EN UNA SIMULACION MIXTA.

En un modelo de simulación mixta, el estado del sistema puede ser modificado por eventos-estado (eventos continuos) o por eventos-tiempo (eventos discretos).

La estructura del control de GASP para una simulación mixta integra las figuras 3.1 y 3.2, desarrollando todas las funciones establecidas en un solo modelo de simulación.

Al final de cada paso en el tiempo, se evalúan las variables de estado para determinar si las condiciones que definen un evento-estado han ocurrido. De ser así, se ajusta el tamaño del paso para que el evento-estado ocurra al final del paso. Es importante mencionar que la subrutina GASP asigna el tamaño del paso, de tal forma que no ocurra un evento-tiempo dentro de él, ajustando su tamaño de tal forma que el instante en que ocurre el evento-tiempo concuerde con el final del paso.

CAPITULO IV

EL MODELO DE SIMULACION

En este capítulo se presenta un modelo que simula el comportamiento del sistema de exportación de ácido analizado en el capítulo I.

En la sección 4.1 se presenta la simbología utilizada. En las secciones siguientes (4.2 y 4.3) se presenta respectivamente la dinámica discreta y la dinámica continua del modelo. Los diagramas que representan los diferentes eventos a lo largo del capítulo, contienen, para dar una idea clara de la dinámica mixta del sistema, bloques correspondientes a la dinámica discreta (bloques a doble línea) y bloques correspondientes a la dinámica continua (bloques a línea sencilla).

4.1 SIMBOLOGIA.

En esta sección se presenta la simbología utilizada en el modelo. Las unidades indicadas son las que normalmente se utilizan, pero pueden ser modificadas sin alterar la estructura del modelo.

IBARCO: Barco que origina la generación del evento. Por ejemplo, si el barco I llega a Pajaritos, generará el evento ataque en Pajaritos, y en este caso IBARCO será igual a I.

IPUER: Puerto relacionado con el evento generado. Siguiendo el ejemplo del párrafo anterior, IPUER será igual al código que identifique a Pajaritos.

TATR (IBARCO, IPUER): Hora de la simulación en que se inicia la actividad -
ataque de IBARCO en IPUER.

YATR (IBARCO, IPUER): Duración de la actividad ataque de IBARCO en IPUER-
(horas).

TOPER (IBARCO, IPUER): Hora de la simulación en que se inicia la actividad
operación de IBARCO en IPUER.

YOPER (IBARCO, IPUER): Duración de la actividad operación de IBARCO en IPUER
(horas).

TDESA (IBARCO, IPUER): Hora de la simulación en que se inicia la actividad
desataque de IBARCO en IPUER.

YDESA (IBARCO, IPUER): Duración de la actividad desataque de IBARCO en IPUER
(horas).

IDEST (IBARCO): Puerto al que se dirige IBARCO en la actividad travesía.

DIST (IPUER, IDEST): Distancia, en millas marítimas, entre IPUER e IDEST.

VEL (IBARCO) : Velocidad (millas marítimas/hora) de IBARCO.

IPTOC (IPUER): Variable binaria, que es igual a 1 si las instalaciones de IPUER están ocupadas por algún barco perteneciente a Fertimex, e igual a cero en caso contrario.

VDESC (IBARCO, IPUER): Velocidad de descarga de ácido de IBARCO en IPUER (ton/hora).

VCARG (IBARCO, IPUER): Velocidad de carga de ácido de IBARCO en IPUER (ton/hora).

TCRISIS (IBARCO, IPUER): Hora de la simulación en la que se genera el evento crisis de inventario en IPUER.

INVFA (IPUER): Total de toneladas faltantes en el almacén IPUER.

$t(i)$: Tiempo en que ocurre el i -ésimo paso de simulación (ver pág. 24).

TONENT (IPUER, $t(i)$): Total de toneladas entregadas en IPUER, en el tiempo $t(i)$.

TTRAV (IBARCO, IPUER, IDEST): Hora de la simulación en que se inicia la actividad travesía de IBARCO, de IPUER a IDEST.

VTRAV (IBARCO, IPUER, IDEST): Duración de la actividad travesía de IBARCO de IPUER a IDEST (horas).

TONTO (IBARCO, IPUER): Total de toneladas a cargar o a descargar por IBARCO en IPUER.

CONS (IPUER): Consumo de ácido (toneladas/hora) en el almacén localizado en IPUER.

$INV (IPUER, t|i)$: Nivel de inventario (toneladas) del almacén IPUER en el tiempo $t|i$.

$IBAJ0 (IPUER)$: Variable binaria que es igual a uno si el nivel de inventario en IPUER es menor de cero, e igual a 0 en caso contrario.

$IFEC(K)$: Hora de la simulación en la que ocurre el K-ésimo cambio de producción en Pajaritos.

$QPRO(K)$: Incrementos de ácido por hora en el almacén de Pajaritos. Estos incrementos son válidos desde $IFEC(K-1)$ hasta $IFEC(K)$.

$FECINI (IBARCO, IPUER)$: Hora de la simulación en que IBARCO comienza su carga en IPUER.

$TONCA (IBARCO, IPUER)$: Total de toneladas cargadas por IBARCO en IPUER.

$TONFA (IBARCO, IPUER)$: Total de toneladas que le falta cargar a IBARCO en IPUER.

$TONTO (IBARCO, IPUER) = TONFA (IBARCO, IPUER) + TONCA (IBARCO, IPUER)$.

4.2 DINAMICA DISCRETA DEL MODELO

La dinámica de cada barco dentro del sistema, se puede describir como una secuencia de eventos-tiempo y actividades. Cada evento marca el punto en la línea del tiempo en que ocurre un cambio en el sistema; esto coincide precisamente con el inicio o fin de una actividad.

Dicha secuencia de eventos y actividades queda determinada por la ruta y operación que se desea que los barcos realicen en la alternativa a simular *. Por ejemplo, se desea que el barco I siga la siguiente ruta y operación:

PUERTO	OPERACION	TONELAJE.
Pajaritos	Carga de AFGM	24,000 Tons.
Tampico	Carga de combustible	
Suez	Paso por el canal	
Madrás	Descarga de AFGM	24,000 Tons.

Supongamos que al inicio del estudio el barco I se encuentra atracado en el puerto de Pajaritos, entonces, el primer evento que ocurrirá será el que marca el inicio de la actividad "carga de 24,000 Tons. de AFGM en Pajaritos". En el momento en que termina la operación se genera un evento, debido a que ocurre un cambio en el sistema (el barco deja de cargar) y se inicia la actividad "desatraque en el puerto de Pajaritos". En el instante en que el barco sale del puerto, termina el desatraque y se genera un evento que marca el inicio de la actividad -- "travesía del puerto de Pajaritos al puerto de Tampico". Cuando el barco llega a Tampico se genera un evento que marca el inicio de la actividad "atraque en el puerto de Tampico". Posteriormente, se generan de una manera similar los eventos que marcan el inicio de las siguientes actividades:

Operación. Carga de combustible en Tampico

Desatraque en Tampico

Travesía del puerto de Tampico al puerto de Suez

Atraque en el puerto de Suez

* Se entiende por operación, cualquier actividad que el barco realice durante su estadía en el puerto, sin contar el atraque y el desatraque.

Operación. Tránsito por el canal de Suez
Desatraque del puerto de Suez
Travesía del puerto de Suez al puerto de Madrás
Atraque en el puerto de Madrás
Operación. Descarga de 24,000 tons. de AFGM en Madrás.

Si se denomina al evento de la misma forma que la actividad - que se inicia al efectuarse, se puede observar que en la secuencia de - eventos-actividades generada en el párrafo anterior existen los siguientes tipos de eventos: (fig. 4.1)

Atraque
Operación
Desatraque
Travesía

En la estructuración de un modelo discreto, es necesario determinar los cambios que sufre el sistema al generarse cada uno de los diferentes tipos de eventos. Para facilitar esta tarea es conveniente representar dichos cambios mediante un diagrama de bloques, donde cada diagrama formará una subrutina de usuario (ver pág.21), que simulará la dinámica del sistema al ocurrir dicho evento.

En los sistemas discretos, generalmente, la ocurrencia de eventos, la duración de las actividades y el valor de algunas variables sólo pueden establecerse en términos probabilísticos, o sea, por medio de variables aleatorias. En el sistema en estudio, la secuencia de los eventos que se generan a lo largo de la simulación, queda determinada por la alterativa a simular, pero se desconoce el momento en que ocurrirán, debido a que la duración de cada actividad es una variable aleatoria.

En la elaboración manual de las gráficas de la ruta y operación de los barcos e inventarios se manejan constantes de tiempos de travesía, y duración de actividades que, de acuerdo a la experiencia, cubren los --

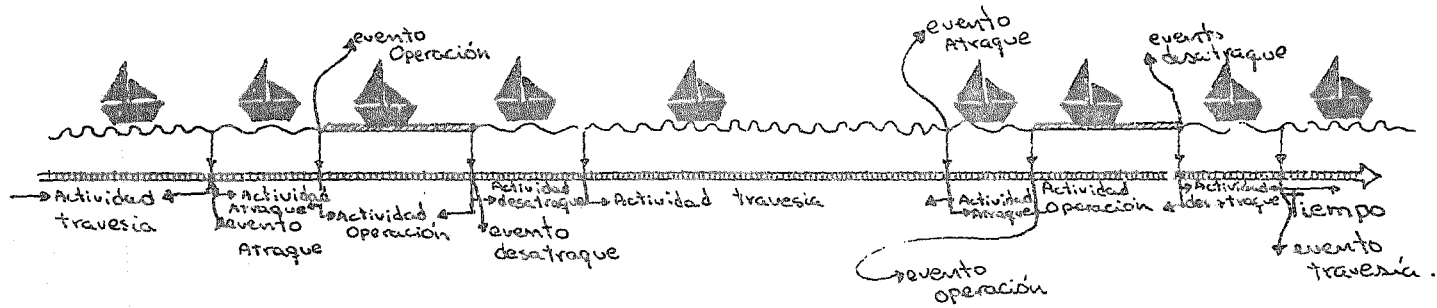


Figura 4.1 secuencia de eventos y actividades

retrasos en un 90% aproximadamente. Esto permite tomar decisiones con cierto margen de seguridad. La Simulación de alternativas conserva las constantes utilizadas en la elaboración manual, debido a que la poca información existente y su falta de precisión, impide la obtención de funciones de distribución suficientemente confiables. Sin embargo, una vez obtenidas, podrán ser integradas al modelo sin modificar su estructura.

En las siguientes secciones (4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4) se presentan los eventos atraque, operación, desatraque y travesía, respectivamente.

4.2.1 EVENTO ATRAQUE

Este evento marca el inicio de la actividad atraque de IBARCO en IPUER. La figura 4.2 muestra el diagrama de bloque del evento.

Cuando IPUER es Suez, el barco atracar sin preguntar si las instalaciones portuarias están disponibles, ya que se trata de un tránsito por el canal y esta operación puede realizarse aún cuando otro barco --- de la flota de Fertimex se encuentre en el canal (bloque A). En todos -- los demás puertos se verifica si están libres las instalaciones portuarias, es decir, si no está utilizándolas algún otro barco de la flota - de Fertimex, esta condición se cumple si (bloque B):

$$IPTOC (IPUER) = 0$$

Entonces el barco puede atracar si:

$$(IPTOC (IPUER) = 0) \text{ ó } (IPUER = \text{Suez})$$

En este caso se marca ocupado el puerto (bloque C):

$$IPTOC (IPUER) = 1$$

y se obtiene aleatoriamente el tiempo que tardará la actividad atraque de IBARCO en IPUER (bloque D). Se busca en el archivo calendario de -- eventos el próximo evento de IBARCO, el cual corresponde a un evento - operación de IBARCO en IPUER y se le pone tiempo de ocurrencia. Este - tiempo será igual al tiempo actual de la simulación (tiempo en el que se generó el evento atraque), más el tiempo que durará la actividad - atraque (bloque E).

Algebraicamente, el tiempo de ocurrencia del evento opera-- ción de IBARCO en IPUER será igual a:

$$TATR(IBARCO, IPUER) + VATR(IBARCO, IPUER)$$

En caso contrario, cuando IBARCO no puede atracar, se agraga a un archivo donde hará cola para entrar en IPUER (bloque F).

Evento Atrache

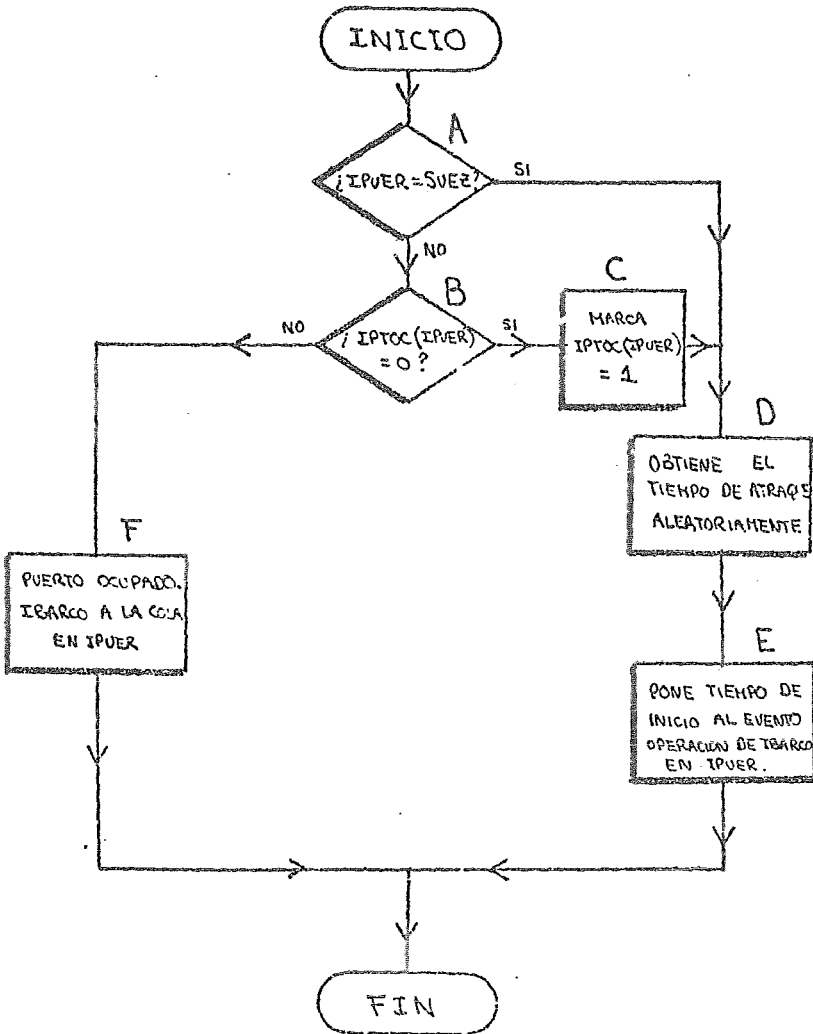


Figura 4.2

4.2.2 EVENTO OPERACION

Este evento marca el inicio de la operación de IBARCO en IPUER. La figura (4.3) muestra el diagrama de bloque de la dinámica mixta de este evento. En esta sección se analizarán únicamente los bloques pertenecientes a la dinámica discreta del modelo (bloques a doble línea), los bloques restantes serán explicados en la sección 4.3.

Los tipos de operación que puede realizar un barco son:

Carga de AFGM
Descarga de AFGM
Carga de combustible
Tránsito por canal

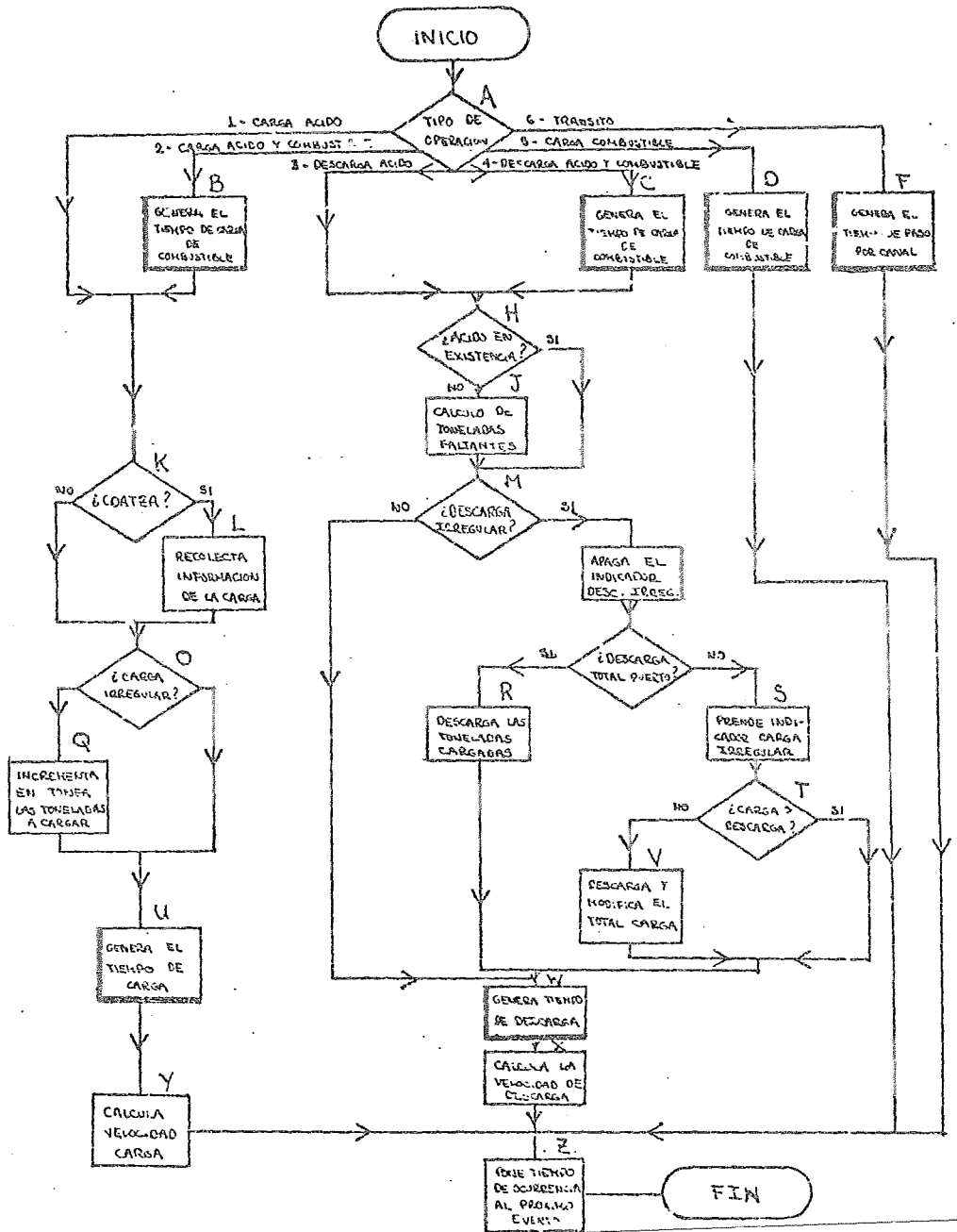
Es posible que IBARCO, además de la carga o la descarga de AFGM, deba cargar combustible en IPUER; en este caso efectuará las actividades -dobles:

Carga de AFGM y carga de combustible
Descarga de AFGM y carga de combustible

En este evento, en primer lugar, se identifica el tipo de operación que se va a efectuar (bloque A), y se genera aleatoriamente el tiempo que durará la operación a realizar (bloques B,C,D,F,U,W). Si la operación es doble, dicho tiempo estará compuesto por la suma de los tiempos - que tarden las actividades que la componen.

En segundo lugar, una vez que se ha determinado la duración de la actividad, se localiza en el archivo calendario de eventos el próximo evento desatracado de IBARCO en IPUER, y se le pone tiempo de ocurrencia. Este tiempo será igual al tiempo en el que se generó el evento operación más la duración de la actividad operación. Es decir (bloque Z), el tiempo de ocurrencia del evento operación en IPUER es:

$$TOPER(\text{IBARCO}, \text{IPUER}) + VOPER(\text{IBARCO}, \text{IPUER})$$



Evento Operación

Figura 4.3

4.2.3 EVENTO DESATRAQUE

Este evento marca el inicio de la actividad desatraque de IBARCO en IPUER, la figura 4.4 muestra el diagrama de bloque de este evento.

En algunas ocasiones, el barco realiza dos operaciones en el mismo puerto, por ejemplo: dos descargas de ácido, cada una de ellas en un momento diferente. En este caso el barco no debe desatracar, ni tampoco navegar y atracar en el puerto (ya que es el mismo) donde realizará la siguiente operación. De ser así se le asigna a la actividad desatraque un tiempo nulo ($YDESA (IBARCO, IPUER) = 0$) y se eliminan del archivo de eventos los eventos travesía de IBARCO de IPUER a IPUER y atraque de IBARCO en IPUER (bloques A,C).

Cuando el barco va a realizar sólo una operación en IPUER, se obtiene aleatoriamente el tiempo que durará la actividad desatraque ($YDESA (IBARCO, IPUER)$ (bloque B).

Posteriormente, se busca en el archivo de eventos el próximo evento que generará IBARCO, es decir, la operación de IBARCO en IPUER, si el barco va a realizar otra operación en IPUER, o la travesía de IBARCO de IPUER a IDEST (bloque D).

En el primer caso, el tiempo de ocurrencia del evento operación de IBARCO en IPUER, será igual al tiempo de terminación de la actividad operación anterior, es decir, el tiempo en el que se inició la actividad operación anterior más su duración:

$$TOPER (IBARCO, IPUER) + YOPER (IBARCO, IPUER)$$

En el segundo caso, el tiempo de ocurrencia del evento travesía de IBARCO de IPUER a IDEST será igual al tiempo en que se inicia la actividad desatraque más el tiempo que dura dicha actividad:

$$YDESA (IBARCO, IPUER) + YDESA (IBARCO, IPUER)$$

Evento Desastre

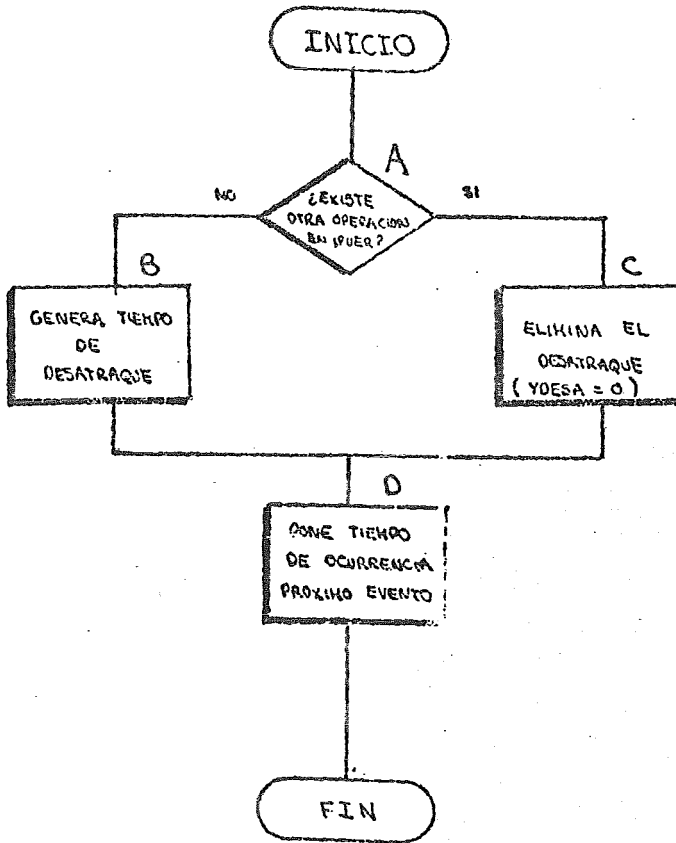


Figura 4.4

4.2.4 EVENTO TRAVESIA

Este evento marca el inicio de la actividad travesía de IBARCO desde IPUER a IDEST. La figura 4.5 muestra el diagrama de bloque de este evento.

En primer lugar, se obtiene el valor de la variable aleatoria $VEL(IBARCO)$ y se calcula el tiempo que tardará en la travesía (bloque A)

$$VTRAV = (1/VEL(IBARCO) \times DIST(IPUER, IDEST))$$

Se busca en el archivo de eventos el evento atraque de IBARCO en IDEST y se le pone tiempo de ocurrencia, que será igual al tiempo corriente de la simulación más el tiempo que dure la actividad travesía -- (bloque B):

$$TTRAV(IBARCO, IPUER, IDEST) + VTRAV(IBARCO, IPUER, IDEST)$$

Si hay algún barco de la flota de Fertimex esperando entrar al puerto se saca del archivo de cola de IPUER, y se genera (bloque C) su evento atraque al tiempo $TATR$ (tiempo en que queda libre el puerto). En caso contrario, se marca desocupado IPUER (bloque D), es decir:

$$IPTOC(IPUER) = 0$$

Evento Travesía

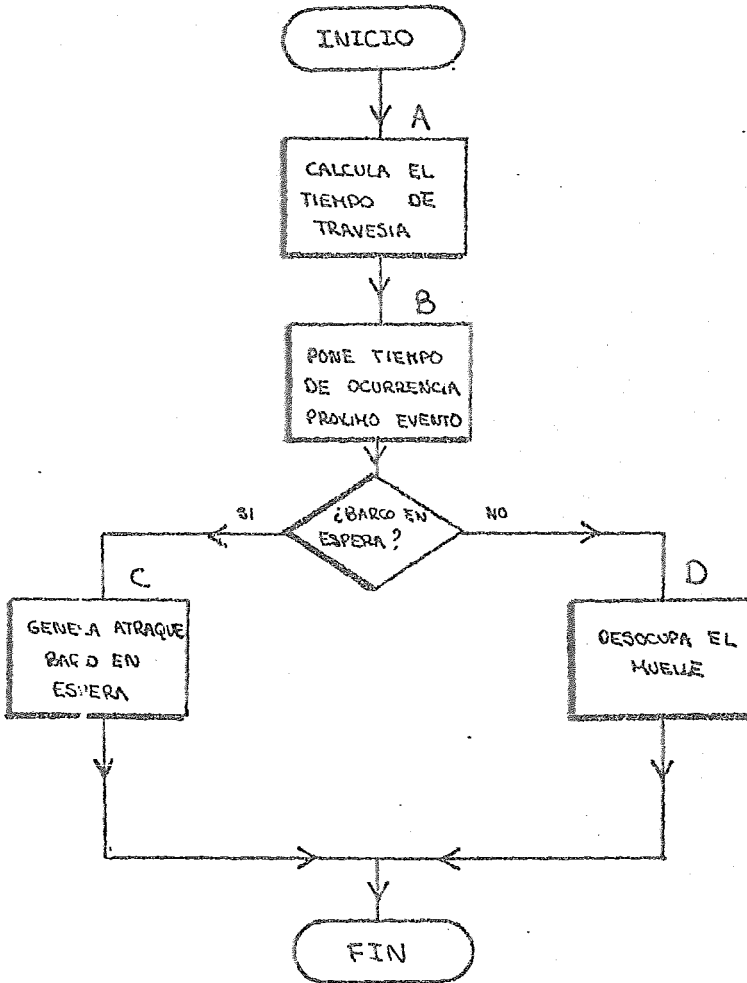


Figura 4.5.

4.3 DINAMICA CONTINUA DEL MODELO

La dinámica continua del modelo simula el comportamiento del nivel de inventario en los almacenes de hasta tres clientes y en los dos almacenes de Fertimex.

Cuando el nivel de inventario de alguno de estos almacenes es inferior a un nivel mínimo de seguridad fijado de antemano, se genera un evento-estado "Crisis de almacén".

Con el fin de determinar los incrementos o decrementos en el nivel de inventario de los almacenes, ocasionados por la carga o descarga de AFGM de algún barco perteneciente a Fertimex, cada vez que se genera un -- evento operación (carga o descarga de AFGM) se calcula la cantidad de toneladas por hora que cargará o descargará el barco de la manera siguiente:

- Se genera aleatoriamente el tiempo que durará la actividad carga o - descarga de AFGM (dinámica discreta, fig. 4.3, bloques U, W pág 38).

- Se divide el total de toneladas a cargar o descargar (TONT0 (IBARCO, IPUER)) por IBARCO en IPUER, entre el tiempo calculado de duración de la - actividad carga o descarga, respectivamente (bloques V, X). Es decir:

$$VCARG (IBARCO, IPUER) = TONT0 (IBARCO, IPUER) / VCARG (IBARCO, IPUER)$$

$$VDESC (IBARCO, IPUER) = TONT0 (IBARCO, IPUER) / VDESC (IBARCO, IPUER)$$

En las secciones (4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3) se exponen los eventos "Crisis de almacén" ocasionados por los siguientes almacenes respectivamente:

- Almacén perteneciente a un Cliente.
- Almacén en Tampa.
- Almacén en Pajaritos.

4.3.1 CRISIS DE ALMACEN EN CLIENTES

Este evento se genera cuando el nivel de inventario de alguno de los almacenes de los clientes baja del nivel cero. El modelo simula la dinámica de hasta 3 almacenes pertenecientes a clientes.

El nivel de inventario en IPUER en el tiempo $t(i)$, es igual al nivel de inventario en $t(i-1)$, más la cantidad de ácido descargado en IPUER - durante el período $(t(i)-t(i-1))$, menos el ácido consumido durante ese período. Recordando la simbología establecida en la sección 4.1:

$$INV(IPUER, t(i)) = INV(IPUER, t(i-1)) + (t(i)-t(i-1)) * (VDESC(IPUER) - CONS(IPUER))$$

donde:

$INV(IPUER, t(i))$: Nivel de inventario del almacén en IPUER en el tiempo $t(i)$.

$VDESC(IBARCO, IPUER)$: velocidad de descarga de AFGM (Tons/hora) de IBARCO en IPUER cuando IBARCO está descargando en IPUER (es igual a cero cuando un IBARCO no está descargando).

$CONS(IPUER)$: Consumo de ácido (Tons/hora) en el almacén localizado en IPUER.

En el momento en que se genera un evento crisis de inventario en IPUER ($TCRISIS(IBARCO, IPUER)$) se hace $IBAJO(IPUER) = 1$ para indicar que el inventario está bajo el nivel cero (fig. 4.6 bloque B).

Cuando un barco llega a descargar en IPUER (fig. 4.3, bloques H, - J pág.38) y el nivel de inventario está bajo el nivel cero, se registra el total de tiempo que estuvo sin ácido IPUER, se hace $IBAJO(IPUER) = 0$ y se calcula de la siguiente forma el total de toneladas faltantes en el inventario de IPUER:

$$INVFA(IPUER) = (VDESC(IPUER) - TCRISIS(IPUER)) * (CONS(IPUER))$$

este dato representa una venta perdida.

Las entregas de ácido en IPUER realizadas por un proveedor diferente de Fertimex se manejan a través de un evento-tiempo "entrega de ácido". Este evento se genera en la hora de la simulación que se tiene programado que se entregará el ácido en IPUER.

La dinámica seguida en este evento (fig. 4.7) es muy sencilla, -únicamente se le suma al nivel de inventario en IPUER (bloque A) la cantidad de toneladas que se van a entregar :

$$INV (IPUER, t(i)) = INV (IPUER, t(i)) + TONENT (IPUER, t(i))$$

Si el inventario en IPUER en el tiempo $t(i)$ es menor que cero, se hace $IBAJO (IPUER) = 0$ para indicar que el inventario deja de estar -bajo cero, y el nivel de inventario se iguala a las toneladas a entregar (bloques B y C):

$$INV(IPUER, t(i)) = TONENT (IPUER, t(i))$$

Evento Entrega de Acido

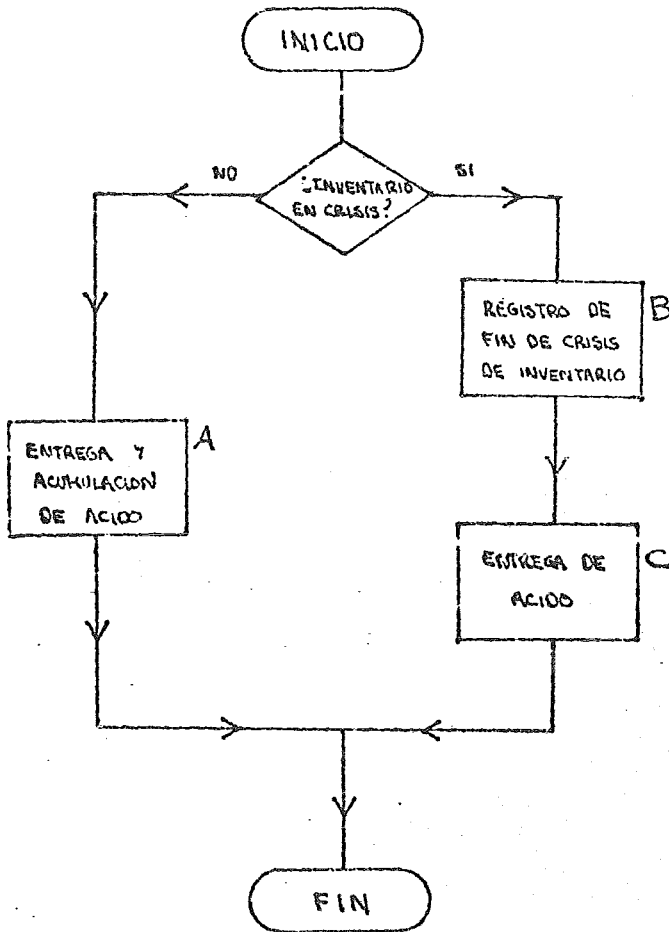


Figura 4.7

4.3.2 CRISIS DE ALMACEN EN TAMPA

En Tampa, E.U. Fertimex posee un almacén, en donde recibe el ácido comprado a compañías estadounidenses con el fin de comercializarlo. Además - realiza cargas y descargas de ácido en dicho almacén.

Este evento se genera cuando el almacén en Tampa se queda sin ácido. El nivel de inventario en Tampa en el tiempo $t(i)$ será igual al nivel de inventario en $t(i-1)$, más el ácido descargado durante el período - - - ($t(i)-t(i-1)$), menos el ácido cargado durante el mismo período. Recordando la simbología establecida en la sección 4.1, tenemos:

$INV(TAMPA, t(i))$ = Nivel de inventario en Tampa en el tiempo $t(i)$.

$VDESC(IBARCO, TAMPA)$ = Velocidad de descarga en Tampa si IBARCO está descargando (es igual a cero cuando no está descargando).

$VCARG(IBARCO, TAMPA)$ = Velocidad de carga en Tampa si IBARCO está cargando (es igual a cero cuando no está cargando).

entonces:

$$INV(TAMPA, t(i)) = INV(TAMPA, t(i-1)) + (t(i)-t(i-1))(VDESC(IBARCO, TAMPA) - VCARG(IBARCO, TAMPA))$$

La dinámica seguida cuando se genera este evento es la siguiente:

Se hace $IBAJ0(IPUER) = 1$ para indicar que el inventario está bajo cero (fig 4.6, bloque B). Cuando llega un barco a descargar e $IBAJ0(IPUER)$ es igual a 1, se obtiene el tiempo que estuvo Tampa sin ácido y se hace $IBAJ0(IPUER)$ igual a 0 (fig. 4.3, bloques H y J).

El objetivo de la simulación del inventario en Tampa es programar las compras de ácido en E.U. Cuando un barco llega a cargar en Tampa y no hay ácido suficiente en el almacén, se permite que cargue totalmente en forma ficticia y se registra el total de toneladas cargadas. Con esta información el usuario programará una compra de ácido en E.U. para suplir el déficit detectado en el almacén.

Las compras de ácido en Tampa programadas en el período a simular, originan un evento entrega de ácido en la hora que se espera lleguen a Tampa (Fig. 4.7 Pág. 47). En este evento se suma al nivel de inventario en Tampa (bloque A) la cantidad de ácido a entregar:

$$INV (TAMPA, t(i)) = INV (TAMPA, t(i)) + TONENT (IPUER, t(i))$$

Si el inventario en Tampa sube de cero con la entrada de ácido se hace IBAJO (IPUER) = 0 (bloque B).

4.3.3 EVENTO CRISIS EN PAJARITOS.

Este evento se genera cuando el nivel de inventario en Pajaritos - baja de cero. Esto sucede necesariamente durante la operación carga en Pajaritos.

El nivel de inventario en Pajaritos se calcula en base a la cantidad total de ácido cargado o descargado en Pajaritos, y en base a un presupuesto de producción de ácido, el cual marca los incrementos de ácido disponible para exportación por hora en el almacén.

Dicho calendario está compuesto por tantos registros como cambios de producción de ácido para exportación ocurran en el período a simular. Cada registro está compuesto por dos campos:

IFEC (K) : Hora de la simulación en la que ocurre el K-ésimo cambio de producción.

QPRO (K) : Tasa de producción de ácido disponible para exportación (incrementos por hora en el almacén). Válidos desde el tiempo del cambio anterior IFEC(K-1), hasta el tiempo IFEC (K).

El inventario en Pajaritos en el tiempo $t(i)$, es igual al inventario en $t(i-1)$, más el total de ácido descargado en el período $\{t(i)-t(i-1)\}$, más el total de incrementos al almacén de ácido, en el mismo período, de acuerdo al calendario de producción, menos el total de ácido cargado en Pajaritos en el período $\{t(i)-t(i-1)\}$:

$$\text{INV}(\text{PAJAR}, t(i)) = \text{INV}(\text{PAJAR}, t(i-1)) + \{t(i)-t(i-1)\} * \\ (\text{QPRO}(t(i)) - \text{VCARG}(\text{IBARCO}, \text{PAJAR}) + \text{VDESC}(\text{IBARCO}, \text{PAJAR}))$$

Cuando un barco llega a cargar ácido en Pajaritos, (Fig. 4.3, - - bloques K, L) se registran la cantidad de ácido que quiere cargar ($\text{TONT}(\text{IBARCO}, \text{PAJAR})$) y el tiempo en el que comienza a cargar ($\text{FECINI}(\text{IBARCO}, \text{PAJAR})$).

En el momento en que se genera un evento Crisis en Pajaritos, se identifica al barco que al cargar ácido originó la Crisis en el almacén; se calculan las toneladas que logra cargar (TONCA (IBARCO,PAJAR)) y las faltantes (TONFA (IBARCO,PAJAR)) (Fig. 4.6 bloques C,D). Es decir:

$$\text{TONCA}(\text{IBARCO},\text{PAJAR}) = (\text{TCRISIS}(\text{IBARCO},\text{PAJAR}) - \text{FECINI}(\text{IBARCO},\text{PAJAR})) * \text{VCARG}(\text{IBARCO},\text{PAJAR})$$

$$\text{TONFA}(\text{IBARCO},\text{PAJAR}) = \text{TONTO}(\text{IBARCO},\text{PAJAR}) - \text{TONCA}(\text{IBARCO},\text{PAJAR})$$

Como el barco no puede seguir cargando, se busca el próximo evento (desastre en Pajaritos) y se genera al tiempo TCRISIS (IBARCO,PAJAR) -- (momento en que se generó la crisis de inventario) (Fig. 4.6, bloque D).

Si las toneladas faltantes no son una cantidad significativa, es decir si, $\text{TONFA}(\text{IBARCO},\text{PAJAR}) \leq 1,000$, el barco puede proseguir con su ruta y operación normales (Fig. 4.6, bloque E).

En caso contrario hay que tomar una decisión dependiendo de la próxima operación a realizar:

1.- Si el próximo evento operación es una carga de ácido en un puerto de E.U., se hace $\text{MCARG}(\text{IBARCO}) = 1$ (Fig. 4.6 bloque J), que indicará que el barco debe cargar en dicho puerto más ácido del programado, ya que en Pajaritos no pudo cargar todo. Cada vez que un barco llega a cargar, se pregunta si debe modificar las toneladas (Fig. 4.3, bloque O), es decir si:

$$\text{MCARG}(\text{IBARCO}) = 1 ;$$

de ser así le suma a las toneladas que va a cargar, las toneladas faltantes (Fig. 4.3, bloque Q).

2.- Si el próximo evento operación no se efectúa en un puerto de Estados Unidos, se desvía el barco a Tampa para cargar las toneladas faltantes (Fig. 4.6, bloque K) y después, el barco prosigue su ruta normal. Esto se hace debido a que la política de la Empresa no permite enviar un barco a Europa, Asia, o a Sudamérica sin haber completado la carga.

3.- Si el próximo evento operación es una descarga en un puerto de -- E.U., se prende una bandera, MDESC(IBARCO) = 1 (Fig. 4.6, bloque J) que indicará que dicha operación es una descarga irregular.

Cuando un barco llega a descargar, pregunta por el estado MDESC- (IBARCO) para determinar si se trata de una descarga irregular (Fig. 4.3, - bloque M). En caso afirmativo, se apaga MDESC(IBARCO) y:

3.1.- Si el barco tiene programado descargar en un puerto de Estados Unidos todo lo que cargó en Pajaritos, el barco descargará lo que logró cargar en Pajaritos, y proseguirá su ruta normal. (Fig. 4.3, bloque R).

3.2.- Si el barco tiene programado descargar en un puerto de Estados Unidos parte de lo que cargó en Pajaritos y posteriormente pasar a - - otro puerto a cargar ácido, se pueden presentar a su vez dos situaciones:

3.2.a.- Que el barco haya cargado en Pajaritos el ácido suficiente para realizar la descarga normal. En este caso, el barco descargará lo programado y modificará la carga en el siguiente puerto, para completar el ácido que no logró cargar en Pajaritos (Fig. 4.3, bloques S,T).

3.2.b.- Que haya cargado en Pajaritos menos de lo que tenía programado descargar en E.U.. En este caso, el barco descargará lo que cargó en Pajaritos y hará MCARG(IBARCO)= 1 para indicar que hay que modificar - la cantidad de toneladas a cargar en el próximo puerto. Es decir (bloques S,V):

TONTO(IBARCO, IPUER) = TONCA(IBARCO, PAJAR)

MCARG (IBARCO) = 1

Cuando un barco llega a cargar ácido pregunta por el estado de --
MCARG(IBARCO). Si es igual a uno, modifica las toneladas a cargar (Fig. 4.3,
bloques O y Q) y hace MCARG(IBARCO) = 0.

4.- Si el próximo evento operación es una carga de combustible en Trampí
co, es necesario buscar en el archivo de eventos el próximo evento operación
para poder determinar la política adecuada a seguir, la cual dependerá del -
puerto donde se realice dicha operación, de acuerdo a lo establecido en esta
sección (bloques I, G).

CAPITULO V

EL SISTEMA DE COMPUTO

El sistema de cómputo, que sirve de soporte al modelo desarrollado en el capítulo anterior, está constituido por dos subsistemas (Figura 5.1):

Subsistema-01 (SS-01). Creación de los archivos de entrada. En este subsistema se captura y valida la información necesaria para la -- creación de los archivos de entrada requeridos en el subsistema-02.

Para facilitar la elaboración de estos archivos fueron creadas formas de captación de datos. Estas formas, conjuntamente con los listados generados en este subsistema permiten al usuario conocer la información fuente. En la sección 5.1 será tratado en detalle este subsistema.

Subsistema-02 (SS-02). Proceso Acido. Este subsistema está constituido básicamente por el programa ACIDO-FORTRAN, escrito en lenguaje -- de simulación GASP-IV. Simula alternativas de distribución y su reporte de salida permite conocer el comportamiento del sistema de exportación -- de ácido durante el período simulado. En la sección 5.2 se trata este -- subsistema y se presenta un ejemplo del reporte de salida.

SISTEMA DE COMPUTO

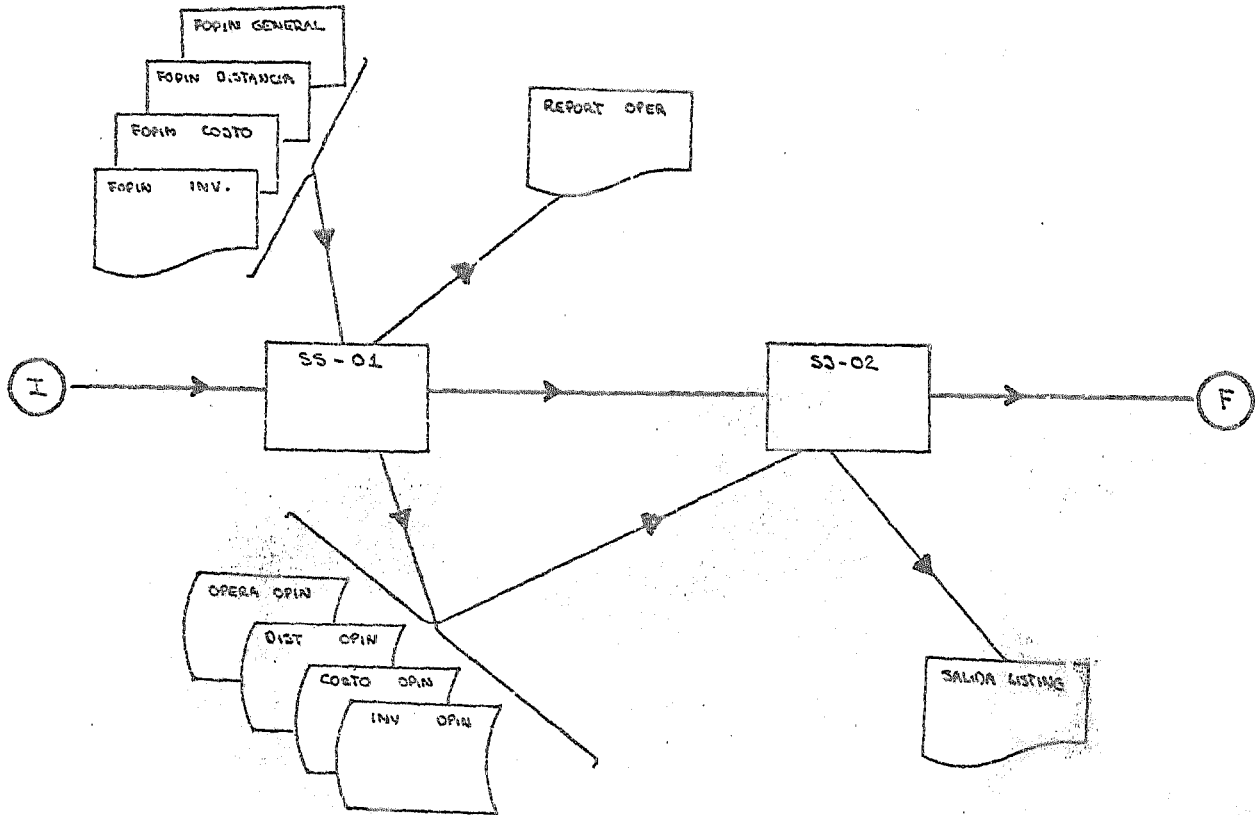


Figura 5.1

5.1 SUBSISTEMA-01.

Este subsistema se subdivide en cuatro procesos (Fig. 5.2), en cada uno de ellos se genera un archivo de entrada:

<u>PROCESO</u>	<u>ARCHIVO GENERADO</u>
OPERACION	OPERA OPIN
DISTANCIAS	DIST. OPIN
COSTO	COSTO OPIN
INVENTARIO	INV. OPIN

La información necesaria es proporcionada por el usuario mediante el llenado de las formas:

FOPIN GENERAL
FOPIN DISTANCIA
FOPIN COSTO
FOPIN INVENTARIO

En las secciones (5.1.1, 5.1.2, 5.1.3 y 5.1.4) se analizan, - respectivamente, cada uno de los procesos mencionados.

Subsistema SS-01

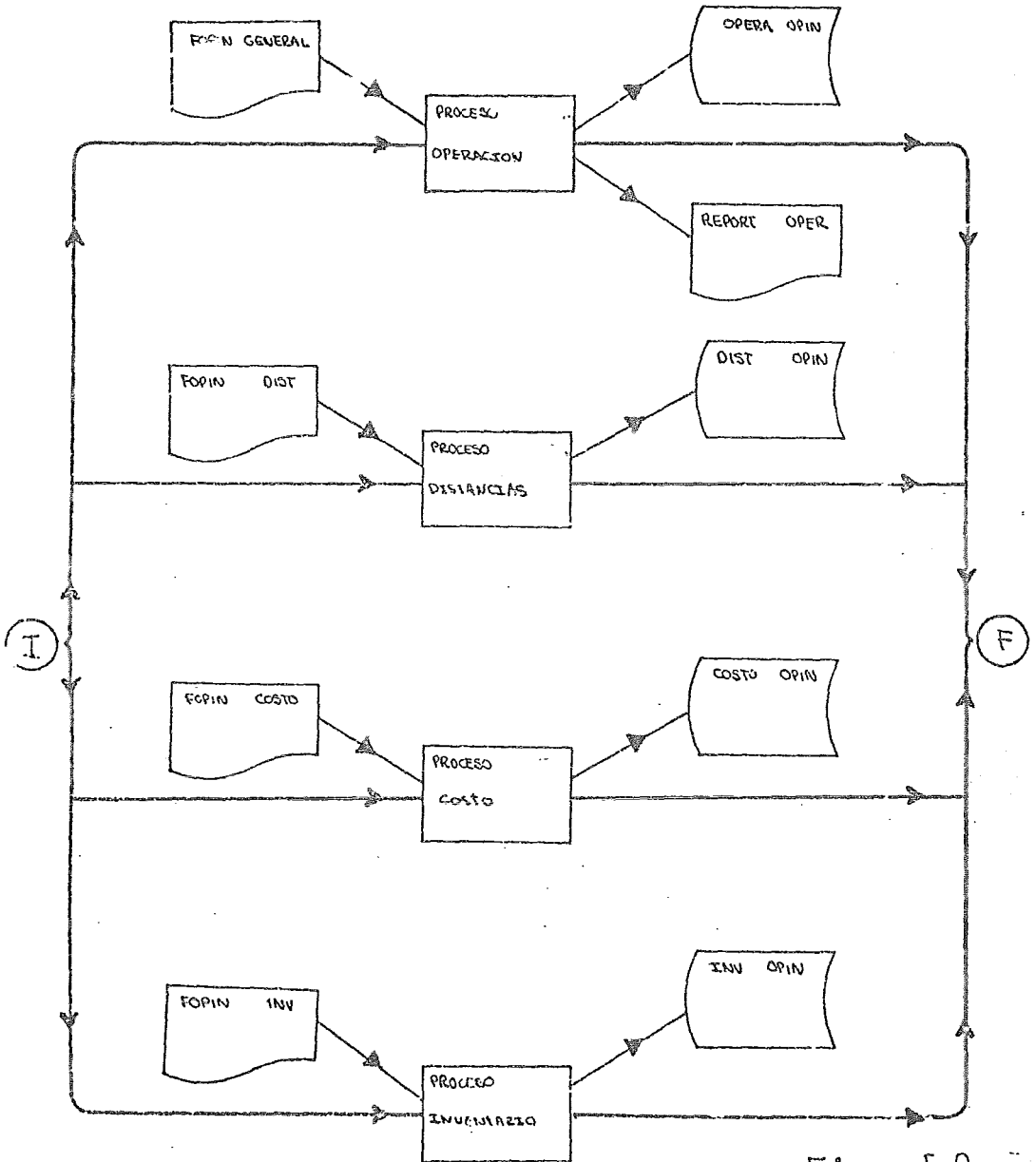


Figura 5.2

5.1.1 PROCESO OPERACION.

El objetivo de este proceso es generar el archivo OPERA OPIN. Los pasos a seguir son (Fig. 5.3):

PASO 1. Se crea manualmente los archivos SYSIN EVENTOS y LISTA EVENTOS a partir de la forma FOPIN GENERAL.

Esta forma es llenada por el usuario y contiene los siguientes - datos: (Fig. 5.4)

- Identificación de la alternativa y fecha inicial del período a simular.
- Número de barcos a simular. Este número no podrá ser mayor de 4.
- Nombre, tonelaje inicial, velocidad (millas marítimas/día), y - fecha en la que inicia la operación cada uno de los barcos.
- Inventarios iniciales en los puertos de Madrás, Marmugoa, Spic, - Tampa y Pajaritos. Los tres primeros puertos, son los clientes a largo - plazo (pueden cambiarse sin alterar la estructura del Modelo).
- Entregas de ácido. En este punto se especifican las entregas programadas de ácido por un proveedor diferente de Fertimex en los puertos considerados. También se incluyen las compras programadas de ácido en - Estados Unidos, cuyo destino es Tampa.
- Ruta y operación a realizar por cada barco. Se especifica el -- puerto, operación y tonelaje a operar.

En las páginas a se encuentran las formas de captación y los diseños de tarjeta de los archivos SYSIN EVENTOS y LISTA EVENTOS. Para facilitar la creación manual de los archivos se recomienda llenar las formas de captación que se encuentran antes de cada diseño. La tabla de códigos se localiza en el anexo I al finalizar el capítulo.

PROCESO OPERACION

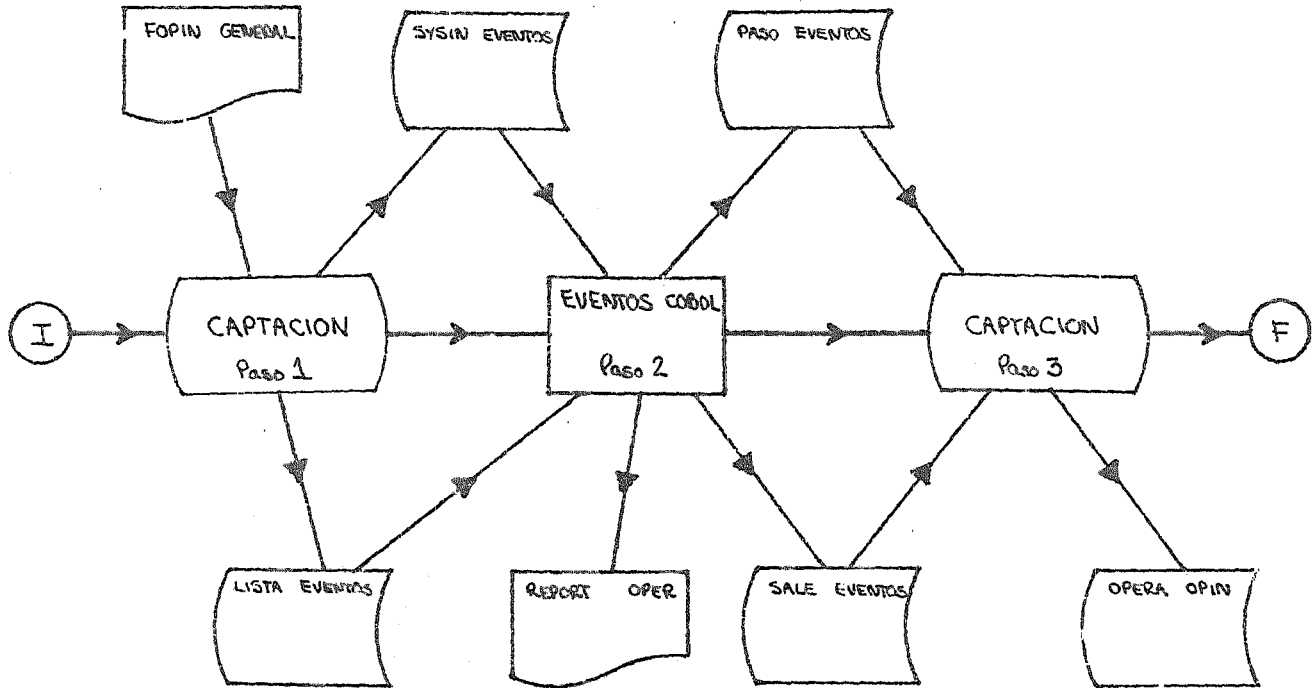


Figura 5.3

PASO 2. Se corre el programa EVENTOS-COBOL. Este programa genera los archivos SALE EVENTOS y PASO EVENTOS. La documentación completa de este programa se encuentra en las páginas 72-75

PASO 3. Se crea manualmente el archivo OPERA OPIN. La información requerida se obtiene de la forma FOPIN GENERAL y de los archivos SALE EVENTOS y PASO EVENTOS generados en el paso anterior. Las formas de captación y diseño de tarjeta del archivo OPERA OPIN se encuentra en las páginas 76-82

FOPIN GENERAL

ALTERNATIVA:

FECHA INICIAL:

Número de Barcos a Simular:

BARCO No. 1

Nombre:

Fecha Inicial:

Tonelaje Inicial (AFGM):

Velocidad (millas/día):

BARCO No. 2

Nombre:

Fecha Inicial:

Tonelaje Inicial (AFGM):

Velocidad (millas/día):

BARCO No. 3

Nombre:

Fecha Inicial:

Tonelaje Inicial (AFGM):

Velocidad (millas/día):

BARCO No. 4

Nombre:

Fecha Inicial:

Tonelaje Inicial (AFGM):

Velocidad (millas/día):

Figura 5.4
(continuación)

FOPIN GENERAL

I N V E N T A R I O S

INVENTARIOS INICIALES

MADRAS:
MARMUGOA:
SPIC:
TAMPA:
COATZACOALCOS:

ENTREGAS DE ACIDO

PUERTO

FECHA

TONELAJE

Figura 5.4
(continuación)

FOPIN GENERAL

RUTA BARCO

PUERTO	OPERACION	TONELAJE
--------	-----------	----------

FORMA DE CAPTACION

ARCHIVO LISTA EVENTOS

REGISTRO EVENTOS-ENTREGA

Las claves de codificación necesarias para el llenado de la forma de captación (Pág. 66) se encuentran en la tabla de códigos (anexo 1).

Primeramente se deberá introducir ruta y operación de cada uno de los barcos. Toda la ruta de un barco deberá estar junta y en orden -- cronológico de ocurrencia.

Cada puerto que toque el barco deberá corresponder a un renglón de la forma de captación. En cada renglón hay 5 campos que contienen:

<u>CAMPO</u>	<u>INFORMACION</u>
1	Clave del barco.
2	Clave del puerto.
3	Tipo de operación a realizar.
4	Si el tipo de operación incluye carga o descarga de ácido involucrada en la operación (AFGM), deberá contener las toneladas a operar. Si la operación a realizar es tránsito deberá contener el tiempo en horas que se considera que esta actividad consumirá. Si la operación a realizar es carga de combustible se deberá llenar con ceros.
5	Deberá llenarse con ceros.

A continuación se deberán llenar los renglones correspondientes a las entregas de ácido en India y compras en Tampa de la siguiente forma:

<u>CAMPO</u>	<u>INFORMACION</u>
1	Deberá tener un 99.
2	Clave del puerto.
3	Deberá introducirse un 2 (clave correspondiente a una descarga).
4	Cantidad de toneladas a entregar. (AFGM)
5	Fecha en que se va a realizar la entrega día, mes, año.

FORMA DE CAPTACION

ARCHIVO LISTA EVENTOC

REGISTRO EVENTOS-ENTREGA

This section contains 11 horizontal lines, each with several small vertical tick marks. These lines are arranged vertically and appear to be a template for recording data, likely corresponding to the 'REGISTRO EVENTOS-ENTREGA' header. The tick marks are positioned at regular intervals along each line, suggesting a structured format for data entry.

DISEÑO DE TARJETA

PROYECTO	FECHA	HOJA
OPIN	MAYO/81	

CODIFICACION	NOMBRE	PROGRAMA	ORIGEN
	REGISTRO EVENTOS-ENTREGA	LISTA EVENTOS	

SECTOR	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">7</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">7</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">7</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">0</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
FORMATO																															

SECTOR	DESCRIPCION	TIPO	COLUMNAS			NOTAS
			DE	A	TOTAL	
1	Clave del barco	9	1	2	2	Si es una entrega de ácido deberá tener 99
2	Clave del puerto	9	3	5	3	
3	Tipo de operación	9	6	8	3	Si es una entrega de ácido deberá tener 02
4	Toneladas a operar, si se trata de un transito deberá contener el tiempo de paso por canal. Si es una entrega de ácido las toneladas a entregar	9	9	14	6	
5	Si se trata de una entrega de ácido deberá contener la fecha de entrega	9	15	22	8	
	día	9			2	
	mes	9			2	
	año	9			4	
	Formato (I2, 2I3, I6, I8)					

CLAVES PARA TIPO: A = ALFABETICO X = ALFANUMERICO g = NUMERICO	ANALIZO	PROGRAMA	Vo.Bo
--	---------	----------	-------

FORMA DE CAPTACION

ARCHIVO SYSIN EVENTOS

REGISTRO 1



Identificación de la alternativa

Formato (X8)

REGISTRO 2



Fecha inicial de estudio

Formato (I2, I2, I4) (día, mes, año)

REGISTRO 3



Fecha inicial de operación de cada uno de los barcos

Formato (4(I2, I2, I4)) (día, mes, año)

DISEÑO DE TARJETA

PROYECTO	FECHA	HOJA
OPIN	MAYO/81	

CODIFICACION	NOMBRE	PROGRAMA	ORIGEN
	REGISTRO-1	SYSIN EVENTOS	

SECTOR	
--------	--

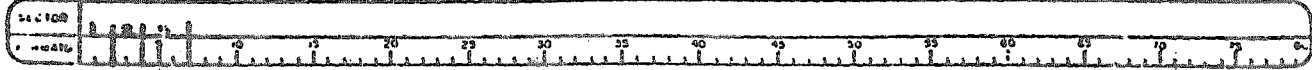
SECTOR	DESCRIPCION	TIPO	COLUMNAS			NOTAS
			DE	A	TOTAL	
1	Identificación de la alternativa	X	1	8	8	

CLAVES PARA TIPO: A = ALFABETICO X = ALFANUMERICO g = NUMERICO	ANALIZO	PROGRAMO	Vo Bo
--	---------	----------	-------

DISEÑO DE TARJETA

PROYECTO	FORMA	HOJA
OPIN	MAYO/81	

CODIFICACION	NOMBRE	PROGRAMA	ORIGEN
	REGISTRO-2	SYSIN EVENTOS	



FACTOR	DESCRIPCION	TIPO	COLUMNAS			NOTAS
			DE	A	TOTAL	
1	Día inicial de estudio	9	1	2	2	
2	Mes inicial de estudio	9	3	4	2	
3	Año inicial de estudio	9	5	8	4	
	Formato (I2, I2, I4)					

CLAVES PARA TIPO:	ANALIZO	PROGRAMO	No Bo
	A = ALFABETICO M = ALFANUMERICO 0 = NUMERICO		

DISEÑO DE TARJETA

PROYECTO	FECHA	HOJA
OPIN	MAYO/81	

CODIFICACION	NOMBRE	PROGRAMA	ORIGEN
	REGISTRO-3	SYSIN EVENTOS	

ACTOR	
-------	--

ACTOR	DESCRIPCION	TIPO	COLUMNAS			NOTAS
			DE	A	TOTAL	
1	Fecha inicial de operación del i-ésimo barco, i=1, 4	9	1	32	32	
	Día inicial	9			2	
	Mes inicial	9			2	
	Año inicial	9			4	
	Formato 4 (I2, I2, I4)					

CLAVES PARA TIPO: A = ALFABETICO N = ALFANUMERICO 9 = NUMERICO	ANALIZO	PROGRAMO	Vf 81
--	---------	----------	-------

PROGRAMA: EVENTOS COBOL

OBJETIVO : Obtener los eventos a realizar por cada uno de los barcos - dentro del período de estudio.

ENTRADAS : LISTA DE EVENTOS

Archivo que contiene la ruta y operación de cada uno de los barcos, así como las entregas de ácido en India y las compras contratadas en Tampa.

SYSIN EVENTOS

Archivo que contiene la identificación de la alternativa a - estudiar, la fecha inicial del período de estudio y la fecha inicial de operación de cada uno de los barcos.

SALIDAS : REPORT OPERACION

Listado de la ruta y operación de cada uno de los barcos y - de las entregas y compras de ácido programadas. Este listado sirve como validación de los datos fuente.

SALE EVENTOS

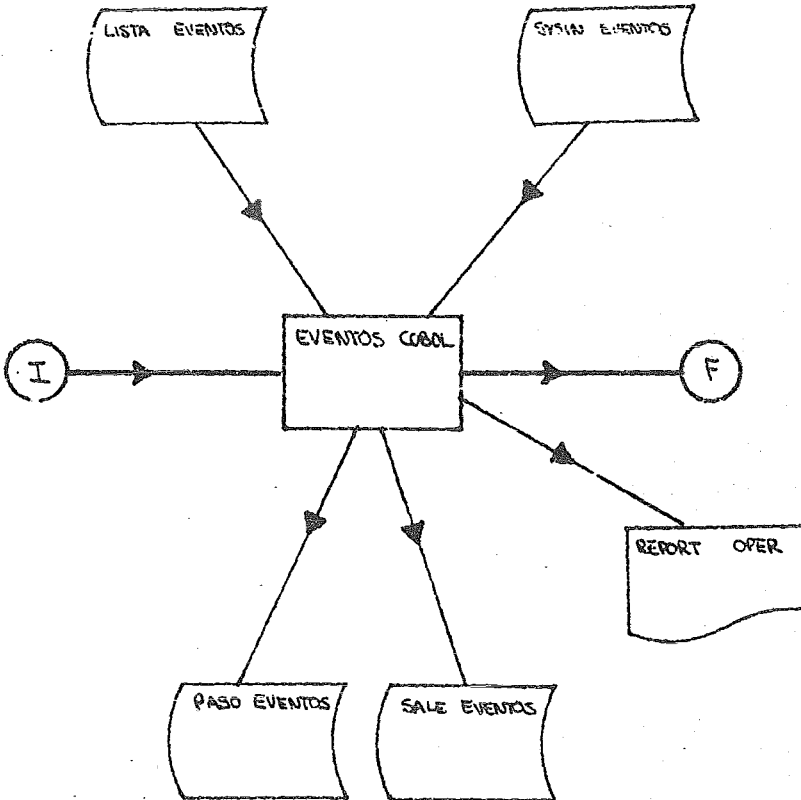
Archivo que contiene los siguientes datos:

- Hora-año inicial de Simulación
- Número total de eventos
- Número de barcos a operar

PASO EVENTOS

Archivo que contiene los eventos a realizar por cada uno de los barcos. El diseño de tarjeta de este archivo se encuentra en la pag. 75

EVENTOS COBOL



PROCESO : A partir de la fecha inicial de estudio se obtiene la hora-año en que comienza cada uno de los barcos.

Por cada puerto que toca el barco se generan los eventos siguientes:

Atraque del barco en dicho puerto.

Operación en el puerto, ésta dependerá de la operación establecida en el archivo.

Desatraque en el puerto.

Travesía al puerto siguiente.

Posteriormente se generan los eventos que corresponden a las entregas de ácido en India y compras en Tampa.

Es importante notar que el plazo máximo que se ha considerado como período a simular es un año.

DISEÑO DE TARJETA

PROYECTO	FECHA	HOJA
OPIN	MAYO/81	

CODIFICACION	NOMBRE	PROGRAMA	ORIGEN
	REGISTRO EVENTO	PASO EVENTOS	

SECTOR	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 10%; text-align: center;">1</div> <div style="width: 90%; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> 2 3 4 5 6 </div> </div>
FORMATO	

FACTOR	DESCRIPCION	TIPO	COLUMNAS			NOTAS
			DE	A	TOTAL	
1	Tiempo de la simulación en que ocurre el evento	9	1	8	8	
2	Tipo de evento	9	9	10	2	
3	Clave del barco	9	11	12	2	
4	Puerto de operación	9	13	15	3	
5	Tipo de operación	9	16	18	3	Si es una travesía contendrá el puerto destino.
6	Toneladas a operar	9	19	24	6	Tiempo de paso por el canal si es tránsito. Cantidad de toneladas a entregar si es entrega de ácido

CLAVES PARA TIPO: A = ALFABETICO X = ALFANUMERICO Q = NUMERICO	ANALIZO	PROGRAMO	Vo Bo
--	---------	----------	-------

FORMAS DE CAPTACION

ARCHIVO OPERA OPIN

REGISTRO 1 : INF. GENERAL



- 1 Número total de eventos.
- 2 Número de puertos que intervienen en el modelo de simulación.
- 3 Número de barcos a operar.
- 4 Hora-Año inicial de la simulación.

FORMA DE CAPTACION

ARCHIVO OPERA OPIN

REGISTRO 2 : INVENTARIOS INICIALES EN BARCOS



Toneladas iniciales en cada uno de los barcos (AFGM)

Formato (4F6.0)

FORMA DE CAPTACION

ARCHIVO OPERA OPIN

REGISTRO 3. : INVENTARIOS INICIALES EN PUERTOS

Madrás	Marmugoa	Spic	Tampa
Pajaritos			

Toneladas iniciales (AFGM) en cada uno de los almacenes de los puertos -
arriba mencionados.

Formato (5F6.0)

**DISEÑO DE REGISTRO
CINTAS - DISCOS**

PROYECTO	FECHA	HOJA

NOMBRE DEL REGISTRO	RECORD BLOCK	ARCHIVO
INF.GENERAL	80 80	OPERA OPIN

NIVEL	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DEL	AL	TOTAL	OBSERVACIONES
01	N. número total de eventos a simular	9	1	3	3	
01	NPTO. número de puertos incluidos en el sistema.	9	4	5	2	
01	NUBAR. número de barcos a simular.	9	6	6	1	
01	ITEC. hora-año inicial de la simulación	9	7	11	5	
	Formato (I3, I2, I1, I0)					

--	--	--

DISEÑO DE REGISTRO
CINTAS - DISCOS

PROYECTO	FECHA	HOJA

	NOMBRE DEL REGISTRO	RECORD	BLOCK	ARCHIVO	
	INV INICIALES EN PUERTOS	80	80	OPERA	OPIN

NIVEL	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DEL	AL	TOTAL	OBSERVACIONES
01	FILLER OCCURS 5		1	25	25	
02	SS(I), inventario inicial en el i-ésimo inventario (P ₂ O ₅)	9			5	
	Formato 5 (F6.0)					

--	--	--

DISEÑO DE REGISTRO
CINTAS - DISCOS

PROYECTO	FECHA	HOJA

NOMBRE DEL REGISTRO	RECORD	BLOCK	ARCHIVO
INV. INICIA EN BARCO	80	80	OPERA GPIN

NIVEL	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DE	AL	TOTAL	OBSERVACIONES
01	FILLER OCCURS 4		1	20	20	
02	PTE(1) toneladas ini- ciales (P ₂ O ₅) en cada una de los barcos.	9			5	
	Formato 4(F6,0)					

--	--	--

**DISENO DE REGISTRO
CINTAS - DISCOS**

PROYECTO	FECHA	HOJA

	NOMBRE DEL REGISTRO	RECORD	BLOCK	ARCHIVO
	EVENTO	80	80	OPERA OPIN

NIVEL	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DEL	AL	TOTAL	OBSERVACIONES
01	Hora de ocurrencia del evento	9	1	8	8	
01	Tipo de evento	9	9	10	2	
01	Barco que efectua el evento.	9	11	12	2	
01	Puerto en el que ocurre el evento.	9	13	15	3	
01	Puerto destino a tipo de operación	9	16	18	3	
01	Toneladas incluidas en la operación a tiempo de travesía'	9	19	24	6	
	Formato (E8.0, 2E2.0, 2E3.0, E6.0)					

--	--	--

5.1.2 PROCESO DISTANCIA

En este proceso se crea manualmente el archivo DIST OPIN, - el cual contiene las distancias (millas marítimas) entre los diferentes puertos incluidos en el sistema. (Fig. 5.5).

La información necesaria se recopila en la forma FOPIN DIST - (Fig. 5.6). Se deben llenar tantos registros de esta forma como puertos estén incluidos en el modelo, siguiendo el orden establecido en la tabla de códigos (anexo I). En las páginas siguientes se localiza la forma de captación del archivo DIST OPIN, así como su diseño de registro.

PROCESO DISTANCIA

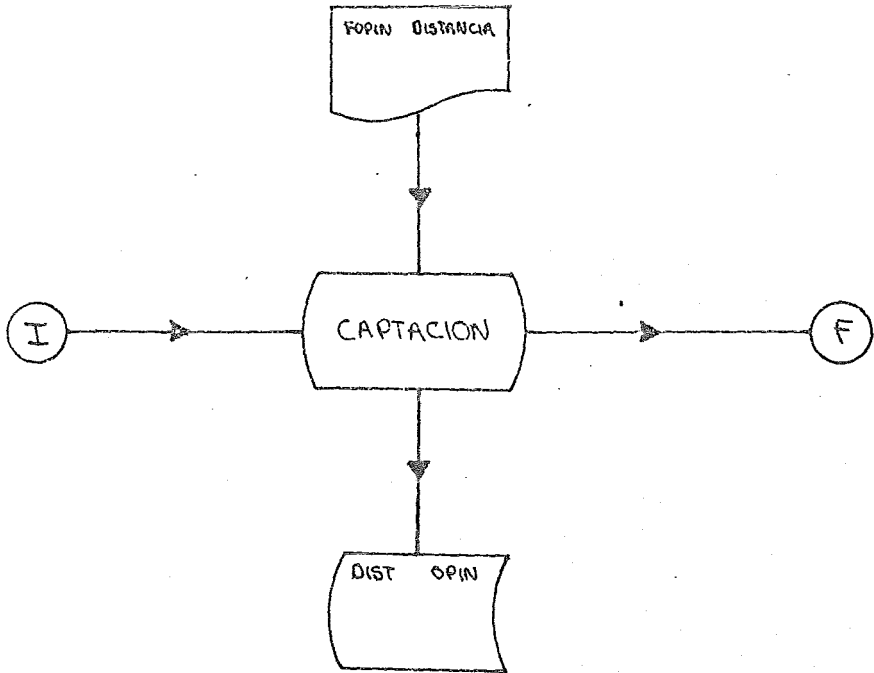


Figura 5.5

Figura 5.6

FOPIN DISTANCIA

DISTANCIA DEL PUERTO 1:

AL PUERTO:

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 _____

DISTANCIA DEL PUERTO 2:

AL PUERTO:

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 _____

DISTANCIA DEL PUERTO 3:

AL PUERTO:

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 _____

NOTA: Todas las distancias deberán estar expresadas en millas marítimas.

5.1.3 PROCESO COSTO

El objetivo de este proceso es la creación del archivo COSTO - OPIN, el cual provee al modelo de la información necesaria para evaluar el costo y beneficio de la alternativa simulada.

La elaboración de este archivo (Fig. 5.7) consta de dos pasos:

1) Se recopila la información necesaria en la forma FOPIN COSTO. -- (Fig. 5.8, Páginas 90 y 91).

2) Se crea manualmente el archivo COSTO OPIN. Las formas de captación así como su diseño de registro se localiza en las páginas 92 a la 98.

PROCESO COSTO

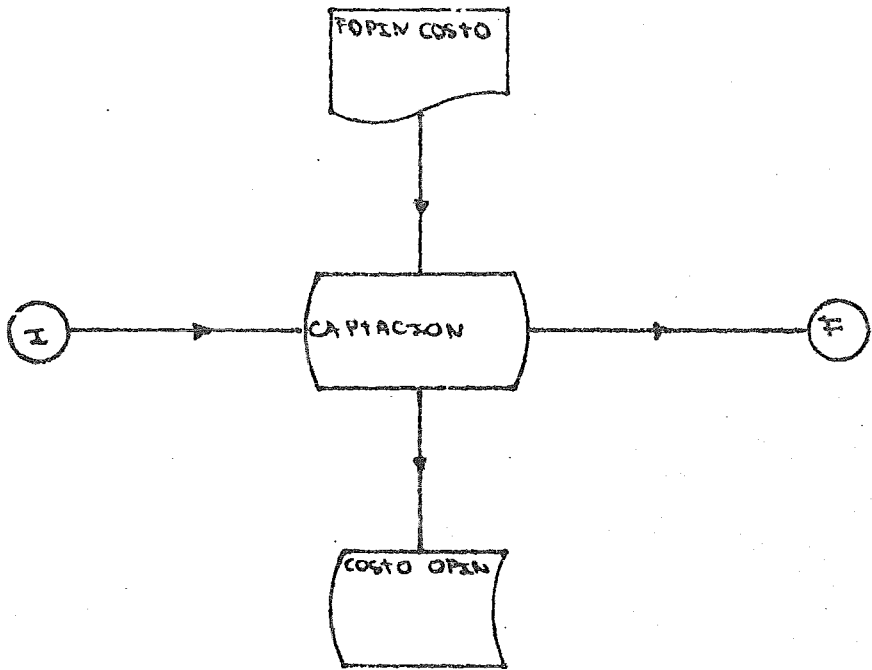


Figura 5.7

FOPIN COSTO

Precio de compra de IFO (US/TM).

NACIONAL:

INTERNACIONAL:

Precio de compra de DO (US/TM).

NACIONAL:

INTERNACIONAL:

Consumo de IFO (TM/milla).

Barco No. 1:

Barco No. 2:

Barco No. 3:

Barco No. 4:

Consumo de DO (TM/milla).

Barco No. 1:

Barco No. 2

Barco No. 3:

Barco No. 4:

Figura 5.8
(continuación)

FOPIN COSTO

Precios de compra de ácido en cada uno de los puertos (US/TM AFGM).

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 _____

Precios de venta de ácido en cada uno de los puertos (US/TM AFGM).

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 _____

Costo de atraque en cada uno de los puertos (US)

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 _____

FORMA DE CAPTACION

ARCHIVO OPIN COSTO

REGISTRO ATRAQUE

The table consists of four rows and approximately 40 columns. Each cell contains a vertical tick mark of varying height, representing a data point. The tick marks are distributed across the rows, with some rows having more ticks than others. The overall pattern suggests a series of measurements or observations recorded over time or across different categories.

Costo por atracar en cada uno de los puertos (US)

El orden de los puertos debe corresponder al establecido en la tabla de códigos.

Formato (2515)

DISEÑO DE REGISTRO
CINTAS - DISCOS

PROYECTO	FECHA	HOJA
OPIN		

	NOMBRE DEL REGISTRO	RECORD	BLACK	ARCHIVO
	VENTA	125	125	COSTO OPIN

NIVEL	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DEL	AL	TOTAL	OBSERVACIONES
01	P.Venta covvutd 25		1	125	125	
02	P VENT (I)	9			5	
	Precio de venta de una tonelada de ácido P_2O_5 en el i-ésimo puerto (SUS)					
	Formato 25F5.0					

--	--	--

DISEÑO DE REGISTRO
CINTAS - DISCOS

PROYECTO	FECHA	HOJA
----------	-------	------

NOMBRE DEL REGISTRO	RECORD/BLOCK	ARCHIVO
BUNK-RENTA		COSTO OPIN

NIVEL	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DEL	AL	TOTAL	OBSERVACIONES
01	CDO costo por comprar una tonelada de IFO.	9	1	6	6	
01	CDO costo por comprar una tonelada de DO	9	7	12	6	
01	FILLER OCCURS 4		13	30	24	
02	CONSI(I) consumo de IFO de IFO por milla en el i-ésimo barco	9			6	
01	FILLER OCCURS 4		31	54	24	
02	CONSD(I) consumo de DO por milla en el i-ésimo barco	9			6	
01	FILLER OCCURS 4		55	78	24	
02	TCHARC costo por rentar un dia al i-ésimo barco	9			6	
	Formato 14F6.0					

--	--	--

DISEÑO DE REGISTRO
CINTAS - DISCOS

PROYECTO	FECHA	HOJA
OPIN		

NOMBRE DEL REGISTRO	RECORD/BLOCK	ARCHIVO
COMPRA	125 / 125	COSTO OPIN

NIVEL	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DEL	AL	TOTAL	OBSERVACIONES
01	P Compra OCCURS 25		1	125	125	
02	P COMP (I) Precio por comprar una tonelada de ácido P ₂ O ₅ en el i-ésimo puerto.					
	Formato 25F5.0					

--	--	--

DISEÑO DE REGISTRO
CINTAS - DISCOS

PROYECTO	FECHA	HOJA

NOMBRE DEL REGISTRO	RECORD	BLOCK	ARCHIVO
ADMINISTRACION-ATAACOS	125	125	COSTO OP1M

NIVEL	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DEL	AL	TOTAL	OBSERVACIONES
01	Costo OCCURS 25		1	125	125	
02	IGAS (I) costo	9			5	
	por atracar en el					
	i-ésimo puerto.					
	Formato 2515					

--	--	--

5.1.4 PROCESO INVENTARIO

En este proceso se genera manualmente el archivo INV OPIN, el cual contiene el presupuesto de producción en Pajaritos (Fig. 5.9).

Se recopila la información necesaria en la forma FOPIN INV, (Fig. 5.10) y se crea manualmente el archivo INV OPIN. El diseño de los registros se localiza en las Páginas 101, 102 y 103. páginas.

PROCESO INVENTARIO

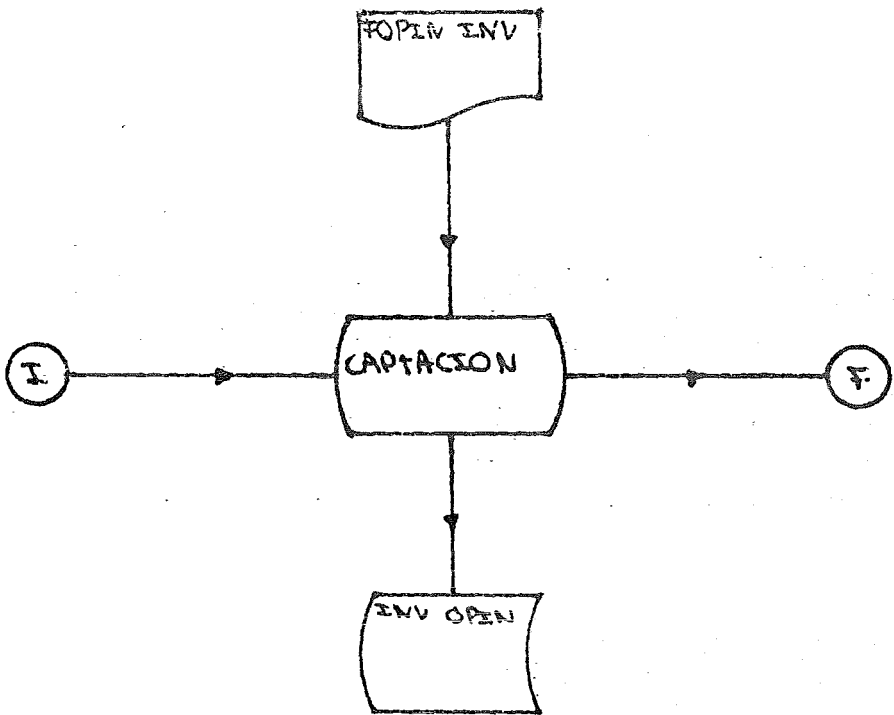


Figura 5.10

DISEÑO DE TARJETA

PROYECTO	FICHA	HJJA
OPIN	MAYO/81	

CODIFICACION	NOMBRE	PROGRAMA	ORIGEN
	REGISTRO FECHA	INV OPIN	

SECTORES	1	2
INICIADO	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80	

ACTOR	DESCRIPCION	TIPO	COLUMNAS			NOTAS
			DE	A	TOTAL	
1	IFEC(i) tiempo de la simulación en que ocurre el i-ésimo cambio en el inventario	9	1	5	5	
2	QPRO(i) cantidad de ácido disponible para exportación desde IFEC(i-1), hasta IFEC(i)	9	6	13	8	

CLAVES PARA TIPO : A = ALFABETICO X = ALFANUMERICO 0 = NUMERICO	ANALIZO	PROGRAMO	Va Bo
---	---------	----------	-------

DISEÑO DE TARJETA

PROYECTO	FECHA	HORA
OPIN	MAYO/81	

CODIFICACION	NOMBRE	PROGRAMA	ORIGEN
	REGISTRO-PRODUCCION	INV OPIN	

SECTOR	FORMATO

SECTOR	DESCRIPCION	TIPO	COLUMNAS			NOTAS
			DE	A	TOTAL	
1	Número de cambios en el calendario de ácido disponible para exportación	9	1	2	2	
	Formato (I2)					

CLAVES PARA TIPO: A = ALFABETICO X = ALFANUMERICO g = NUMERICO	ANALIZO	PROGRAMO	Vo Bo

FOPIN INV

PRODUCCION EN PAJARITOS

Número de cambios en el presupuesto
de producción de ácido disponible -
para exportación.

Hora-año en que ocurre el
i-ésimo cambio en el presu
puesto de producción IFEC(i)

Cantidad de ácido disponible -
para exportación por hora des-
de IFEC(i-1) hasta IFEC(i)

i =

i =

i =

i =

i =

i =

5.2 SUBSISTEMA-02

En este subsistema se corre el programa ACIDO FORTRAN, el cual está escrito en GASP-IV y simula al modelo propuesto en el capítulo anterior.

Un modelo de simulación en GASP-IV está constituido por las subrutinas GASP, y por un conjunto de subrutinas que provee el usuario para describir las funciones específicas de su modelo (capítulo III, pág. 17). En el capítulo III se analiza en detalle la lógica del control que realiza GASP-IV en una simulación mixta. Integrando las figuras 3.1 y 3.2 (Pags. 22-25) se obtiene una clara idea de las funciones de las diversas subrutinas que componen un programa codificado en GASP-IV.

Las subrutinas de usuario utilizadas por el programa ACIDO FORTRAN son:

INTLC: Inicializa las variables de usuario y genera los eventos iniciales.

EVNTS: Determina el tipo de evento que se genera y ejecuta la subrutina que simula la dinámica correspondiente.

STATE: Actualiza los valores de las variables de estado (niveles de inventario).

SCOND: Evalúa las condiciones que generan los eventos estado.

OTPUT: Obtiene el reporte de salida y da fin a la simulación de la alternativa.

Las secciones 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4 y 5.2.5 describen, respectivamente estas subrutinas. Un ejemplo del reporte de salida se describe en la sección 5.2.5, ya que corresponde a la subrutina OPUT.

5.2.1 SUBROUTINA INTLC

En esta subrutina se inicializan las variables de usuario. En términos generales, se lee, sucesivamente, la información contenida en los archivos generados en la sección anterior:

Archivo OPERA OPIN. Contiene datos generales de la alternativa y la lista de los eventos a ocurrir. Esta lista se almacena en el archivo calendario de eventos.

Archivo DIST OPIN. Contiene las distancias entre los diversos puertos contenidos en el sistema.

Archivo COSTO OPIN. Contiene los datos necesarios para eva --luar económicamente la alternativa.

Archivo INV OPIN: Contiene el presupuesto de producción de ácido disponible para exportación en Pajaritos.

5.2.2 SUBROUTINA EVNTS

En esta subrutina se identifica al evento generado, para llamar a la subrutina que efectúe la dinámica correspondiente (fig. 5.11).

Los diferentes tipos de eventos que pueden ocurrir fueron detallados cuando se expuso al modelo en el capítulo IV. La lógica de cada subrutina de eventos corresponde a la establecida en dicho capítulo. Las páginas donde se localizan los diagramas de bloque de cada evento son las siguientes:

<u>EVENTO</u>	<u>PAGINA</u>
ATRAQUE	36
OPERACION	38
DESATRAQUE	40
TRAVESIA	42
CRISIS DE ALMACEN	45
ENTREGA DE ACIDO	48

SUBROUTINA EVNTS

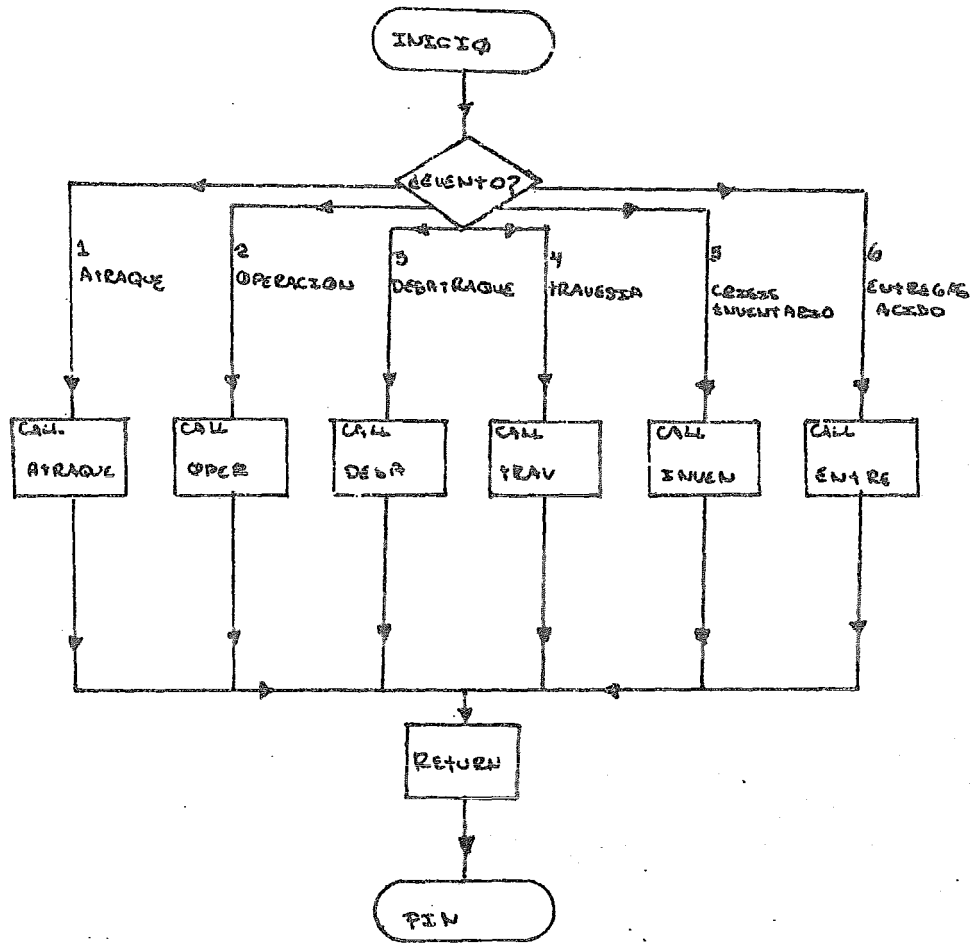


Figura 5.11

5.2.3 SUBROUTINA STATE

En esta subrutina se actualiza al valor de las diferentes variables de estado. Estas variables son los niveles de inventario de hasta tres clientes, de Tampa y de Pajaritos. Las ecuaciones utilizadas en el cálculo de dichos niveles fueron explicadas en el capítulo IV, sección 4.3, páginas 44, 46 y 49

5.2.4 SUBROUTINA SCOND

El objetivo de esta subrutina es determinar si se cumplen las condiciones que originan un evento estado. Una vez actualizadas las variables de estado (niveles de inventario) en la subrutina STATE, la subrutina SCOND las compara contra cero. Si alguna de ellas esta bajo el nivel cero se genera un evento estado "Crisis de Almacén".

5.2.5 SUBROUTINA OTPUT

En esta subrutina se genera el reporte de salida del programa ACIDO FORTRAN. En seguida se presenta un ejemplo de las secciones que lo componen:

SECCION A (Figura 5.12).

Esta sección contiene un resumen de la operación realizada -- por cada barco. Todos los costos involucrados están dados en dólares. En el anexo 1 se presentan las tablas de los códigos utilizados.

- 1.- Puerto y tonelaje en el punto final de la simulación. En la figura 5.12 el primer barco (Virihauve según la tabla de códigos, Anexo 1) quedó vacío al final de la simulación y en el puerto de Tampico.
- 2.- Ruta y operación realizadas. El barco Matarengui (subtítulo a) inició la simulación en Coatzacoalcos [COAT], -- cargando combustible y 11,500. toneladas de ácido (CBUN), posteriormente se dirigió a Jacksonville [JACK] y cargó 3,500. toneladas de ácido [CARG],...,etc.
- 3.- En la ruta del barco se indican, para cada puerto, los totales de los conceptos siguientes, acumulados a través de todo el horizonte de estudio: toneladas cargadas, toneladas descargadas, días que el barco permaneció en el puerto, número de atraques, costo de compra de ácido e ingresos por su venta. En el ejemplo, el barco Matarengui cargó en Jacksonville 48,500. toneladas, no descargó, permaneció 10.99 días en el puerto y atracó cuatro veces. El costo por compra de ácido fue de 17,945,000.00 dólares.

4.- Total de millas recorridas.

5.- Total de días navegados.

6.- Costo de operación del barco desglosado en:

Renta. Costo de rentar el barco 316.52 días, resultado de sumar el total de días que estuvo en puertos (48), más el total de días que navegó (268.52).

Costo del IFO necesario para navegar 268.52 días.

Costo del DO necesario para navegar 316.52 días.

Gastos por atracar en puertos. Es el total de multiplicar las veces que atracó en cada puerto por su costo de atraque.

Costo por paso de canal en Suez.

Costo por paso en Panamá.

Total. Es la suma de todos los conceptos anteriores.

7.- Beneficio por alternativa. Ingresos obtenidos por la comercialización del ácido por el barco. Se obtiene restándole al total de ingreso por venta (I) el total de costo de compra más el total de gastos de operación (II y III).

Beneficio por alternativa = I - (II + III)

••INTERMEDIATE RESULTS••

PUNTO DE TERMINACION DE VIAJE	BARCO	VII	••	PUERTO	TIPO	TONELADAS	0.0	••
PUNTO DE TERMINACION DE VIAJE	BARCO	MAT	••	PUERTO	TIPO	TONELADAS	0.0	••
PUNTO DE TERMINACION DE VIAJE	BARCO	VIS	••	PUERTO	TIPO	TONELADAS	0.0	••

BARCO MAT ← Q

ROUTA Y OPERACION REALIZADAS

QIAT	COIN	11500.00
JACK	CARG	3500.00
STOS	DESC	7500.00
STOS	DESC	7500.00
THPO	HUNK	0.00
JACK	CARG	1500.00
SUEZ	TRAN	0.00
MADR	DESC	5000.00
GOA	DESC	4000.00
GOA	DESC	4000.00
SUEZ	HUNK	0.00
THPO	HUNK	0.00
JACK	CARG	15000.00
SUEZ	TRAN	0.00
MADR	DESC	7000.00
GOA	DESC	8000.00
THPO	DIOS	0.00
PANA	TRAN	0.00
THPO	HUNK	0.00
THPO	CARG	15000.00
SUEZ	TRAN	0.00
MADR	DESC	11000.00
GOA	DESC	4000.00
SUEZ	HUNK	0.00
THPO	HUNK	0.00

SECCION A

Figura 5.12

PUERTO	TON. CARGADAS	TON. DESCARS	Ø. PTO	ATRAQUE	COSTO DE COMPRA	INGRESO POR VENTA
JACK	42500.00	0.0	10.99	4.	0.179450E+08	0.0
MADR	0.0	23000.00	5.76	3.	0.0	0.116680E+08
GOA	0.0	18000.00	4.94	3.	0.0	0.928800E+07
RIN	0.0	7500.00	1.09	1.	0.0	0.348750E+07
STOS	0.0	7500.00	1.09	1.	0.0	0.348750E+07
THPO	0.0	0.0	8.00	4.	0.0	0.0
QIAT	11500.00	0.0	3.63	1.	0.402500E+07	0.0
SUEZ	0.0	0.0	9.75	6.	0.0	0.0
SPIC	0.0	4000.00	1.24	1.	0.0	0.206400E+07
TOT.	60000.00	60000.00	48.00	24.	0.219700E+08	0.301950E+08

TOTAL DE MILLAS RECORRIDAS 82621.00

TOTAL DE DIAS NAVEGADOS 266.52

RENTA	THPO	GO	PUERTO	SUEZ	PANA	TOTAL
2372800.00	1546057.00	124628.69	126500.00	304000.00	0.0	4895065.00

BENEFICIO POR ALTERNATIVA 0.332992E+07

SECCION B (Figura 5.13).

Esta sección presenta con el nombre de barco "TODO", la suma de las partes 3 a la 7, de la sección A, de los barcos considerados. - Además contiene el total de las toneladas faltantes en cada uno de los inventarios simulados.

BARCO TODO

PUERTO	TON. CARGADAS	TON. DESCARGAS	D. PTO	ATRAQUE	COSTO DE COMPRA	INGRESO POR VENTA
VACA	6000.00	0.0	1.61	1.	0.222000E+07	0.
JACK	725 0.00	0.0	19.63	10.	0.271950E+08	0.0
MADH	0.0	64000.00	16.97	9.	0.0	0.330240E+08
GDA	0.0	27000.00	9.01	6.	0.0	0.139220E+08
NOLA	0.0	18000.00	4.84	1.	0.0	0.734630E+07
RID	0.0	25500.00	6.73	4.	0.0	0.178575E+08
STOS	0.0	22500.00	6.17	4.	0.0	0.104625E+08
TMPA	35000.00	0.0	8.59	5.	0.129500E+08	0.0
TMPO	0.0	0.0	16.00	9.	0.0	0.0
COAT	62500.00	0.0	22.09	7.	0.218750E+08	0.0
SUEZ	0.0	0.0	30.50	18.	0.0	0.0
SPIC	0.0	20000.00	6.21	5.	0.0	0.103200E+08
TOT.	177000.00	177000.00	148.14	81.	0.642400E+08	0.869400E+08
TOTAL DE MILLAS RECORRIDAS		259812.00				
TOTAL DE DIAS NAVEGADOS		875.74				

RENTA	IFO	DO.	PUERTO	SUEZ	PANA	TOTAL
7673459.00	480207.00	357934.75	438500.00	716300.00	0.0	13988329.0

BENEFICIO POR ALTERNATIVA 0.871165E+07

TOTAL DE TONELADAS FALTANTES EN MAD 42467.52

TOTAL DE TONELADAS FALTANTES EN GDA 22526.38

TOTAL DE TONELADAS FALTANTES EN SPIC 4276.55

TOTAL DE TONELADAS FALTANTES EN TMPA 34998.32

SECCION B

Figura 5.13

SECCION C (Figura 5.14)

Contiene un resumen del comportamiento estadística de cada una de las variables aleatorias incluidas en el sistema. En el ejemplo, se utilizaron las constantes proporcionadas por el usuario.

C.1. Grupo de parámetros utilizados en la distribución de ca una de las variables aleatorias.

C.2. Análisis estadístico del comportamiento registrado para - cada variable.

Las variables aleatorias utilizadas y su grupo de parámetros - correspondiente son:

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	GRUPO DE PARAMETROS
IATR	Duración de la actividad ataque	01
IGAS	Duración de la actividad carga de combustible: Si la operación incluye además de la erga de com- bustible una carga o des- carga de ácido.	02
	En caso contrario.	03
ICARG	Duración de la actividad carga	04
IDESC	Duración de la actividad descarga	05
IDESA	Duración de la actividad desataque	06

VARIABLE	DESCRIPCION	GRUPO DE PARAMETROS
IMAT	Velocidad del barco Matarengui	07
IVIS	Velocidad del barco Viris	08
IVIH	Velocidad del barco Virihawe	09
ICTR	Velocidad de otro barco ,	10

GAS SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT NUMBER 1 BY OPIN = ACID

DATE 11/ 13/ 1930 RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME = 0.1000E+05

PARAMETER	UNIT	VALUE	MIN	MAX	ESTIMATED
PA:AMF	BT	0.6000E+01	0.0	0.6000E+01	0.0
PA:AMT	BT	0.3000E+01	0.0	0.3000E+01	0.0
PA:AMR	BT	0.2400E+02	0.0	0.2400E+02	0.0
PA:AMC	BT	0.4450E-02	0.0	0.4450E-02	0.0
PA:AMV	BT	0.4450E-02	0.0	0.4450E-02	0.0
PA:AMW	BT	0.7300E-01	0.0	0.7300E-01	0.0
PA:AMX	BT	0.7900E-01	0.0	0.7900E-01	0.0
PA:AMY	BT	0.8600E-01	0.0	0.8600E-01	0.0
PA:AMZ	BT	0.7600E-01	0.0	0.7600E-01	0.0
PA:AA1	BT	0.6300E+01	0.0	0.6300E+01	0.0

C.1

STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION

PARAMETER	MEAN	STD DEV	SD OF MEAN	CV	MINIMUM	MAXIMUM	DBS
IATR	0.5300E+01	0.0	0.0	0.0	0.6000E+01	0.6000E+01	81
IACS	0.3235E+02	0.5646E+01	0.1177E+01	0.1745E+00	0.2400E+02	0.3800E+02	23
ICATG	0.0	0.0	0.0	0.1000E+06	0.0	0.0	23
IOESC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81
INAT	0.6300E+01	0.0	0.0	0.0	0.6000E+01	0.6300E+01	81
IVIS	0.3377E+03	0.2132E+00	0.4446E-01	0.6929E-03	0.3077E+03	0.3377E+03	23
IWIN	0.2791E+03	0.6504E+00	0.1252E+00	0.0	0.3038E+03	0.3338E+03	26
ZOTR	0.0	0.0	0.0	0.2331E-02	0.2791E+03	0.2791E+03	27

NO VALUES RECORDED

C.2

SECCION C

Figura 5.14

SECCIÓN D (Figura 5.15)

Esta sección presenta en la columna SS(1) el inventario final en cada almacén.

SECCIÓN E

Contiene las gráficas de la ruta y operación realizadas por cada barco. Se compone de dos partes:

E.1 (Figura 5.16) Presenta en forma tabular la carga transportada y la hora de simulación en que se registró un atraque o desatraque de cualquiera de los barcos en cualquier puerto. En cada renglón existe solamente una cantidad positiva, que indica la carga que transportaba el barco de la columna en la que se encuentra. Los valores negativos no deben considerarse.

E.2 (Figura 5.17) Esta sección incluye las gráficas de la operación de los barcos que complementan la tabla de la sección E.1. En el margen izquierdo aparecen, la hora de la simulación en que se registró el dato y su correspondiente fecha en el año, cada punto en la gráfica corresponde a un renglón en la tabla. Por ejemplo el barco Matarengui (M) atracó el 10 de junio de 1981 en el puerto de Madrás [hora 161 de simulación], buscando en la tabla correspondiente, en la columna MATARENG se lee que en la hora 161.4 llevaba 15,000. toneladas.

GASP STATE STORAGE AREA DUMP/AT TIME 0.1000E+05

(I)	SS(I)	DD(I)
1	-0.6871E+04	0.0 MADRAS
2	-0.6749E+03	0.0 MANUGOA
3	0.1765E+04	0.0 SPC
4	-0.3500E+05	0.0 TAMPA
5	0.1299E+05	0.0 COATECOALCOS

SECCION D

Figura 5.15

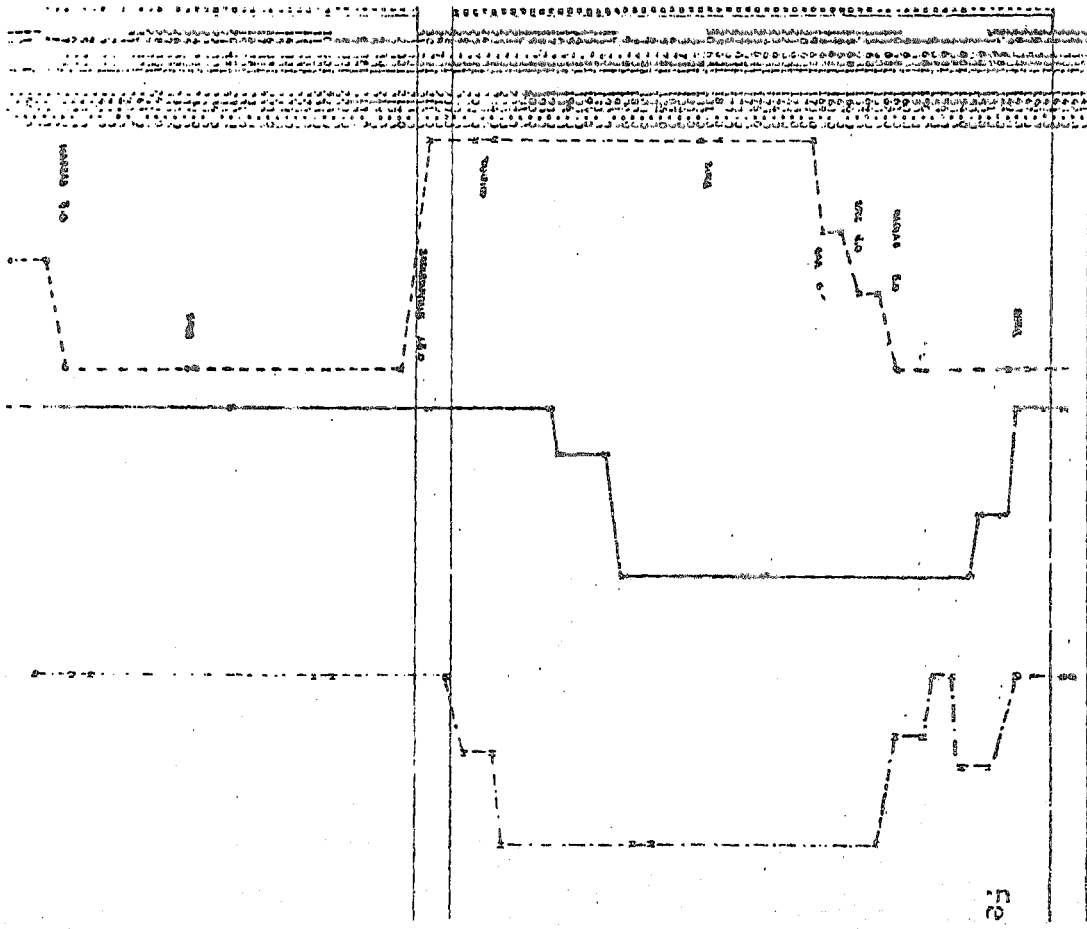
Table with multiple columns of data. The first column contains a series of numbers from 1 to 30. The second column contains a series of numbers from 1 to 30. The third column contains a series of numbers from 1 to 30. The fourth column contains a series of numbers from 1 to 30. The fifth column contains a series of numbers from 1 to 30. The sixth column contains a series of numbers from 1 to 30. The seventh column contains a series of numbers from 1 to 30. The eighth column contains a series of numbers from 1 to 30. The ninth column contains a series of numbers from 1 to 30. The tenth column contains a series of numbers from 1 to 30. The eleventh column contains a series of numbers from 1 to 30. The twelfth column contains a series of numbers from 1 to 30. The thirteenth column contains a series of numbers from 1 to 30. The fourteenth column contains a series of numbers from 1 to 30. The fifteenth column contains a series of numbers from 1 to 30. The sixteenth column contains a series of numbers from 1 to 30. The seventeenth column contains a series of numbers from 1 to 30. The eighteenth column contains a series of numbers from 1 to 30. The nineteenth column contains a series of numbers from 1 to 30. The twentieth column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-first column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-second column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-third column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-fourth column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-fifth column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-sixth column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-seventh column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-eighth column contains a series of numbers from 1 to 30. The twenty-ninth column contains a series of numbers from 1 to 30. The thirtieth column contains a series of numbers from 1 to 30. The thirtieth row is labeled 'OTRO'.

SECCION E.1
TABLAS

Figura 5.16

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

SECCION E.2
GRAFICAS
Figura 5.17



SECCION F

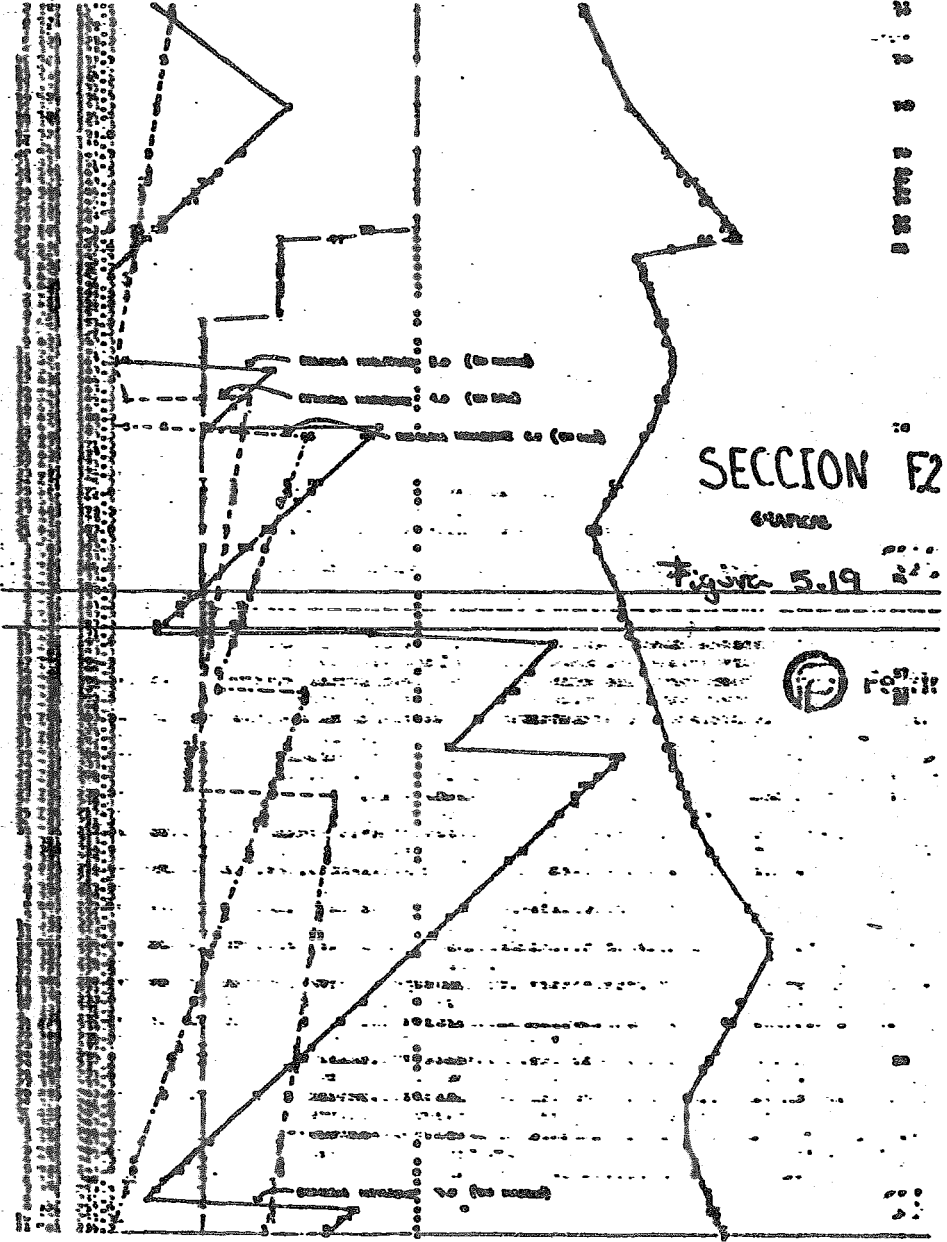
Contiene las gráficas del comportamiento de los niveles de inventario en cada uno de los almacenes. Al igual de las gráficas de la sección E están compuestas por dos partes:

F.1 (Figura 5.18) Hora de la simulación y nivel de inventario registrados para cada almacén. Cada columna identifica un almacén.

F.2 (Figura 5.19) Gráfica de niveles de inventario.

SECCION F.
TABLAS

Figura 5.18



SECCION F2

CHAPARRAL

Fig. 5.19



C A P I T U L O VI

CONCLUSIONES

Durante la etapa de análisis del problema el usuario tuvo una participación intensa, no sólo en lo que toca a la exposición del problema, sino también en la elección de la metodología a usar ya que deseaba principalmente:

- Que los resultados se ajustaran a las políticas de la Empresa.
- Que se tomaran en cuenta sus relaciones comerciales, y
- Que se optimizarán los beneficios.

En base a estas características se propuso el uso de un modelo de simulación para evaluar alternativas que el usuario mismo genera. Esta metodología permitiría seguir las políticas de la Empresa al generar una alternativa, evaluar sus beneficios rápidamente con el modelo y comparar varias alternativas para, en base a su experiencia y tomando en cuenta sus relaciones comerciales, elegir la mejor.

Para la elaboración de un modelo estocástico es necesario tener datos confiables y completos a fin de establecer comportamientos estadísticos cercanos a la realidad. Durante la etapa de modelación surgió la dificultad de obtener datos suficientes y veraces, por esto se optó por utilizar las constantes manejadas en la evaluación manual de alternativas, dando lugar a que el modelo, aún con una estructura estocástica, funcione en forma determinista. Las constantes reflejan la experiencia de usuario durante bastante tiempo y contienen un amplio margen de seguridad.

Al observar los primeros resultados obtenidos del manejo del sistema se puede concluir que:

- La simulación puede ser una técnica eficaz para la planeación de actividades y la toma de decisiones referente a la evaluación de alternativas de exportación de AFGM.

- El usuario se muestra satisfecho con el modelo y confía en los resultados arrojados, ya que en esencia la técnica que utiliza el modelo es la misma que se utilizaba en la evaluación manual de alternativas.

En la actualidad el modelo se usa regularmente y cumple con sus objetivos: Permite fundamentar las decisiones y mejorar así los beneficios obtenidos de la operación de la flota.

A N E X O I

TABLA DE PUERTOS

CLAVE	NOMBRE	CODIGO
01	<i>Morhead</i>	MORH
03	<i>Houston</i>	HOST
04	<i>Jacksonville</i>	JACK
05	<i>Kandla</i>	KADL
06	<i>Madrás</i>	MADR
08	<i>Marmugoa</i>	GOA
09	<i>New Orleans</i>	NOLA
10	<i>Rio Grande</i>	RIO
11	<i>Richards Bay</i>	RBAY
12	<i>Rotherdam</i>	ROTH
13	<i>Santos</i>	STOS
14	<i>Tampa</i>	TAMP
15	<i>Tampico</i>	TMPO
16	<i>Coatzacoalcos</i>	COAT
17	<i>Gabes</i>	GABS
18	<i>Suez</i>	SUEZ
19	<i>Spic</i>	SPIC
22	<i>Panamá</i>	PANA
23	<i>Taiwan</i>	TAIW

TABLA DE BARCOS

CLAVE	NOMBRE	CODIGO
01	<i>Matarengui</i>	MAT
02	<i>Viris</i>	VIS
03	<i>Virihauve</i>	VIH
04	<i>Otro</i>	OTR

TABLA DE OPERACION

CLAVE	TIPO DE OPERACION	CODIGO
01	Carga de ácido	CARG
02	Descarga de ácido	DESC
03	Carga de ácido y carga de combustible	CBUN
04	Descarga de ácido y carga de combustible	DBUN
05	Carga de combustible	BUNK
06	Tránsito por canal	TRAN
07	Dique	DIQE

REFERENCIAS

- 1.- Hillier, F., and Lieberman, G., (1967). "Introduction to Operations Research". Holden-Day Inc., San Francisco.
- 2.- Moore, J.L., Lee, S.M., and Taylor, B.W., (1977). "Combined Continuous-discrete system simulation with GASP-IV", Computers & O.R Vol. 4, No. 2, p.p 129-137.
- 3.-Naylor, Balintfy, Burdik, Kong Chu., (1971). "Técnicas de simulación en computadora", Editorial Limusa, México.
- 4.- Pritsker, A., (1973). "The GASP-IV Simulation Language", Willey - Interscience, Indiana.
- 5.- Wortman, D.B., [1976?]. "An introduction to simulation, simulation languages, and applications of simulation". Pritsker & -- Associates, Inc, documento interno, p.p 1-15, Indiana.

M-0037506