



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**GUADALAJARA**

**LA SIMULACION COMO UNA HERRAMIENTA  
PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO  
DE FLOTILLA OPTIMO**

**MARIA CONCEPCION FERNANDEZ GARCIA**

**T E S I S**

**PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
LICENCIADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL**

**CON RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL DE ESTUDIOS DE  
LA SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA, SEGUN ACUERDO**

**Nº. 81652 CON FECHA 17-XII-81**

**ZAPOPAN, JALISCO**

**AGOSTO 1990**



65909

accuto  
286



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

GUADALAJARA

**LA SIMULACION COMO UNA HERRAMIENTA  
PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO  
DE FLOTILLA OPTIMO**



MARIA CONCEPCION FERNANDEZ GARCIA

UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
SEDE GUADALAJARA  
BIBLIOTECA

**T E S I S**

PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
**LICENCIADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL**

CON RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL DE ESTUDIOS DE  
LA SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA. SEGUN ACUERDO

Nº. 81692 CON FECHA 17-XII-81

ZAPOPAN, JALISCO

AGOSTO 1990

CLASIF: IE IND 1990 FER  
ADQUIS: 65909 - ej-2  
FECHA: 1/02/08  
DONATIVO DE \_\_\_\_\_  
\$ \_\_\_\_\_

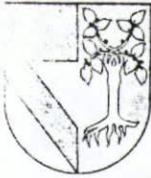
agregar al 8202

LA DIRECCION GENERAL DE INVENTARIOS  
PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO  
DE LA FLOTTA OPTIMO

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS  
DE LA DIRECCION GENERAL DE INVENTARIOS

LICENCIADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL

INFORME DE TRABAJO



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA GUADALAJARA

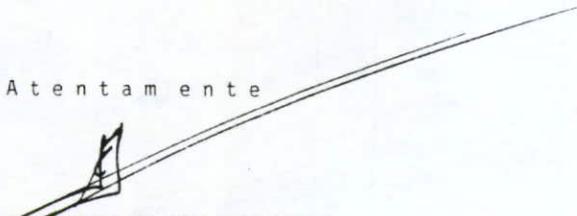
PROLONGACION CALZADA CIRCUNVALACION PONIENTE No. 49  
CD. GRANJA 45010 ZAPOPAN, JAL.  
TELS. 21-59-96, 21-09-97 Y 22-53-35

## DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACION

MA. CONCEPCION FERNANDEZ GARCIA  
P r e s e n t e .

En mi calidad de Presidente de la Comisión de Exámenes Profesionales y después de haber analizado el trabajo de titulación en la alternativa TESIS titulado "LA SIMULACION COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DE FLOTILLA OPTIMO" presentado por usted, le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. jurado del Examen Profesional, por lo que deberá entregar diez ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

A t e n t a m e n t e



EL PRESIDENTE DE LA COMISION

Zapopan, Jal. Enero 7, 1991

## AGRADECIMIENTO

### A DIOS:

POR HABERME DADO LA  
VIDA Y LA OPORTUNIDAD  
DE TERMINAR MIS ESTUDIOS

### A MIS PADRES:

POR DARME LOS CONSEJOS Y  
HERRAMIENTAS NECESARIAS  
PARA TERMINAR LA CARRERA

### A MIS MAESTROS:

POR SU PACIENCIA Y  
DEDICACION

### A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

POR SU AYUDA CONSTANTE  
Y ANIMO EN LOS MOMENTOS  
DIFICILES

A TODAS AQUELLAS PERSONAS  
QUE CON SU AYUDA Y APOYO  
HICIERON POSIBLE ESTA  
TESIS

## INDICE

INTRODUCCION .....	6
CAPITULO I	
CONCEPTOS PRELIMINARES DE LA SIMULACION .	11
1.1 MODELOS DE SISTEMAS .....	12
1.2 MODELO .....	14
1.3 SIMULACION .....	20
1.4 LENGUAJES DE SIMULACION .....	26
1.5 DESCRIPCION DE SLAM .....	32
CAPITULO II	
ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL .....	37
2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO .....	41
2.2 CRITERIOS DE EVALUACION .....	48
CAPITULO III	
EL MODELO DE SIMULACION .....	53
3.1 VARIABLES GLOBALES .....	56
3.2 ATRIBUTOS PARA PEDIDOS .....	58
3.3 ATRIBUTOS PARA PIPAS .....	59
3.4 GATES Y ARCHIVOS .....	60
3.5 PROCESO SLAM .....	62
3.6 REPORTES DE SLAM .....	64
DIAGRAMAS DE FLUJO .....	68
LISTADO DEL PROGRAMA .....	77

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS .....	85
4.1 ANALISIS ECONOMICO .....	94
CONCLUSIONES .....	97
GLOSARIO .....	100
ANEXOS .....	113
BIBLIOGRAFIA .....	130

INTRODUCCION

Una necesidad siempre presente en todas las empresas es la de analizar en forma eficiente sus propias operaciones.

Conocer de manera confiable su comportamiento contra un estándar que es factible optimizar, y que permite a la Dirección General de la empresa tomar decisiones acertadas, a tiempo, para hacer más eficiente su operación y tener una mejor utilización de sus recursos, eliminando el riesgo de costosos errores en tiempo y dinero tanto por quedar corto en la solución, como por excederse en ella.

Existen además necesidades de crecimiento:

Ampliación de instalaciones, nuevas líneas de producto, ya sea en las mismas líneas de operación o en otras de nueva creación, lograr un mayor volumen de producción mediante la adición de algún equipo o equipos que eliminen un posible cuello de botella en las líneas actuales, etc.

En fin, una compleja gama de necesidades que representan para la Dirección de la empresa otras

tantas necesidades de decisión, con posibilidades de error o de acierto.

Existe la herramienta adecuada para lograr este tipo de análisis, la Simulación de Sistemas por Computadora.

La Simulación permite a la Dirección de una empresa, desarrollar un modelo de su operación en el que variando los diversos factores se puede predecir con un alto grado de confiabilidad, cuál sería el resultado de cambios propuestos, determinando cuáles son las áreas en que se requiere más personal, reforzar una operación, adquirir un nuevo equipo, o adicionar una línea.

El objeto de esta Tesis es el de presentar los aspectos generales de la Simulación, además de una aplicación práctica al resolver el problema de determinar el tamaño de flotilla "óptimo" con el que debe contar la industria tequilera. Partimod de la condición que inicialmente no se cuenta con pipas propias o externas, las cuales se irán aumentando hasta encontrar la combinación que de los resultados óptimos.

Durante el desarrollo de la tesis se presenta con más detalle la situación actual y cuales fueron los supuestos para cada corrida en particular y llegar

finalmente a recomendar un tamaño determinado de flotilla.

Para lograr esto, la tesis se dividió en los siguientes capítulos:

Capítulo I .- Se refiere a los aspectos generales de la simulación, los distintos conceptos que se manejan, el alcance que puede tener el modelo, los lenguajes utilizados y en forma específica el lenguaje SLAM, el cual es necesario conocer para poder entender cabalmente el tema que se trata.

Capítulo II .- Planteamiento del problema que se pretende resolver, mencionando los criterios utilizados al desarrollar el modelo, así como el diagrama de flujo de la operación, para que sea más fácil su comprensión.

Capítulo III.- Tabla de resultados de todas las corridas del modelo realizadas para obtener un análisis de sensibilidad de los factores variables y así tener una base para la decisión final.

Capitulo IV .- Resultados de la política óptima  
indicando las razones por la que se  
eligió.

Finalmente se presentan las conclusiones a las  
que se llegó al final del estudio y las recomendacio-  
nes que se le harían a la Dirección de la empresa  
para tomar una decisión determinada.

CAPITULO I CONCEPTOS PRELIMINARES DE LA SIMULACION

## 1.1 MODELOS DE SISTEMAS

Existen varias definiciones que es importante conocer antes de entrar a la solución del problema (1).

**SISTEMA:** Es un agregado o conjunto de objetos reunidos en alguna interacción o interdependencia regular, para llevar a cabo una función específica.

**ENTIDAD:** Es el objeto de interés de un sistema.

**ATRIBUTO:** Denota una propiedad de una entidad.

Cada entidad puede tener muchos atributos.

**ACTIVIDAD:** Es todo proceso que provoque cambios en el sistema.

A continuación se presenta una tabla en la que se muestran algunos ejemplos para identificar las diferencias entre entidades, atributos y actividades dentro de un sistema.

SISTEMA	ENTIDADES	ATRIBUTOS	ACTIVIDADES
TRAFICO	AUTOS	VELOCIDAD DISTANCIA SALDO	MANEJO
BANCO	CLIENTES	ESTADO DE CREDITO	DEPOSITOS
COMUNICACIONES	MENSAJES	LONGITUD PRIORIDAD	TRANSMISION

FIGURA 1 EJEMPLOS DE SISTEMAS

FUENTE: SIMULACION DE SISTEMAS

GEOFFREY GORDON (P 17)

**ESTADO DEL SISTEMA:** Es una descripción de todas las entidades, atributos y actividades relevantes de acuerdo con su existencia en algún punto del tiempo.

**MEDIO AMBIENTE DEL SISTEMA:** Es el conjunto de elementos externos al sistema, cuyo cambio genera una modificación en su comportamiento. Es algo fuera del sistema.

**RECURSOS DEL SISTEMA:** Los recursos se encuentran dentro del sistema y son los entes por los cuales el sistema lleva a cabo sus funciones para cumplir el objetivo.

**COMPONENTES O ELEMENTOS DEL SISTEMA:** Son los elementos que le dan coherencia al sistema y miden sus funciones.

**ADMINISTRACION:** Determina las metas que deben de cumplir los elementos del sistema, les asigna recursos y controla la actuación del sistema.

**RELACIONES:** Describen la forma de unión entre los elementos del sistema.

(1) GORDON geoffrey, "Simulación de sistemas", p15.

## 1.2 MODELO

### 1.- DEFINICION DE MODELO.

Gordon define al modelo como una representación del objeto, sistema o idea en alguna forma y su propósito es el ayudar a explicar, entender o mejorar su comportamiento.

Primeramente se debe de determinar claramente el propósito del modelo, identificar el problema que se requiere resolver, así como el sistema que se estudiará; ya que todos los sistemas dependen de otros sistemas mayores, por tanto se deben especificar las condiciones frontera de nuestro sistema en cuestión.

Un modelo nos puede servir para explicar o entender el comportamiento del sistema y para predecirlo.

### 2.- CLASIFICACION

En ocasiones la clasificación se hace en base a la naturaleza del sistema que modelan. Los modelos pueden ser físicos o matemáticos. Una segunda clasificación se hace en modelos estáticos y modelos dinámicos. En el caso de los modelos matemáticos se dividen a su vez en método analítico y numérico.

En la siguiente figura se muestra la clasificación de los modelos descritos anteriormente.

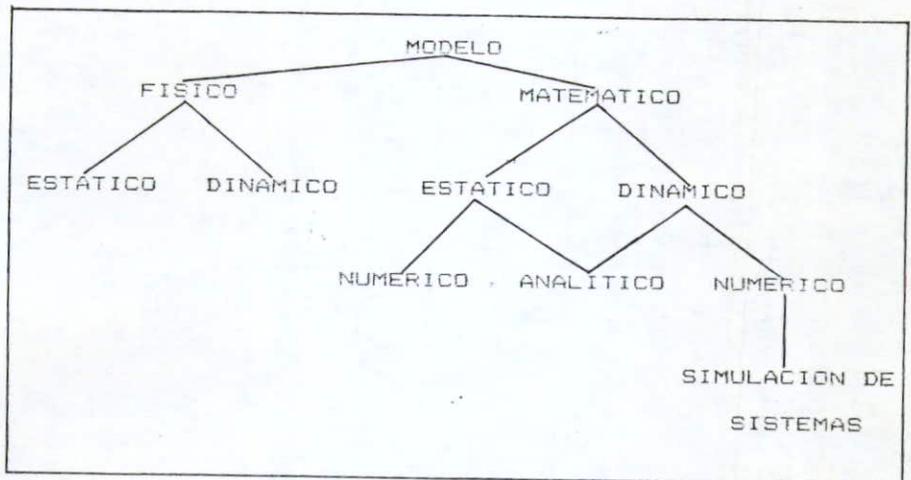


FIGURA 2 TIPOS DE MODELOS

FUENTE: SIMULACION DE SISTEMAS

GEOFFREY GORDON (P 22)

**MODELO FISICO:** Es aquel cuyo comportamiento representa el sistema que se estudia, las actividades del sistema se reflejan en las leyes físicas que subyacen al modelo.

Los ejemplos mejor conocidos de los modelos físicos son modelos a escala (modelos estáticos). Las leyes bien establecidas de la similitud permiten realizar deducciones exactas relativas del comportamiento de un sistema a escala natural a partir del modelo a escala.

Los modelos físicos dinámicos se apoyan en una analogía entre el sistema que se estudia y algún otro sistema de alguna naturaleza distinta, en que por lo general la analogía depende de una similitud subyacente en las fuerzas que gobiernan el comportamiento de los sistemas.

#### CARACTERISTICAS DE LOS MODELOS FISICOS

- Los atributos de las entidades del sistema se representan mediante medidas físicas, tales como voltajes o la posición de un eje o flecha.

- Las actividades del sistema se reflejan en leyes físicas.

- Los modelos estáticos como las maquetas o planos de distribución se utilizan para visualizar las relaciones entre las diferentes partes.

- Los modelos dinámicos se utilizan para facilitar y obtener un menor costo al realizar las pruebas, como puede ser el presentar la similitud de la forma de fluir el agua para diseñar una red de tubería con la la forma de la corriente dentro de un sistema eléctrico.

**MODELOS MATEMATICOS:** Son aquellos en los cuales las entidades y sus atributos se representan mediante variables matemáticas. Las actividades se describen mediante funciones matemáticas que interrelacionan las variables.

Un modelo estático despliega las relaciones entre los atributos del sistema cuando éste está equilibrado. Dependiendo de la naturaleza del modelo, es posible resolverlo analíticamente o puede ser necesario resolverlo numéricamente.

Un modelo matemático dinámico permite deducir los cambios de los atributos del sistema en función del tiempo, dependiendo de la complejidad del modelo, la deducción puede hacerse con una solución analítica o con un cómputo numérico.

#### CARACTERISTICAS DE LOS MODELOS MATEMATICOS

- Las entidades de un sistema y sus atributos se representan mediante variables matemáticas.

- Las actividades se describen mediante funciones matemáticas que interrelacionan las variables.

### 3.- ESTRUCTURA DE LOS MODELOS

La estructura de un modelo está formada por los siguientes puntos:

- a) Resultados.
- b) Variables y parámetros controlables.
- c) Variables y parámetros no controlables.
- d) Las relaciones entre las variables controlables y las no controlables.

En la mayoría de los casos los modelos se estructuran con alguna combinación de los siguientes elementos: (2)

1.- Componentes: Son todas aquellas partes que constituyen el sistema.

2.- Parámetros: Son las cantidades por las cuales se pueden asignar valores arbitrarios al modelo.

3.- Variables: Los valores de las variables las puede asignar el usuario o tomar sus valores que su misma función les determina. A las primeras se les llama variables exógenas y a las segundas se les denomina variables endógenas.

4.- Relaciones Funcionales: Describen a las variables y los parámetros, mostrando su desarrollo dentro de una componente o entre componentes dentro del sistema.

5.- Restricciones: Son las limitaciones impuestas sobre los valores de las variables o la forma en que los recursos pueden ser asignados.

6.- Criterios Funcionales: Es una función explícita de los objetivos y metas del sistema y como éstos serán evaluados. El criterio debe plantearse sin ambigüedades en función de las metas y los objetivos. El criterio tiene una gran influencia e importancia en el momento de diseñar y operar el modelo.

(2) PEREZ Ramón: "UN MODELO DE SIMULACION PARA LA CONSTRUCCION DE ESCOLLERAS", p 10

### 1.3 SIMULACION

**SIMULACION DE SISTEMAS:** Es la técnica de resolver problemas siguiendo los cambios en el tiempo de un modelo dinámico de un sistema.

Las simulaciones basadas en los sistemas continuos, que utilizan conjuntos de ecuaciones diferenciales para describirlos se llaman **simulaciones continuas**.

Las simulaciones basadas en los sistemas discretos, que utilizan primordialmente ecuaciones lógicas, que presentan las condiciones para que se cumpla un evento, se llaman **simulaciones discretas**.

Cabe mencionar que el proceso de realizar una simulación incluye, tanto la construcción del modelo como el uso y el análisis de resultados para el problema propuesto. Los modelos de simulación son una metodología aplicable para:

- Describir el comportamiento del sistema.
- La construcción de teorías o hipótesis que informan sobre el comportamiento observado.
- Predecir el comportamiento futuro, esto es, los efectos que se producirán por los cambios realizados en el sistema o en sus métodos de operación.

La función más importante de los modelos de simulación, es aquella dirigida hacia la predicción y la comparación, puesto que brinda una forma de pronosticar los eventos y comparar los resultados de las diferentes alternativas.

#### CARACTERISTICAS DE LA SIMULACION

- El modelo debe concordar con la operación del sistema.

- Debe de involucrarse con la solución de problemas reales.

- Ha de utilizarse como una herramienta para el beneficio de aquéllos que tienen el control del sistema o a los interesados en su desarrollo.

Por tanto, el modelo sólo debe de incluir aquellos aspectos del sistema que sean relevantes para el objetivo del estudio.

Los modelos de simulación únicamente pueden ser empleados, como instrumentos para el análisis del comportamiento de un sistema bajo condiciones especificadas por el investigador. Por tal razón, la simulación no es una forma de presentar el problema, pero sí es una metodología de resolverlo.

Las desventajas al utilizar la simulación: (2)

a) Existe la imposibilidad de incluir todas las variables para que la simulación sea exacta a la realidad.

b) No siempre es posible explorar el número de alternativas que se tienen en la realidad.

c) Cuando las personas forman parte integral del sistema, y se pretende simular su comportamiento, éste se verá modificado por saberse bajo observación.

Los siguientes puntos son algunos criterios que nos permiten obtener un buen modelo de simulación

1.- Simple de entender para el usuario.

2.- Metas y propósitos directos.

3.- Adecuados (las respuestas no serán absurdas).

4.- Fácil de controlar y manipular para el usuario.

5.- Completo (con los elementos importantes).

6.- Adaptable (con un procedimiento fácil de modificar).

7.- Evolutivo (en el sentido de iniciarlo en forma simple y transformarlo en complejo).

(2) PEREZ Ramón, "UN MODELO DE SIMULACION PARA LA CONSTRUCCION DE ESCOLLERAS", p 19

## PASOS INVOLUCRADOS EN LA CONSTRUCCION DE MODELOS DE SIMULACION

Los pasos básicos en el proceso de simulación son:

- 1.- Definición del problema.
- 2.- Plan de estudio.
- 3.- Formulación de un modelo matemático.
- 4.- Construcción de un programa de computadora para el modelo.
- 5.- Validación del modelo.
- 6.- Diseño de experimentos.
- 7.- Ejecución de la corrida de simulación y análisis de resultados.

Los dos primeros pasos son definir el problema y planear el estudio. No debe desarrollarse ningún estudio, simulación o algo parecido, hasta que se tenga bien claro el problema y los objetivos.

El tercer paso consiste en construir un modelo, decidiendo los aspectos del comportamiento del sistema y si es necesario, reunir los datos para proporcionar parámetros correctos para el modelo.

El cuarto paso es una tarea bien definida, ya que el modelo indica que es lo que debe de programarse, no necesariamente es una tarea sencilla, en la práctica la dificultad de programar un modelo es por la forma en que se construye.

La validación de un programa es un paso que requiere una buena cantidad de juicio. La validación se desarrolla examinando la versión del modelo en la computadora.

Para ayudar a aclarar el estudio se utilizará el término experimento para indicar la prueba de un sistema determinado que opere bajo un conjunto de condiciones. El término corrida de simulación significará una sola ejecución de una configuración experimental. Una observación será una sola medición de una variable del sistema. Un experimento es la colección de todas las corridas con una configuración de sistemas.

El último paso es ejecutar las corridas de simulación e interpretar los resultados.

#### SIMULACION DE SISTEMAS CONTINUOS

Un sistema continuo es aquél en que las actividades predominantes del sistema provocan cambios suaves en los atributos de las entidades del mismo.

Cuando se modela matemáticamente al sistema, las variables del modelo que representan los atributos se controlan mediante funciones continuas.

El método de aplicar la simulación a los modelos continuos puede desarrollarse mediante modelos en los que las ecuaciones diferenciales son lineales y tienen coeficientes constantes, y luego generalizar con ecuaciones más complejas.

## 1.4 LENGUAJES DE SIMULACION

Existen básicamente dos tipos de lenguajes que pueden ser utilizados en la creación de un modelo de simulación:

- 1) Los lenguajes generales FORTRAN, BASIC, etc.
- 2) Los lenguajes específicos, DYNAMO, GPSS, SLAM, etc.

Las ventajas de los modelos de simulación con fines específicos, son las siguientes:

- a) Reducen la tarea de programación.
- b) Proporcionan una guía conceptual para el desarrollo del modelo.
- c) Ayudan a la definición de los tipos de entidades que tendrá el sistema.
- d) Proporcionan una gran flexibilidad para realizar cambios.
- e) Brindan un medio de diferenciación entre las entidades de una misma clase por medio de sus características o propiedades.
- f) Describen las relaciones entre las entidades y éstas con el medio ambiente que tienen en común.

## ELEMENTOS DE LOS LENGUAJES DE SIMULACION

- 1.- Creación de números aleatorios.
- 2.- Creación de variables aleatorias.
- 3.- Avance de tiempo, ya sea por unidad de tiempo o por evento siguiente.
- 4.- Salida de datos generados durante la corrida.
- 5.- Recolección de estadísticas.
- 6.- Arreglo de datos e información según un formato dado.
- 7.- Detección y reporte de inconsistencias en la lógica y otros errores en las condiciones.

## ESTRUCTURA DE UN MODELO UTILIZANDO PROGRAMAS DE SIMULACION

- 1.- Se conceptualiza un conjunto de entidades que pueden ser modificadas o calificadas por sus características, llamadas atributos.
- 2.- Las entidades interactúan con las actividades específicas cuando las primeras cumplen con ciertas condiciones, las cuales determinan la secuencia de las interacciones.
- 3.- Las interacciones son consideradas como eventos en el sistema, los cuales dan por resultado cambios en el estado del sistema.

## MODELACION DISCRETA

El propósito de un modelo de simulación es el de reproducir las actividades para conocer más acerca del desarrollo del sistema. En los modelos de tipo discreto, lo anterior se realiza mediante la definición de los estados del sistema y de las condiciones y actividades necesarias que permiten al modelo pasar de un estado a otro. Los atributos de las entidades corresponden a las variables dependientes que se representan en la realidad.

En la simulación de tipo discreto, el estado de un sistema puede cambiar únicamente en los tiempos definidos para los eventos.

Un modelo de simulación tipo discreto puede formularse en alguna de las siguientes formas:

- 1) Definiendo los cambios que se tendrán conforme se van presentando los eventos en cada uno de sus tiempos de evento.

- 2) Por la descripción de las actividades en las cuales las entidades dentro del sistema se ven afectadas.

- 3) Por la descripción del procedimiento a través del cual, las entidades fluyen.

Las formas anteriores nos dirigen hacia tres posibles enfoques o alternativas para la simulación tipo discreta.

- a) Orientado a eventos.
- b) Orientado a la actividad de búsqueda.
- c) Orientado a proceso.

#### A) ENFOQUE ORIENTADO A EVENTOS

En el enfoque orientado a eventos un sistema se modela por la definición de los cambios que se presentan en el tiempo en que ocurren los eventos. Dichos cambios permiten que el sistema pase de un estado a otro. La tarea de modelar con simulación discreta radica en la determinación de los eventos que pueden cambiar al estado del sistema y entonces desarrollar la lógica asociada con cada uno de los tipos de eventos que se tenga cuando éstos ocurren.

#### B) ENFOQUE DE MONITOREO DE ACTIVIDADES

En el enfoque de monitoreo de actividades, el modelista describe las actividades en que se involucran las entidades en el sistema y fija de antemano las condiciones para que una actividad inicie o termine. Este enfoque es particularmente apropiado para situaciones donde la duración de una actividad es indefinida y es determinada por el estado del sistema que satisface una condición prefijada.

### C) ENFOQUE ORIENTADO A PROCESO

En muchos modelos de simulación se incluye la secuencia en que los elementos participan en un comportamiento definido.

La lógica asociada con la secuencia de eventos puede generalizarse y definirse por una serie de instrucciones. El lenguaje de simulación puede traducir tales instrucciones en una secuencia apropiada de eventos. Un lenguaje con orientación a proceso, utiliza dichas instrucciones para modelar el flujo de entidades a través del sistema.

En la orientación a procesos se combinan algunas características de la orientación a evento y la orientación a la búsqueda de actividad, ya que se proporciona una descripción del flujo de las entidades a través del proceso en el cual se utilizan ciertos recursos.

### MODELACION CONTINUA

En un modelo de simulación tipo continuo el estado del sistema se presenta por medio de la variable dependiente cuyos valores cambiarán en forma continua durante el tiempo de simulación. Para distinguir las variables de cambio continuo de las de

cambio discreto se hace referencia a las variables de estado. Un modelo de simulación continua se estructura mediante la definición de las ecuaciones para un conjunto de variables de estado cuyo desarrollo dinámico simula el sistema real. Algunas veces los sistemas continuos se representan utilizando ecuaciones diferenciales.

## 1.5 DESCRIPCIÓN DE SLAM

SLAM es un nuevo lenguaje de simulación para la modelación de alternativas. Más propiamente, es un mero lenguaje desarrollado en FORTRAN que permite la construcción de modelos de simulación desarrollados con cualquiera de los tres diferentes enfoques. SLAM proporciona los símbolos de proceso para la representación gráfica del modelo para que posteriormente sea traducido a una serie de instrucciones de entrada directa a la computadora. Adicionalmente SLAM contiene una serie de programas que soportan los modelos desarrollados desde enfoques de eventos discretos o continuos. También especifica la estructura para la organización y construcción de dichos modelos. Mediante la combinación de la conceptualización tipo proceso (red), del tipo evento discreto o del tipo continuo, SLAM permite que los sistemas se observen desde las perspectivas de un proceso, de un evento o de un estado variable. Las alternativas anteriores, son propuestas por SLAM para proporcionar una estructura unificada para la modelación de los sistemas desde cualquier enfoque.

En SLAM, un cambio discreto del sistema puede modelarse como orientado a evento, orientado a proceso o a ambos. Los cambios de tipo continuo en el sistema se llevan a cabo mediante ecuaciones diferenciales

o por incrementos. La combinación de cambios discreto-continuos, en el sistema, puede modelarse mediante la combinación:

- 1) Orientado a evento.
- 2) Orientado a proceso.
- 3) Orientado a continuo.

Adicionalmente, SLAM incorpora una serie de características que corresponden al enfoque orientado a la actividad de búsqueda.

La orientación a proceso de SLAM utiliza una estructura tipo red que comprende un conjunto de símbolos especializados llamados nodos y ramas. Estos símbolos representan elementos del modelo tales como "colas", "servidores" y "puntos de decisión". La tarea de modelar consiste en combinar los símbolos de tal forma en una red, que nos represente al sistema de interés. Dicho de otra forma, una red es la representación esquemática de un proceso. Las entidades en el sistema, tales como personas y artículos, fluyen a través de la red. La representación del sistema se transcribe en instrucciones para que el modelo sea la entrada del procesador SLAM.

En la orientación a eventos de SLAM, se definen los eventos y los potenciales cambios al sistema cuando dichos eventos ocurran. Las relaciones matemáticas correspondientes a los cambios asociados con cada uno de los eventos se codifican como

subrutina en FORTRAN. SLAM proporciona un conjunto de subprogramas de tipo estándar para la realización de funciones comunes del tipo evento discreto tales como programación de eventos, manejo de archivos, recolección de estadísticas y la generación de muestras aleatorias. El control ejecutivo del programa de SLAM, controla la simulación mediante el avance del tiempo y la inicialización de las variables y parámetros llamando a las respectivas subrutinas de los eventos en el punto preciso del tiempo simulado. Lo anterior elimina la tarea de llevar a cabo la secuenciación de los eventos que ocurren en orden cronológico.

Un modelo del tipo continuo se codifica en SLAM por medio de la especificación de las ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento dinámico de las variables de estado. Estas ecuaciones se codifican en FORTRAN para emplear un conjunto de arreglos definidos especiales de SLAM. Los valores de la "i-ésima" variable de estado se representa como la variable  $SS(i)$  y su derivada, cuando se requiere, se encuentra como la variable  $DD(i)$ . El valor anterior inmediato para la variable de estado "i" y su derivada se encuentran como las variables  $SSL(i)$  y  $DDL(i)$  respectivamente. Cuando las ecuaciones diferenciales se incluyen en los modelos continuos, se integran automáticamente por SLAM para calcular el valor de las variables de estado dentro de la

precisión preestablecida.

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

- Las entidades en una red pueden inicializar la ocurrencia de eventos discretos.

- Los eventos pueden alterar el flujo de las entidades en una red.

- Las entidades en una red pueden causar cambios instantáneos a los valores de las variables de estado.

- Las variables de estado que han alcanzado su valor límite pueden inicializar entidades en la red.

- Los eventos pueden causar cambios instantáneos a los valores de las variables de estado.

- Las variables de estado que han alcanzado su valor límite pueden inicializar eventos.

NOTA:

Al hablar de variables de estado, nos estamos refiriendo a variables que cambian continuamente en el tiempo, sin importar si se efectúa algún cambio en el sistema debido a eventos o alguna condición definida por el programador.

Tomaremos como ejemplo un sistema de calefacción de una habitación.

El sistema completo estará constituido por la casa y el medio exterior a ésta.

Una variable de estado podría ser la temperatura que fluye de la casa hacia el exterior, sin tomar en cuenta el valor de este diferencial que cambia dependiendo de la temperatura que exista en la casa, únicamente en el momento en que la temperatura tanto en el interior como en el exterior sea la misma, ese flujo de temperatura dejará de existir.

CAPITULO II ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

Se trata de una industria tequilera, ubicada en la ciudad de Guadalajara, el producto que nos ocupa en este análisis, tiene a la mayoría de sus clientes en la ciudad de México y sus alrededores.

A esta empresa, le interesa determinar el tamaño de flotilla que debe manejar para dar un mejor servicio a sus clientes, ya que actualmente no cuenta con pipas de exclusividad y se pierde mucho tiempo en encontrar una pipa externa y en el momento en que se encuentra, ésta tiene que entrar a limpieza, la cual, por no tener un control del producto que se cargó anteriormente es muy prolongada.

Para poder determinar el tamaño de la flotilla, deben considerarse todos los pasos que la pipa realiza, desde el momento en que está lista para iniciar un viaje hacia México, hasta su regreso al departamento de ventas; en caso de que la pipa sea externa. Si la pipa es de exclusividad, ésta debe regresar a Guadalajara después de entregar documentación en el departamento de ventas.

Lo primero es contar con pipas disponibles, ya sean de exclusividad o externas y que se hayan confirmado pedidos.

En cuanto se tienen pipas disponibles se inspeccionan para entrar a limpieza y poder estar seguros de que ésta no contiene ningún contaminante para el producto que se maneja. Cuando la pipa está

lista para poder cargar se tiene que esperar a que los pedidos se confirmen, y es en este momento en que la pipa espera ser cargada, dado que únicamente se cuenta con una línea de carga. Una vez cargada la pipa, se realiza una inspección para verificar la calidad del producto que se enviará y se le colocan unos sellos que cuales únicamente el cliente puede quitar. Si la pipa pasa la inspección de calidad, esta puede iniciar el viaje a México. Allí la pipa llega al departamento de ventas, en donde se confirma a qué cliente debe entregar.

Con cada cliente, la pipa debe esperar a que se le dé entrada a las instalaciones. Ya dentro, se realiza una inspección de calidad, y así el cliente acepta o no la mercancía.

En cuanto se autoriza la descarga, la pipa pasa a descargar el producto y posteriormente regresa al departamento de ventas para entregar la documentación correspondiente y así poder iniciar el viaje de regreso a la ciudad de Guadalajara, en caso de ser pipa de exclusividad. Si la pipa es externa, en ese momento se pierde el control sobre la pipa.

En Guadalajara, la pipa debe llegar a limpieza, esta limpieza se realiza con mucho cuidado, ya que el producto que transporta es alimenticio y altamente contaminable.

Durante el tiempo que la pipa permanece en planta, se realiza el mantenimiento necesario para

que la posibilidad de falla durante los viajes sea menor.

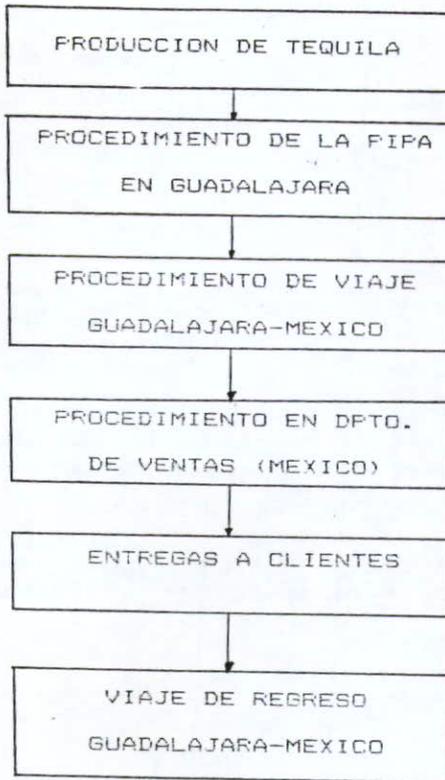
En cuanto esta operación termina, la pipa queda lista para esperar un nuevo pedido e iniciar todo el proceso nuevamente.

Actualmente el tiempo en planta es muy prolongado y en ocasiones es innecesario que las pipas - permanezcan tanto tiempo ahí. Esto se da por el hecho de no contarse con pipas de exclusividad, ya que por no tener control sobre las pipas externas, no se sabe qué producto cargaron anteriormente y esto hace que el tiempo en planta se excesivo.

A continuación se presenta un diagrama de bloques en el que se indican los pasos que sigue la pipa para cumplir con el proceso completo.

Cada una de las etapas se explica a detalle más adelante.

## 2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO



## DESCRIPCION DE CADA UNA DE LAS ETAPAS

### PRODUCCION DE TEQUILA

Diariamente se producen 50 ton, las cuales se asignan completamente para el consumo de los clientes en México.

### PARAMETROS ACTUALES

- |  |          |
|--|----------|
| 1) PRODUCCION DIARIA                                 | 50 TON.  |
| 2) PRODUCTO DISPONIBLE AL INICIO<br>DE LA SIMULACION | 300 TON. |

### PROCEDIMIENTO DE LA PIPA EN GUADALAJARA

En cuanto la pipa llega a Guadalajara, entra directamente a limpieza, en donde se realiza una inspección para determinar si la pipa no tiene óxido, olores o cualquier otro contaminante para nuestro producto. Como ya se mencionó anteriormente, este tiempo es muy prolongado por no contarse con pipas de exclusividad. El tiempo en planta se compone de tiempos de carga, tiempos de limpieza y posibles demoras (por el tiempo que deben esperar la carga, documentación, etc); también en este tiempo se le realiza a la pipa el mantenimiento preventivo necesario.

Una vez que la pipa está lista para cargar, espera su turno, ya que sólo se cuenta con una línea de carga. Después de haber cargado, se realiza una inspección de calidad para darle salida a la pipa,

entregándole la documentación necesaria.

#### PARAMETROS ACTUALES

- 2) El horario de carga en Guadalajara es de 8 de la mañana a 6 de la tarde.
- 3) Actualmente, el tiempo que la pipa permanece en planta es aproximadamente de 20 horas.

#### PROCEDIMIENTO DE VIAJE MEXICO-GUADALAJARA Y GUADALAJARA-MEXICO

En cuanto la pipa está cargada y pasó satisfactoriamente la prueba de calidad, inicia el viaje hacia México. Para poder contemplar un posible retraso debido a fallas de la pipa, los tiempos de viaje y falla se manejan probabilísticamente de la siguiente forma:

	PROBABILIDAD	TIEMPO
VIAJE NORMAL	97%	15 HORAS.
VIAJE CON FALLA	3%	30 HORAS.

En realidad el viaje depende del gusto del chofer (aprovechar la noche para viajar o esperar al día siguiente), esto afecta directamente a la imagen que la empresa tiene con sus clientes, ya que si las pipas son de exclusividad, se tiene un control sobre ellas en el departamento de ventas y así se les puede

establecer la hora conveniente para viajar, la hora para llegar a México y no descuidar a nuestros clientes, lo que no es posible si las pipas son externas.

Para el programa, se está considerando que el viaje inicia en cuanto la pipa está cargada y documentada.

#### PROCEDIMIENTO EN MEXICO

La pipa que llega de Guadalajara al departamento de ventas debe quedar asignada a un cliente.

#### PARAMETROS ACTUALES

- 1) El horario del departamento de ventas es desde las 8 de la mañana, hasta las 5 de la tarde.
- 2) Existe una demora distribuida uniformemente entre 2 y 3 horas, para poder entregar la documentación o confirmar a qué cliente al que debe de ir la pipa.

#### PROCEDIMIENTO DE ENTREGA CON CADA CLIENTE

En cuanto se conoce con qué cliente va la pipa, ésta se traslada al lugar en donde debe descargar. Con cada uno de los clientes, se verifica la calidad del producto y si es aceptada, se descarga, para finalmente regresar al departamento de ventas a entregar la documentación y regresar a Guadalajara.

Para la clasificación de los clientes se realizó un estudio, basado en la demanda que cada uno de éstos tiene de nuestro producto y se llegó a la conclusión de que son tres los grupos en los que se pueden dividir; éstos son:

TIPO DE CLIENTE	% DE PRODUCCION ASIGNADA
A	60
B	20
C	20

El tiempo de traslado del departamento de ventas a cada cliente es fijo, esto para los clientes tipo A y B; para los clientes tipo C, existen varias distancias, debido a que éstos están en lugares muy diferentes. Por tanto el tiempo de traslado se manejará con probabilidad, como se menciona a continuación.

#### PARAMETROS ACTUALES

1)	PROBABILIDAD	DURACION
A		3/4 HORA
B		1/2 HORA
	0.35	1 HORA
C	0.25	2 HORAS
	0.17	3 HORAS

	0.04	4 HORAS
C	0.00	5 HORAS
	0.14	6 HORAS
	0.05	7 HORAS

2) Los clientes tienen tiempos diferentes para descargar, estos horarios son los siguientes:

CLIENTE	HORARIO
A	DE 7 A 17 HORAS
B	LAS 24 HORAS
C	DE 7 A 15 HORAS

3) Los tiempos de descarga también son diferentes, debido al número de entregas que se deben hacer con cada uno. Para los clientes tipo C se maneja con una distribución de probabilidades.

CLIENTE	PROBABILIDAD ACUMULADA	TIEMPO DE DESCARGA
A		DE 3 A 6 HRS.
B		DE 3 A 5 HRS.
C	0.625	DE 3 A 6 HRS.
	0.375	DE 3 A 6 HRS.
		MAS UN TIEMPO CONSTANTE DE 24 HORAS

## CONSIDERACIONES GENERALES

1) Los pedidos se generan cada 24 horas a las 8 de la mañana.

2) Los pedidos generados equivalen a 30 TON.

3) Las toneladas embarcadas en pipa externa, se colectan desde el momento en que se determinan las pipas externas a utilizar.

4) Las toneladas entregadas a cada cliente se incrementan en cuanto la pipa llega con cada uno de ellos, sin importar el horario para descargar.

5) Para las toneladas entregadas con clientes tipo C, únicamente se considera la primera entrega.

6) Se simulan 22 días (528 HRS) para dar continuidad y no incluir sábados y domingos en los cuales no existe movimiento de las pipas. Con esto se obtienen resultados con una desviación menor.

7) A los tres tipos de clientes se les asigna un promedio diferente de toneladas cada mes, estas toneladas se asignan de acuerdo con un estudio de demanda realizado a cada uno de éstos. La asignación es de la siguiente forma:

CLIENTE	TONELADAS
A	600
B	200
C	200

8) Se está considerando que los mantenimientos se

realizarán en los días que la pipa no tiene que viajar, esto para no retardar la salida de éstas, por tal motivo en el programa no se están considerando aquéllos.

9) Actualmente los pedidos se confirman a las 8 de la mañana.

10) El tiempo de limpieza para las pipas externas tiene una distribución normal entre 10 y 12 horas.

11) El tiempo de limpieza para las pipas-exclusivas varía dependiendo del tamaño de la flotilla, con objeto de lograr que el tiempo en planta no sea mayor a 20 horas.

## 2.2 CRITERIOS DE EVALUACION

Existe una gran dificultad para la evaluación del proyecto, dado que son varios los aspectos que intervienen para lograr una decisión adecuada, algunos de los parámetros a considerar son:

### SATISFACCION DEL CLIENTE

Esto se puede evaluar mediante la diferencia de toneladas pedidas y toneladas entregadas, lo que vendría a representar una rapidez en el servicio.

Se está considerando que si existe una diferencia aproximada de 60 TON. es aceptable, ya que éstas pueden quedar en camino en el momento de que la

simulación termina.

#### COSTO DE LA FLOTILLA

El costo de mantener un determinado tamaño de flotilla, es otro aspecto importante a considerar, ya que no es lo mismo contar con dos pipas exclusivas, las cuales darían un buen servicio a los clientes, que contar con 33 pipas, las cuales darían el mejor servicio a los clientes pero a un costo muy alto, que no compensaría las toneladas no entregadas por contar con una flotilla menor.

#### COSTO DE OPERACION

Se debe tener presente que aparte del costo fijo de mantener la flotilla, se tiene un costo de operación, por tanto existe un número mínimo de viajes que debe realizar cada pipa para que la operación sea rentable.

#### PIPAS EXTERNAS CONTRATADAS

Otro parámetro a considerar es el número de pipas contratadas, ya que éstas también tienen un costo de operación y es más elevado que el de un pipa de exclusividad, por tanto se desea contratar el mínimo de pipas.

## EFICIENCIA

La eficiencia con que las pipas se mueven, no se debe perder de vista, ya que esto muestra que mientras la flotilla sea más grande, las pipas pierden mayor tiempo y realizan un menor número de viajes al mes, esto depende en gran parte de la demanda, dado que es completamente aleatoria.

Con los parámetros antes mencionados, podemos llegar a la conclusión de que el ideal sería lograr una flotilla que representara el mínimo costo, que tenga la mayor eficiencia y por consiguiente que el diferencial de toneladas entregadas y toneladas pedidas no sea mucho mayor a 60, aún más, si fuera posible sin contratar pipas externas, esto por el hecho de que si son pipas externas se tiene un menor control sobre ellas y esto implica que los parámetros anteriores se salgan de control.

Pero de hecho este ideal no es posible.

Para poder tomar una buena decisión tenemos dos puntos de vista diferentes:

- 1) Servicio
- 2) Rentabilidad de la operación

### 1) SERVICIO

Se podría argumentar que lo principal es no dejar de entregar a clientes para tener un nivel de

satisfacción a clientes del 100%, sin importar el costo que esto represente.

## 2) RENTABILIDAD DE LA OPERACION

Este otro enfoque podría ser, obtener el tamaño de la flotilla que represente el menor costo y de beneficios, sin importar tanto cuantas toneladas se dejan de entregar.

Estos son los dos puntos de vista que se pueden tener al respecto, lo mejor sería encontrar el punto medio entre los dos enfoques, para no descuidar la imagen de la empresa con los clientes y buscar el mayor beneficio para éstas.

## ALTERNATIVAS A EVALUAR

Para poder tener un panorama más amplio que nos muestre que ocurre al hacer algún cambio en el modelo, se hizo lo siguiente:

Primeramente para cada tamaño de flotilla, obtener los parámetros actuales, los cuales se mencionaron anteriormente, esto con el objeto de identificar el número de viajes que cada pipa realiza y cuál sería el diferencial de toneladas entregadas y pedidas por cada cliente, dependiendo del número de pipas exclusivas con las que se cuenta.

Posteriormente, con el mismo tiempo de limpieza

(que da un tiempo en planta no mayor a 20 horas), se modificará la hora en que los pedidos se confirman, para poder ver sensiblemente los cambios ocasionados por esto.

Finalmente, se eliminará el tiempo de limpieza en sí, para poder ver si el tiempo que cada pipa permanece en planta es suficiente para realizar la limpieza, y así no duplicarlo, al asignar un tiempo exclusivamente para limpieza.

CAPITULO III EL MODELO DE SIMULACION

En el presente problema, se manejarán las pipas como entidades, ya que son éstas las que interesan a lo largo de toda la simulación, todas las variables, recursos, gates que se utilizarán a lo largo de la simulación se describen posteriormente.

Al hablar de GATES, nos estamos refiriendo a "puertas", las cuales pueden estar abiertas o cerradas dependiendo de ciertas condiciones que el programador especifique en el modelo, para dejar que las entidades (pipas) realicen las actividades que siguen a dicha gate, en caso de estar cerradas, esperan a que se cumpla la condición para poder continuar el proceso.

Los recursos pueden ser maquinarias, materias primas, servidores (cargadores), que con anterioridad se tienen identificados, los cuales están limitados, ya sea desde el inicio de la simulación o se modifica su disponibilidad dependiendo de alguna condición que el programador especifique.

Para nuestro problema específico, se tiene un solo recurso, que es la línea de carga en planta.

El problema al que nos enfrentamos, tiene un enfoque de proceso, ya que las entidades siguen un proceso preestablecido por el programador.

Desde un principio se proporciona la descripción del flujo de las entidades a través del proceso.

A continuación se presentan a detalle todas las variables, atributos, gates y archivos que se utilizaron en el modelo.

### 3.1 VARIABLES GLOBALES

- XX(1) = Verifica si hay capacidad en planta o no.
- XX(2) = Veces que no hay capacidad en planta.
- XX(3) = Producto disponible.
- XX(5) = Viajes totales de la flotilla.
- XX(6) = No. de veces que no se generaron pedidos para clientes tipo A.
- XX(7) = No. de veces que no se generaron pedidos para clientes tipo B.
- XX(8) = No. de veces que no se generaron pedidos para clientes tipo C.
- XX(9) = Total de toneladas entregadas a clientes C.
- XX(12) = Toneladas totales entregadas a clientes tipo A.
- XX(13) = Toneladas totales entregadas a clientes tipo B.
- XX(14) = Toneladas totales entregadas a clientes tipo C.
- XX(15) = Toneladas entregadas totales.
- XX(16) = Pipas contratadas.
- XX(17) = Toneladas totales no surtidas a clientes tipo A.
- XX(18) = Toneladas totales no surtidas a clientes tipo B.

- XX(19)= Toneladas totales no surtidas a clientes tipo C.
- XX(28)= Toneladas pedidas pos clientes tipo A.
- XX(29)= Toneladas pedidas pos clientes tipo B.
- XX(30)= Toneladas pedidas pos clientes tipo C.
- XX(31)= Toneladas embarcadas totales en pipa externa.
- XX(32)= Toneladas embarcadas totales en pipa propia.
- XX(34)= Toneladas embarcadas en pipa propia a cliente tipo A.
- XX(35)= Toneladas embarcadas en pipa propia a cliente tipo B.
- XX(36)= Toneladas embarcadas en pipa propia a cliente tipo C.
- XX(40)= Toneladas embarcadas en pipa externa a cliente tipo A.
- XX(41)= Toneladas embarcadas en pipa externa a cliente tipo B.
- XX(42)= Toneladas embarcadas en pipa externa a cliente tipo C.

### 3.2 ATRIBUTOS PARA PEDIDOS

ATRIBUTO (10) = Tipo de cliente

#### NOTACION

1.- Clientes tipo A.

2.- Clientes tipo B.

3.- Clientes tipo C.

ATRIBUTO (15) = Capacidad de la pipa.

ATRIBUTO (16) = Pedidos para cada tipo de cliente.

ATRIBUTO (17) = Pedidos no surtidos.

ATRIBUTO (18) = Pipas propias a utilizar.

ATRIBUTO (19) = Pipas externas a utilizar.

ATRIBUTO (21) = Toneladas totales pedidas.

ATRIBUTO (24) = Toneladas a entregar.

### 3.3 ATRIBUTOS PARA PIPAS

ATRIBUTO (1) = Capacidad de la pipa (30 TON.)

ATRIBUTO (2) = Identificados de pipa propia o externa

NOTACION

0 Pipa propia

1 Pipa externa

ATRIBUTO (5) = Tiempo de descarga.

ATRIBUTO (6) = Tiempo de carga para las pipas de 30T.

ATRIBUTO (7) = Tiempo de limpieza.

ATRIBUTO (9) = Tiempo en planta de pipas externas.

ATRIBUTO (12) = Viajes totales por pipa propia.

ATRIBUTO (25) = Tiempo en que la pipa está lista para cargar.

ATRIBUTO (26) = Tiempo en que la pipa llega para ser cargada.

ATRIBUTO (27) = Tiempo de creación de la pipa como entidad.

### 3.4 GATES Y ARCHIVOS

#### ARCHIVO

QUEUE	2	Pipas propias disponibles (SELECT).
QUEUE	3	Pedidos de 30 Ton. (SELECT)
GATE, EC	7	Horario para descargar con clientes tipo A.
GATE, EO	9	Horario para descargar con clientes tipo C.
GATE, HORARIO	10	Horario para recibir documentación en el departamento de ventas.
GATE, HCARGA	11	Horario para cargar en planta
RESOURCE/LINEA	13	Recurso para cargar las pipas

Existe diferencia entre atributos y variables globales, esta diferencia consiste básicamente en que el atributo es parte de la entidad, cada uno de éstos "viaja" junto con aquéllas a lo largo de toda la simulación y las variables globales son contadores que nos indican, cuantas entidades han pasado por algún nodo; también nos pueden servir para poner ciertas condiciones, por ejemplo, el no dejar pasar más entidades de las que se indiquen en esa variable por un nodo determinado.

Se utilizan variables globales y atributos para coleccionar estadísticas y para poder saber al finalizar la simulación cuál fue el valor máximo, mínimo y el promedio que tuvo el atributo a lo largo de ésta. Las variables globales van incrementando su valor cada vez que una entidad pasa por esa condición.

### 3.5 PROCESO SLAM

Para poder entender más claramente la secuencia del SLAM se describen a continuación los pasos a seguir.

Primeramente, se debe contar con los datos necesarios para iniciar el programa, estos datos pueden ser todas aquellas actividades que se realizarán, tiempos, etc., como también un diagrama de flujo, el cual indique claramente la secuencia a seguir y facilite la tarea del programador.

Una vez que se cuenta con todo esto, se inicia la programación en sí, la cual se deberá llevar a cabo en cualquier procesador de palabras, siempre y cuando éste cumpla con los requisitos establecidos por SLAM.

Cuando el modelo está terminado, se procede a realizar el INPUT, el cual indicará si éste tiene errores o no, los errores que el INPUT detecta pueden ser como falta de punto y coma al final de cada instrucción, comas de más o menos en alguna instrucción, etc. Al finalizar el INPUT, el modelo se graba con un nombre determinado, este nombre debe identificar al modelo como archivo compilado y así con él realizar el EXECUTIO.

En el programa EXECUTIO, se realiza propiamente la simulación.

En cuanto termina el executio, se graba con otro nombre para identificarlo como archivo para estadísticas y entrar al OUTPUT con este archivo.

Al solicitar el OUTPUT para el archivo para estadísticas, podemos obtener e imprimir cualquiera de los reportes que a continuación se detallan.

### 3.6 REPORTES DE SLAM

El objeto de esta sección es describir los reportes que se generan con el proceso SLAM. Los reportes incluyen el listado de entidades, reportes "ECO", reportes de "Rastreo" y el reporte sumario SLAM.

#### EL LISTADO DURANTE EL PROCESO INPUT

Detalla todas las instrucciones de entrada, que el procesador SLAM interpreta y analiza para encontrar posibles errores de entrada. De haber error, el procesador SLAM envía mensajes de error y no permite que el programa opere hasta que el o los errores de entrada han sido corregidos.

#### EL REPORTE DE DATOS DE ENTRADA (ECHO REPORT)

Proporciona un sumario del modelo de simulación según lo interpreta el procesador SLAM. Este reporte es especialmente útil durante las fases de revisión y verificación del proceso de desarrollo del modelo de simulación.

## SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA (TRACE REPORT)

Genera un listado detallado del desarrollo de la simulación imprimiendo para cada evento de llegada de entidades, el tiempo, el tipo y el nombre del nodo al que llega la entidad, y los atributos de la entidad que llega, además, un sumario de todas las actividades regulares que emanan del nodo indicado si las actividades estaban programadas, la duración de la actividad y el nodo terminal de la entidad.

## REPORTE RESUMEN DE SLAM (SLAM SUMMARY REPORT)

Muestra los resultados estadísticos de la simulación y los imprime automáticamente al final de cada corrida, el reporte consiste de una sección general seguida por los resultados estadísticos de la simulación categorizados por tipo.

La primera categoría de estadísticas es para variables basadas en observaciones discretas e incluye colectadas dentro de los modelos de red por la instrucción COLCT.

La segunda categoría de estadísticas es para variables persistentes en el tiempo y corresponde a las estadísticas para variables XX en el tiempo.

Esto es seguido por las estadísticas en todos los archivos de usuario.

Las siguientes dos categorías corresponden a estadísticas colectadas en actividades regulares y de servicio respectivamente.

La última categoría es estadística de recursos y puertas (gates) y es seguida de la impresión de histogramas.

Incluye sólo aquellas categorías de estadísticas que son aplicables a la simulación específica.

Para poder comprender los resultados que nos presenta el "SLAM SUMMARY REPORT" se presenta a continuación un ejemplo:

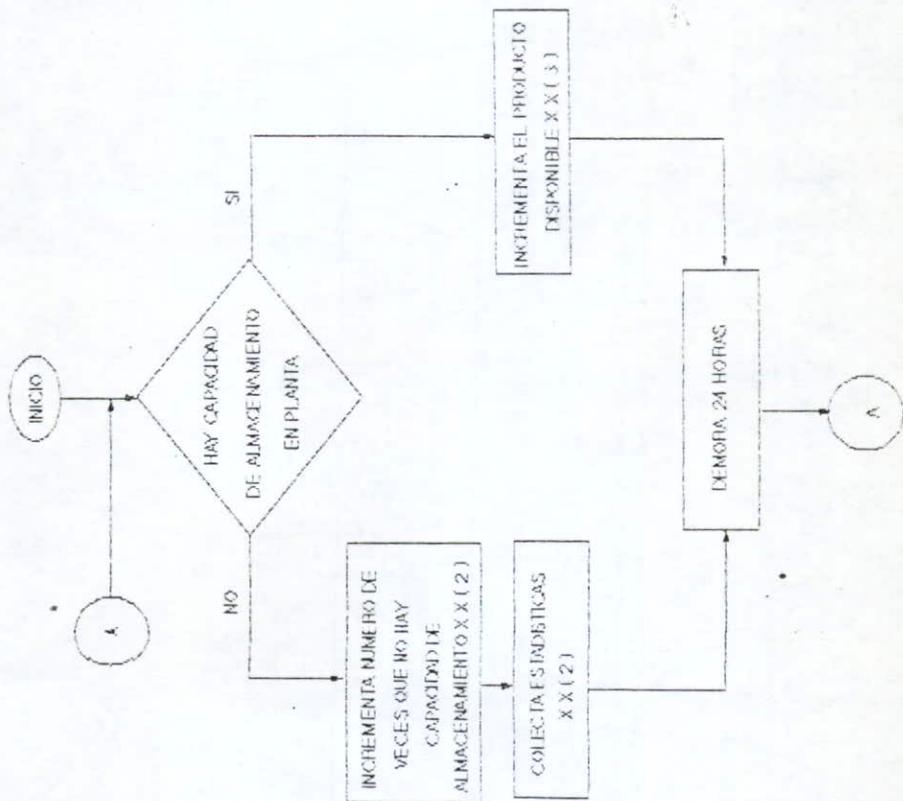
Hay una variable global que colecta el número de viajes que realiza cada pipa, esta variable se incrementa en una unidad cada vez que una pipa pasa por este nodo, si se tiene una sola pipa, la cual realizó 7 viajes, en la columna que presenta el valor promedio de las variables aparecerá que cada pipa realizó 4 viajes, ya que para colectar las estadísticas el programa suma el valor que la variable tiene en el momento y lo divide entre el número de observaciones, por tanto suma primero 1, después suma 2, después 3 y así hasta sumar el séptimo viaje y el promedio será:

$$1+2+3+4+5+6+7=28, 28/7= 4.$$

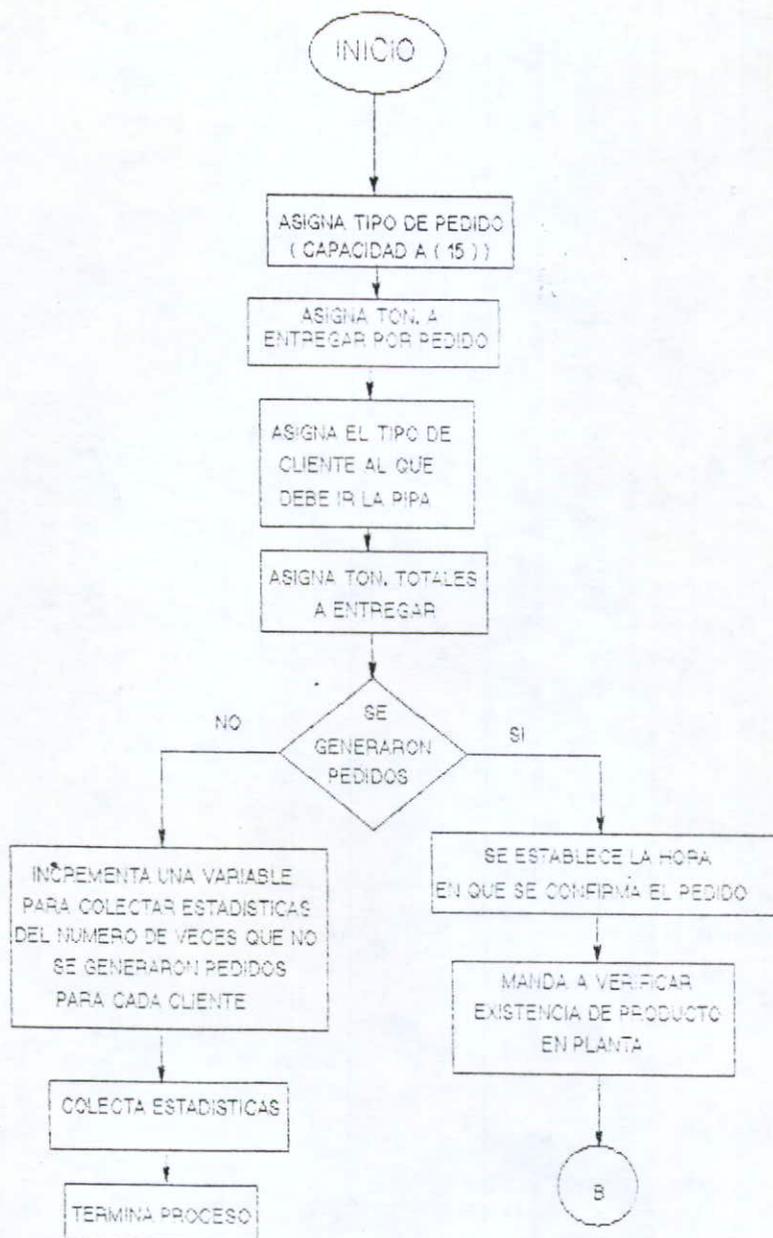
A continuación se presenta el diagrama de flujo, para dejar establecida claramente la secuencia de actividades que cada pipa debe seguir para completar el proceso de viaje redondo Guadalajara-México.

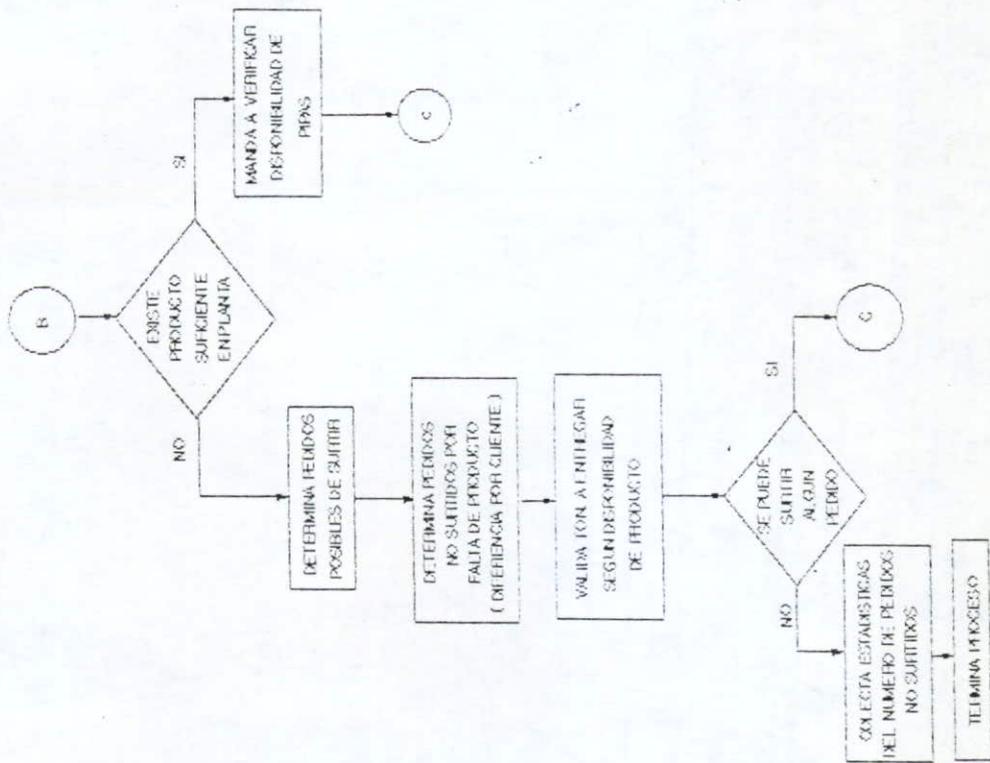
En seguida del diagrama de flujo se presenta el listado del programa base utilizado para dar solución al problema.

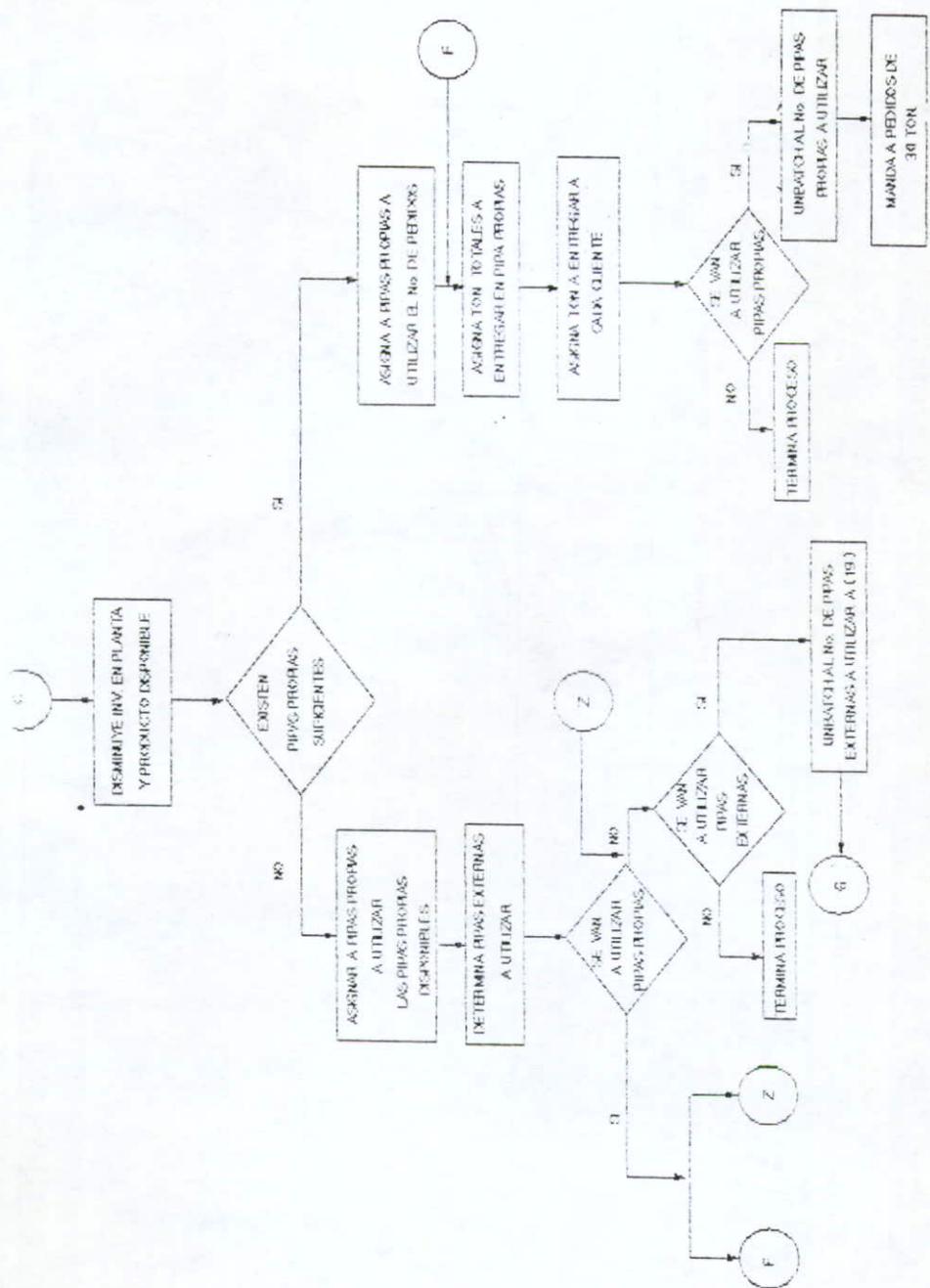
MÓDULO DE PRODUCCION



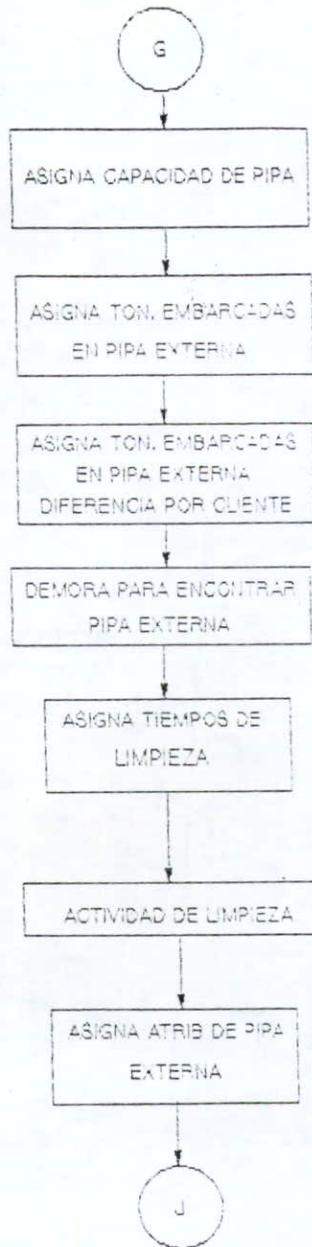
GENERACION DE PEDIDOS CON CADA CLIENTE



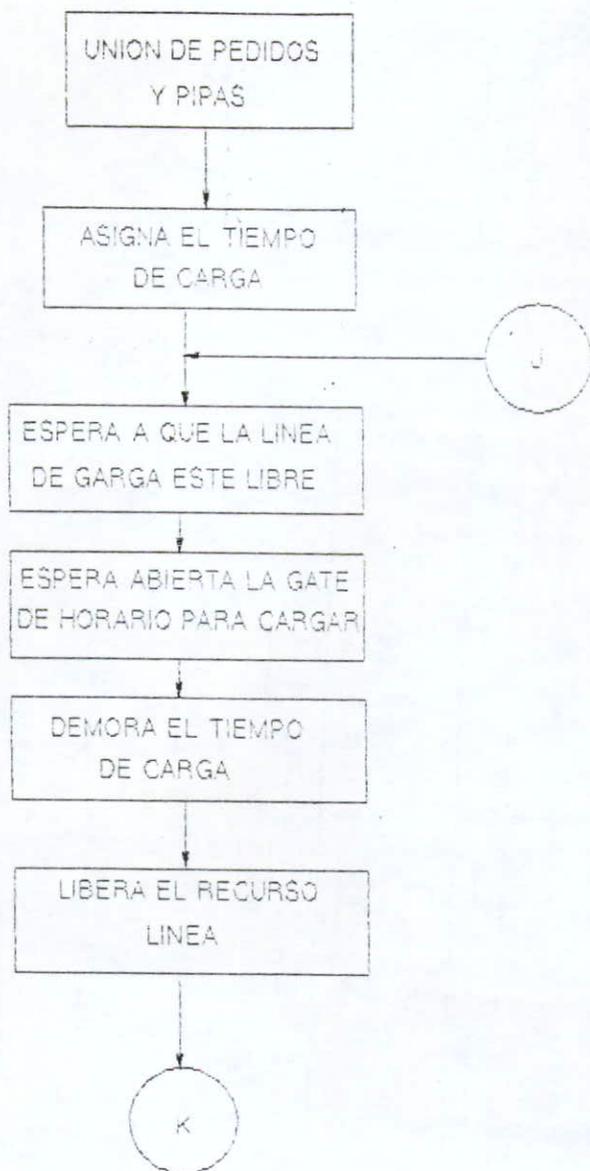




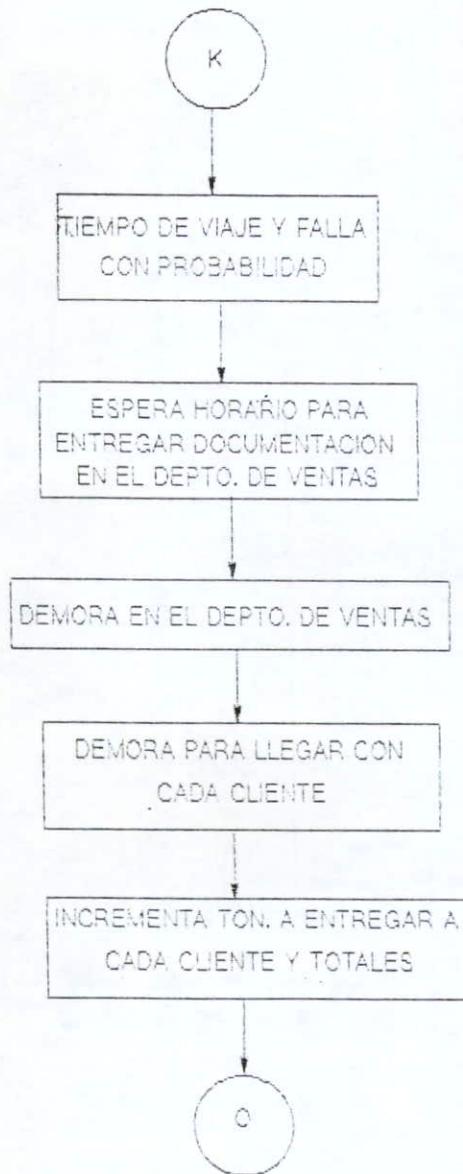
PIPAS EXTERNAS

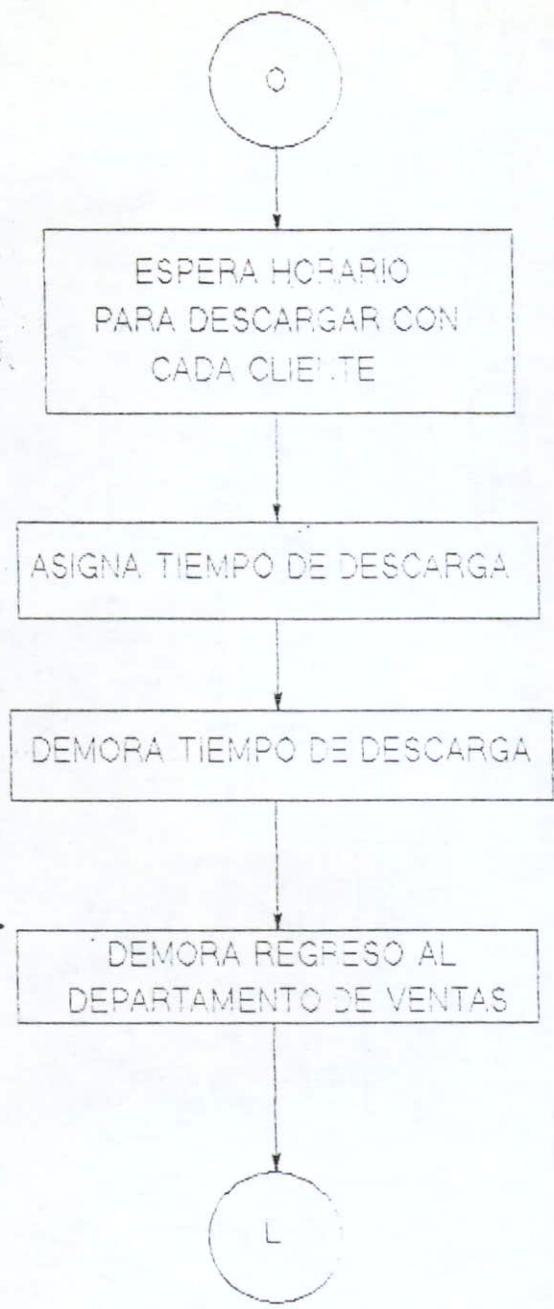


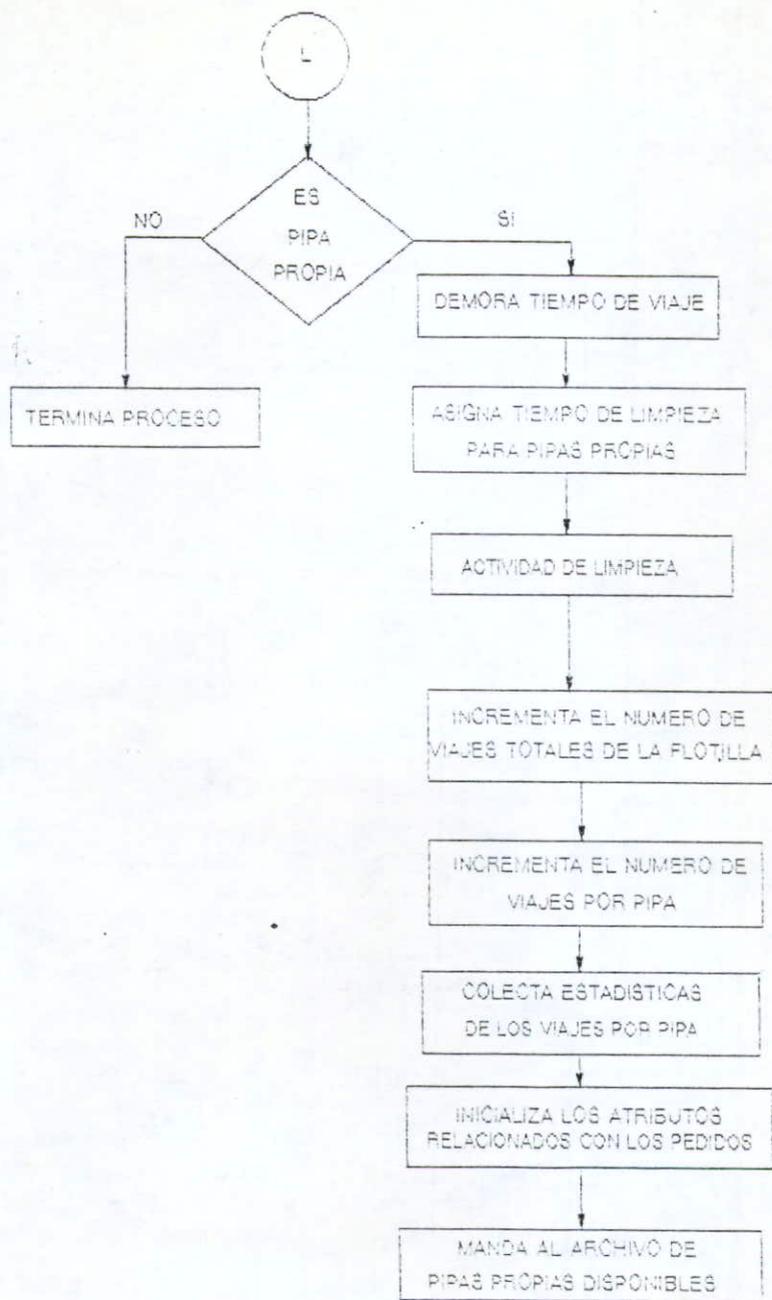
# MODULOS PRINCIPALES



# SALIDAS Y ENTREGAS







```

1: *GEN,MPFS,RFAC,11/15/89,190,,NO,,NO,Y/180;
2: LIMITS,20,30,500;
3: ;
4: ;PRIORIDAD EN LOS ARCHIVOS
5: ;
6: PRIORITY/10,LVF(2);
7: PRIORITY/11,LVF(2);
8: PRIORITY/13,LVF(2);
9: ;
10: ;PRODUCTO DISPONIBLE PARA CLIENTES AL INICIO DE LA SIMULACION
11: ;
12: INTLD,XX(3)=300;
13: ;
14: ;PROBABILIDAD ACUMULADA PARA GENERAR NUMERO DE PEDIDOS PARA CLIENTES TIPO A
15: ;
16: ARRAY(1,3)/0.14,0.95,1;
17: ;
18: ;PEDIDOS ASOCIADOS CON LAS PROBABILIDADES ANTERIORES
19: ;
20: ARRAY(2,3)/0,1,2;
21: ;
22: ;PROBABILIDAD ACUMULADA PARA GENERAR NUMERO DE PEDIDOS PARA CLIENTES TIPO B
23: ;
24: ARRAY(3,3)/0.69,0.99,1;
25: ;
26: ;NUMERO DE PEDIDOS ASOCIADOS CON LAS PROBABILIDADES ANTERIORES
27: ;
28: ARRAY(4,3)/0,1,2;
29: ;
30: ;PROBABILIDAD ACUMULADA PARA GENERAR NUMERO DE PEDIDOS PARA CLIENTES TIPO C
31: ;
32: ARRAY(5,3)/0.69,0.99,1;
33: ;
34: ;NUMERO DE PEDIDOS ASOCIADOS CON LAS PROBABILIDADES ANTERIORES
35: ;
36: ARRAY(6,3)/0,1,2;
37: ;
38: ;PROBABILIDAD PARA ASIGNAR LA DEMORA DE TRASLADO DEL DPTO. DE VENTAS A CLIENTES TIPO C
39: ;
40: ARRAY(7,7)/0.35,0.6,0.77,0.81,0.81,0.95,1;
41: ;
42: ;TIEMPO DE TRASLADO SEGUN PROBABILIDAD
43: ;
44: ARRAY(8,7)/1,2,3,4,5,6,7;
45: ;
46: NETWORK;
47: ;
48: ;HORARIO PARA DESCARGAR CON CLIENTES TIPO A
49: ;
50:     GATE,ED,CLOSE,7;
51: ;
52: ;HORARIO PARA DESCARGAR CON CLIENTES TIPO C
53: ;
54:     GATE,ED,CLOSE,9;
55: ;
56: ;HORARIO PARA ENTREGAR DOCUMENTACION EN EL DEPARTAMENTO DE VENTAS
57: ;
58:     GATE,HORARIO,CLOSE,10;
59: ;

```

```

50: ;HORARIO PARA CARGAR EN PLANTA
51: ;
52:     GATE,HORABA,CLOSE,11;
53: ;
54: ;LINEA DE CARGA EN PLANTA
55: ;
56:     RESOURCE,LINEA(1),10;
57: ;
58: ; CREACION DE LAS PIPAS COMO ENTIDADES
59: ;
60: ;PIPA 1
61:     CREATE,,8,,1;
62:     ASSIGN,ATRIB(1)=30,ATRIB(2)=0;
63:     ASSIGN,ATRIB(27)=TNDW;
64:     ACT,,,022;
65: ;PIPA 2
66:     CREATE,,17,,1;
67:     ASSIGN,ATRIB(1)=30,ATRIB(2)=0;
68:     ASSIGN,ATRIB(27)=TNDW;
69:     ACT,,,022;
70: ;PIPA 3
71:     CREATE,,20,,1;
72:     ASSIGN,ATRIB(1)=30,ATRIB(2)=0;
73:     ASSIGN,ATRIB(27)=TNDW;
74:     ACT,,,022;
75: ;PIPA 4
76:     CREATE,,20,,1;
77:     ASSIGN,ATRIB(1)=30,ATRIB(2)=0;
78:     ASSIGN,ATRIB(27)=TNDW;
79:     ACT,,,022;
80: ;PIPA 5
81:     CREATE,,30,,1;
82:     ASSIGN,ATRIB(1)=30,ATRIB(2)=0;
83:     ASSIGN,ATRIB(27)=TNDW;
84:     ACT,,,022;
85: ;PIPA 6
86:     CREATE,,8,,1;
87:     ASSIGN,ATRIB(1)=30,ATRIB(2)=0;
88:     ASSIGN,ATRIB(27)=TNDW;
89:     ACT,,,022;
90: ;
91: ; HORARIOS
92: ;HORARIO DE DESCARGA CON CLIENTES TIPO A DE 7 A 17 HORAS
93:     CREATE,,7;
94:     DC     OPEN,ED;
95:     ACT,10;
96:     CC     CLOSE,ED;
97:     ACT,14,,00;
98: ;
99: ;HORARIO PARA DESCARGAR CONCLIENTES TIPO C DE 7 A 15 HORAS
100:     CREATE,,7;
101:     DD     OPEN,ED;
102:     ACT,8;
103:     DD     CLOSE,ED;
104:     ACT,16,,00;
105: ;
106: ;HORARIO PARA ENTREGAR DOCUMENTACION EN EL DEPARTAMENTO DE VENTAS DE 8 A 17 HORAS
107:     CREATE,,8;
108:     DFV    OPEN,HORARIO;

```

```

119:      ACT,9;
120: CPV      CLOSE,HORARIO;
121:      ACT,15,,CPV;
122: ;
123: ;HORARIO PARA CARGAR EN GUADALAJARA DE 8 A 18 HORAS
124:      CREATE,,8;
125: G1       OPEN,HORARIO;
126:      ACT,10;
127:      CLOSE,HORARIO;
128:      ACT,14,,G1;
129: ;
130: ;MODULO DE PRODUCCION
131:      CREATE,,0,,1;
132: G1       GOON,1;
133:      ACT,,XX(1)+50.LE.800,G1;
134:      ACT;
135:      ASSIGN,XX(2)=XX(2)+1;
136:      COLCT,XX(2),NO HAY CAPACIDAD;
137:      ACT,,G2;
138: G1       ASSIGN,XX(3)=XX(3)+50;      PRODUCTO DISPONIBLE
139: G2       GOON;
140:      ACT,24,,G1;
141: ;
142: ;MODULO DE PEDIDOS DE 30 TONELADAS
143: ;
144: ;CLIENTES TIPO A
145:      CREATE,24,B;
146:      GOON,1;
147:      ACT;
148:      ASSIGN,ATRIB(15)=30,ATRIB(16)=DPROB(1,2);
149:      ASSIGN,ATRIB(10)=1;
150:      ASSIGN,ATRIB(21)=ATRIB(16)+30;
151:      ASSIGN,XX(28)=XX(28)+ATRIB(21);
152: G4       GOON,1;      VERIFICA SI SE GENERARON PEDIDOS
153:      ACT,,ATRIB(16).EQ.0,T1;
154:      ACT,,G70;
155: ;
156: ;CLIENTES TIPO B
157:      CREATE,24,B;
158:      GOON,1;
159:      ACT;
160:      ASSIGN,ATRIB(15)=30,ATRIB(16)=DPROB(3,4);
161:      ASSIGN,ATRIB(10)=2;
162:      ASSIGN,ATRIB(21)=ATRIB(16)+30;
163:      ASSIGN,XX(29)=XX(29)+ATRIB(21);
164: G5       GOON,1;      VERIFICA SI SE GENERAN PEDIDOS
165:      ACT,,ATRIB(16).EQ.0,T1;
166:      ACT,,G70;
167: ;
168: ;CLIENTES TIPO C
169:      CREATE,24,B;
170:      GOON,1;      SI LA GATE ESTA CERRADA
171:      ACT;
172:      ASSIGN,ATRIB(15)=30,ATRIB(16)=DPROB(5,6);
173:      ASSIGN,ATRIB(10)=3;
174:      ASSIGN,ATRIB(21)=ATRIB(16)+30;
175:      ASSIGN,XX(30)=XX(30)+ATRIB(21);
176: G6       GOON,1;      VERIFICA SI HAY PEDIDO
177:      ACT,,ATRIB(16).EQ.0,T1;

```

175: ACT;  
179: GSC  
190: ACT,,X(3).GE.ATRIB(20),Q15; VE SI EL INV. EN PLANTA ES = A LAS TON. A ENTREGAR  
181: ACT;  
182: ASSIGN,II=X(3)/T0;  
183: ASSIGN,ATRIB(24)=I1; PEDIDOS A SURTIR  
184: ASSIGN,ATRIB(17)=ATRIB(16)-ATRIB(24); PEDIDOS NO SURTIDOS  
185: GOOD,1;  
186: ACT,,ATRIB(10).EQ.1,D1;  
187: ACT,,ATRIB(10).EQ.2,D2;  
188: ACT,,ATRIB(10).EQ.3; DE ACUERDO CON LA DISPONIBILIDAD  
189: ASSIGN,XX(19)=X(19)+ATRIB(17)\*30; DE PRODUCTO SE MODIFICAN LAS  
190: ACT,,D3; TON. A ENTREGAR Y EL NUMERO DE PEDIDOS  
191: D1 ASSIGN,XX(17)=X(17)+ATRIB(17)\*30;  
192: ACT,,D3;  
193: D2 ASSIGN,XX(18)=X(18)+ATRIB(17)\*30;  
194: ACT,,D3;  
195: D3 ASSIGN,ATRIB(21)=ATRIB(24)+ATRIB(15); VALIDANDO TON. A ENTREGAR  
196: ASSIGN,ATRIB(16)=ATRIB(24); NUMERO DE PEDIDOS POSIBLES DE SURTIR  
197: GOOD,1; VERIFICA SI HAY PRODUCTO SUFICIENTE  
198: ACT,,ATRIB(16).EQ.0,T3; PEDIDOS A SURTIR IGUALA CERO POR FALTA DE PRODUCTO  
199: ACT,,S15;  
200: T3 COLCT,ATRIB(17),NADA DE PRODUCTO;  
201: ACT,,T2;  
202: T1 GOOD,1;  
203: ACT,,ATRIB(10).EQ.1,OFF;  
204: ACT,,ATRIB(10).EQ.2,OFF;  
205: ACT,,ATRIB(10).EQ.3;  
206: ASSIGN,XX(8)=X(8)+1; NUMERO DE VECES QUE NO HAY PEDIDO PARA CLIENTES TIPO C  
207: ACT,,T2;  
208: OFF ASSIGN,XX(6)=X(6)+1; NUMERO DE VECES QUE NO HAY PEDIDO PARA CLIENTES TIPO A  
209: ACT,,T2;  
210: OFF2 ASSIGN,XX(7)=X(7)+1; NUMERO DE VECES QUE NO HAY PEDIDO PARA CLIENTES TIPO B  
211: T2 TERM;  
212: Q15 ASSIGN,XX(3)=X(3)-ATRIB(16)+ATRIB(15); DISMINUYE PRODUCTO DISPONIBLE  
213: GOOD,1;  
214: ACT,,Q9;  
215: ; ACT,,NMQ(2).GE.ATRIB(16),Q9; SI EXISTEN PIPAS DE 30 TON  
216: ; ACT;  
217: ASSIGN,ATRIB(18)=NMQ(2); PIPAS PROPIAS A UTILIZAR ES IGUAL A PIPAS PROPIAS DISPONIBLES  
218: ASSIGN,ATRIB(19)=ATRIB(16)-ATRIB(18); PIPAS EXTERNAS A UTIL.  
219: ASSIGN,XX(16)=X(16)+ATRIB(19);  
220: G7 GOOD,1;  
221: ACT,,ATRIB(18).EQ.0,A2; NO SE UTILIZAN PIPAS PROPIAS DE 30 TON.  
222: ACT;  
223: ASSIGN,ATRIB(21)=ATRIB(18)\*30; TON. A EMBARCAR EN PIPAS PROPIAS  
224: GOOD,2;  
225: ACT,,A25;  
226: ACT,,A2;  
227: A2 GOOD,1;  
228: ACT,,ATRIB(19).EQ.0,T2;  
229: ACT;  
230: UNPATCH,19; PIPAS EXTERNAS  
231: ACT,,FE26; MANDA A MODELO DE PIPAS EXTERNAS  
232: G9 ASSIGN,ATRIB(18)=ATRIB(16); PIPAS PROPIAS A UTILIZAR ES IGUAL AL NUM. DE PEDIDOS  
233: A25 ASSIGN,XX(32)=X(32)+ATRIB(16)+ATRIB(15);  
234: G8 GOOD,1;  
235: ACT,,ATRIB(10).EQ.1,TEC;  
236: ACT,,ATRIB(10).EQ.2,TEP;

237: ACT,,ATRIB(10).EQ.0;  
238: ASSIGN,XX(35)=XX(36)+ATRIB(21);  
239: ACT,,Q10;  
240: TEC ASSIGN,XX(34)=XX(34)+ATRIB(21);  
241: ACT,,Q10;  
242: TEP ASSIGN,XX(35)=XX(35)+ATRIB(21);  
243: Q10 GOOD,1;  
244: ACT,,ATRIB(18).EQ.0,T2;  
245: ACT;  
246: UNBATCH,18; PIPAS PROPIAS  
247: ACT,,Q20; MANDA A PEDIDOS DE 30 TON PARA EL SELECT  
248: ;MODELO PRINCIPAL  
249: ;  
250: ;PEDIDOS Y PIPAS DE 30 TON  
251: Q22 ASSIGN,ATRIB(26)=TNOW;  
252: ASSIGN,II=TNOW/24;  
253: ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-II\*24;  
254: COLCT,ATRIB(25),PIPA LISTA PARA SER CARGADA;  
255: Q40 QUELUE(2),,,,ASHB; PIPAS DE 30 TON.  
256: Q20 QUELUE(1),,,,ASHB; PEDIDOS DE 30 TON.  
257: ASHB SELECT,ASH,SUM,,,Q40,Q20;  
258: ACT(3)/1,0,1;  
259: GOOD,1;  
260: ACT,,TNOW-ATRIB(26).LE.24,F1;  
261: ACT,,TNOW-ATRIB(26).LE.48,F2;  
262: ACT;  
263: ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-ATRIB(26);  
264: COLCT,ATRIB(25),ESPERA MAS DE 48;  
265: ACT,,Q2;  
266: F2 ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-ATRIB(26);  
267: COLCT,ATRIB(25),ESPERENOS DE 48;  
268: ACT,,Q2;  
269: F1 ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-ATRIB(26);  
270: COLCT,ATRIB(25),ESPERENOS DE 24;  
271: Q2 ASSIGN,ATRIB(6)=UNFRM(3,5); TIEMPO DE CARGA PARA PIPAS DE 30 TON.  
272: Q24 AWAIT(13),LINEA; ESPERA LA LINEA PARA CARGAR  
273: S4 AWAIT(11),HCARGA; ESPERA HORARIO PARA CARGAR  
274: ACT,ATRIB(6);  
275: FREE,LINEA;  
276: GOOD,1;  
277: ACT,,ATRIB(2).EQ.0,TP;  
278: ACT;  
279: ASSIGN,ATRIB(9)=TNOW-ATRIB(27);  
280: COLCT,ATRIB(9),T.PLANTA EXT;  
281: ACT,,TP1;  
282: TP GOOD,1;  
283: ACT,,TNOW-ATRIB(27).LE.24,M24;  
284: ACT,,TNOW-ATRIB(27).LE.48,M48;  
285: ACT;  
286: ASSIGN,ATRIB(9)= TNOW-ATRIB(27);  
287: COLCT,ATRIB(9),T.P.MAS DE 48;  
288: ACT,,TP1;  
289: M48 ASSIGN,ATRIB(9)=TNOW-ATRIB(27);  
290: COLCT,ATRIB(9),T.P.MENOS DE 48;  
291: ACT,,TP1;  
292: M24 ASSIGN,ATRIB(9)=TNOW-ATRIB(27);  
293: COLCT,ATRIB(9),T.P.MENOS DE 24;  
294: TP1 ASSIGN,II=TNOW/24;  
295: ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-II\*24;

296: COLCT, ATRIB(25), SALE DE PLANTA;  
 297: ACT,,022; MANDA A MODULO DE SALIDAS  
 298: ;  
 299: ;PIPAS EXTERNAS  
 300: PE26 ASSIGN, ATRIB(1)=30;  
 301: ASSIGN, XX(31)=XX(31)+ATRIB(1);  
 302: B11 GOOD, 1;  
 303: ACT,, ATRIB(10).EQ.1, E4;  
 304: ACT,, ATRIB(10).EQ.2, E5;  
 305: ACT;  
 306: ASSIGN, XX(42)=XX(42)+ATRIB(1);  
 307: B12 GOOD;  
 308: ACT,, E6;  
 309: E4 ASSIGN, XX(40)=XX(40)+ATRIB(1);  
 310: ACT,, E6;  
 311: E5 ASSIGN, XX(41)=XX(41)+ATRIB(1);  
 312: E6 GOOD;  
 313: ACT, UNFRM(3, 24); DEMORA PARA ENCONTRAR PIPA EXTERNA  
 314: ASSIGN, ATRIB(27)=TNDW;  
 315: ASSIGN, ATRIB(9)=NORM(10, 12); TIEMPO DE LIMPIEZA PARA PIPAS EXTERNAS  
 316: GOOD;  
 317: ACT, ATRIB(9); ACTIVIDAD DE LIMPIEZA  
 318: ASSIGN, ATRIB(2)=1; ASIGNA ATRIBUTO DE PIPA EXTERNA  
 319: ASSIGN, ATRIB(6)=UNFRM(2, 5, 4); TIEMPO DE CARGA PARA PIPAS EXTERNAS  
 320: ACT,, 024;  
 321: ;  
 322: ;SALIDAS Y ENTREGAS  
 323: Q25 GOOD;  
 324: ACT, 15, 0.57, B1; TIEMPO DE VIAJE CON PROBABILIDAD  
 325: ACT, 30, 0.03; TIEMPO DE FALLA CON PROBABILIDAD  
 326: B1 ASSIGN, II=TNDW/24;  
 327: ASSIGN, ATRIB(25)=TNDW-II\*24;  
 328: COLCT, ATRIB(25), LLEGA A PV;  
 329: S5 AWAIT(10), HORARIO; ESPERA HORARIO PARA ENTREGAR DOCUMENTACION EN EL DEPTO. DE VENTAS  
 330: ACT, UNFRM(2, 3); DEMORA EN EN DEPTO. DE VENTAS  
 331: GOOD, 1;  
 332: ACT,, ATRIB(10).EQ.1, C1; CLIENTES TIPO A  
 333: ACT,, ATRIB(10).EQ.2, C2; CLIENTES TIPO B  
 334: ACT,, ATRIB(10).EQ.3, C3; CLIENTES TIPO C  
 335: C1 GOOD;  
 336: ACT, 0.75; DEMORA DEL DEPARTAMENTO DE VENTAS A CLIENTES TIPO A  
 337: GOOD, 1;  
 338: ACT,, ATRIB(2).EQ.0, PCF;  
 339: ACT;  
 340: ASSIGN, ATRIB(27)=TNDW-ATRIB(27);  
 341: COLCT, ATRIB(27), PLANTA CTE. A EXT.;  
 342: ACT,, 11;  
 343: PCF ASSIGN, ATRIB(27)=TNDW-ATRIB(27);  
 344: COLCT, ATRIB(27), PLANTA CTE. A PROP;  
 345: 11 COLCT, ATRIB(27), PLANTA CTE. A;  
 346: ASSIGN, II=TNDW/24;  
 347: ASSIGN, ATRIB(25)=TNDW-II\*24;  
 348: COLCT, ATRIB(25), LLEGA A CTE. A;  
 349: ASSIGN, XX(12)=XX(12)+ATRIB(1), XX(15)=XX(15)+ATRIB(1);  
 350: S7 AWAIT(7), EC;  
 351: TD1 ASSIGN, ATRIB(5)=UNFRM(3, 6); ASIGNA TIEMPO DE DESCARGA  
 352: ACT, ATRIB(5); ACTIVIDAD DE DESCARGA CON CLIENTES TIPO A  
 353: GOOD;  
 354: ACT, 0.75, PV; TIEMPO DE REGRESO DE CLIENTES TIPO A AL DEPTO. DE VENTAS

355: 02 B00N;  
356: ACT,0.5; DEMORA DEL DEPTO. DE VENTAS A CLIENTES TIPO B  
357: B00N,1;  
358: ACT,,ATRIB(2).EQ.0,FFF;  
359: ACT;  
360: ASSIGN,ATRIB(27)=TNOW-ATRIB(27);  
361: COLCT,ATRIB(27),PLANTA CTE. B EXT.;  
362: ACT,,,12;  
363: FFF ASSIGN,ATRIB(27)=TNOW-ATRIB(27);  
364: COLCT,ATRIB(27),PLANTA CTE.B.PROF.;  
365: 12 COLCT,ATRIB(27),PLANTA CTE. B;  
366: ASSIGN,II=TNOW/24;  
367: ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-II\*24;  
368: COLCT,ATRIB(25),LLEGA A CTE. B;  
369: TD3 ASSIGN,ATRIB(5)=UNFRM(3,5); ASIGNA TIEMPO DE DESCARGA  
370: IC2 ASSIGN,XX(13)=XX(13)+ATRIB(1),XX(15)=XX(15)+ATRIB(1);  
371: ACT,ATRIB(5); ACTIVIDAD DE DESCARGA CON CLIENTES TIPO B  
372: B00N;  
373: ACT,0.5,,PV; REGRESO DE CLIENTES TIPO B AL DEPTO. DE VENTAS  
374: C3 B00N;  
375: ASSIGN,XX(9)=DFROBN(7,8);  
376: ACT,XX(9); DEMORA DEL DEPTO. DE VENTAS A CLIENTES TIPO C  
377: B00N,1;  
378: ACT,,ATRIB(2).EQ.0,FPF;  
379: ACT;  
380: ASSIGN,ATRIB(27)=TNOW-ATRIB(27);  
381: COLCT,ATRIB(27),PLANTA CTE.C EXT.;  
382: ACT,,,13;  
383: POP ASSIGN,ATRIB(27)=TNOW-ATRIB(27);  
384: COLCT,ATRIB(27),PLANTA CTE.C PROP;  
385: 13 COLCT,ATRIB(27),PLANTA CTE. C;  
386: ASSIGN,II=TNOW/24;  
387: ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-II\*24;  
388: COLCT,ATRIB(25),LLEGA CON CTE. C;  
389: ASSIGN,XX(14)=XX(14)+ATRIB(1),XX(15)=XX(15)+ATRIB(1);  
390: 18 B00N,1;  
391: ACT,,0.625,TD6;  
392: ACT,,0.375;  
393: ASSIGN,ATRIB(5)=24+UNFRM(3,6); TIEMPO DE DESCARGA CLIENTES  
394: ACT,,,S10;  
395: TD6 ASSIGN,ATRIB(5)=UNFRM(3,6); TIEMPO DE DESCARGA UN CLIENTE  
396: S10 AWAIT(9),EQ;  
397: ACT,ATRIB(5); ACTIVIDAD DE DESCARGA CON CLIENTES TIPO C  
398: B00N;  
399: ACT,XX(9),,PV; REGRESO DE CLIENTES TIPO C AL DEPTO. DE VENTAS  
400: ;  
401: PV ASSIGN,II=TNOW/24;  
402: ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-II\*24;  
403: COLCT,ATRIB(25),SALE DE MEXICO;  
404: B00N,1;  
405: ACT,,ATRIB(2).EQ.1,T2;  
406: ACT;  
407: AP B00N;  
408: ACT,15,0.97,A11; DEMORA VIAJE MEX. GUAD.  
409: ACT,30,0.05; TIEMPO DE FALLA CON PROB.  
410: A11 ASSIGN,II=TNOW/24;  
411: ASSIGN,ATRIB(25)=TNOW-II\*24;  
412: COLCT,ATRIB(25),LLEGA A GUAD.;  
413: ASSIGN,ATRIB(27)=TNOW;

```

414: TDS ASSIGN,ATRIB(7)=0;RNDM(1,1); TIEMPO DE LIMPIEZA PARA PIPAS PROPIAS
415: N2 BDN;
416: ACT,S,ATRIB(7);ACTIVIDAD DE LIMPIEZA;
417: B3 ASSIGN,X 5 =X(5)+1; VIAJES TOTALES DE LA FLOTILLA
418: VF2 ASSIGN,ATRIB(12)=ATRIB(12)+1; VIAJES TOTALES POT PIPA DE 30 TON.
419: COLCT,ATRIB(12),V.P.P. 30;
420: VF4 BDN,1;
421: ACT,,ATRIB(12).BE.6,MAX;
422: ACT,,B5;
423: MAY COLCT,ATRIB(12),MAS DE 6 VIAJES,4/5/1;
424: ACT,,B5;
425: B5 ASSIGN,ATRIB(10)=0,ATRIB(15)=0,ATRIB(16)=0,ATRIB(17)=0;
426: ASSIGN,ATRIB(18)=0,ATRIB(19)=0,ATRIB(20)=0,ATRIB(21)=0;
427: ASSIGN,ATRIB(22)=0,ATRIB(23)=0,ATRIB(24)=0,ATRIB(25)=0;
428: ASSIGN,ATRIB(9)=0;
429: ACT,,ATRIB(1).EQ.30,Q22; MANDA A ARCHIVO DE PIPAS DE 30 TON
430: CREATE,,S28;
431: COLCT,XX(5),VIAJESFLOTILLA;
432: COLCT,XX(12),TENTOTE.A;
433: COLCT,XX(13),TENTOTE.B;
434: COLCT,XX(14),TENTOTE.C;
435: COLCT,XX(15),TENTOTALES;
436: COLCT,XX(16),PIPASCONTRATADAS;
437: COLCT,XX(28),TPCTE.A;
438: COLCT,XX(29),TPCTE.B;
439: COLCT,XX(30),TPCTE.C;
440: COLCT,XX(31),TEMB TOT EXT;
441: COLCT,XX(32),TEMB TOT 30;
442: COLCT,XX(34),TEMB 30 CTE.A;
443: COLCT,XX(35),TEMB 30 CTE.B;
444: COLCT,XX(36),TEMB 30 CTE.C;
445: COLCT,XX(40),TEMB EXT CTE.A;
446: COLCT,XX(41),TEMB EXT CTE.B;
447: COLCT,XX(42),TEMB EXT CTE.C;
448: TERM;
449: ENDNWORK;
450: INIT,0,S28,N0;
451: FIN;

```

CAPITULO IV ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta una tabla (TABLA 1), la que muestra los resultados de las mejores corridas.

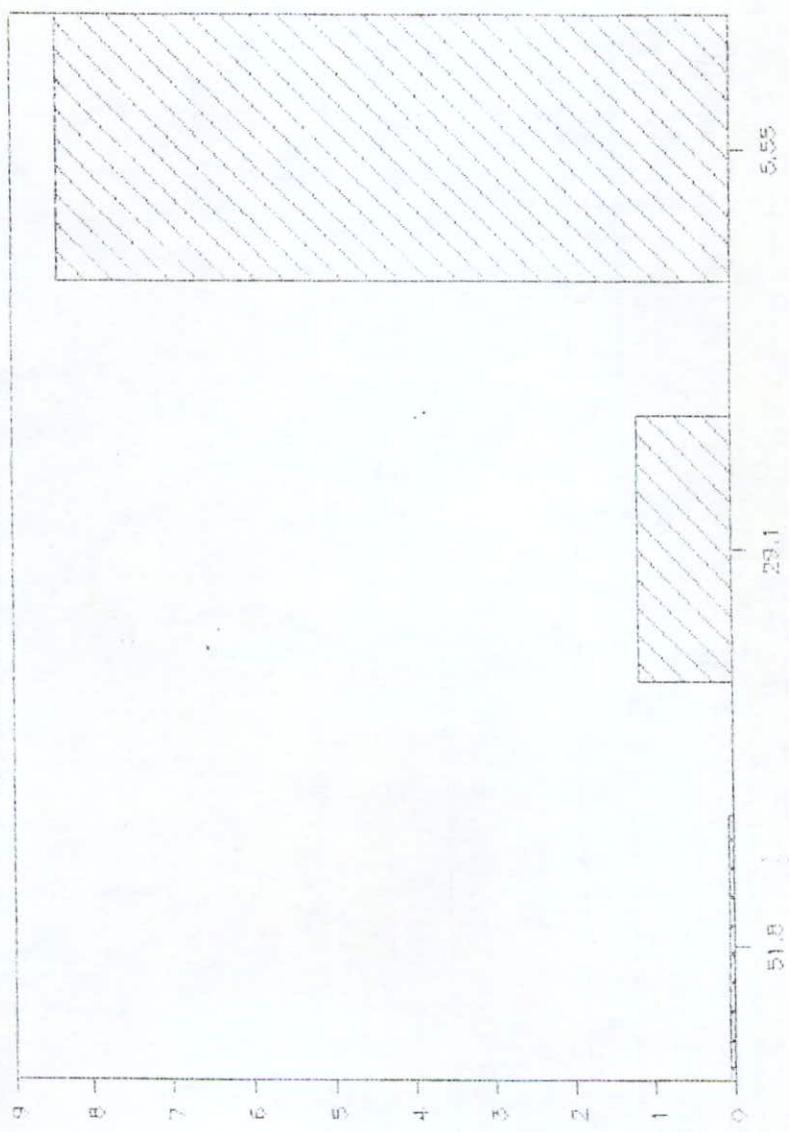
Se presenta también el histograma de estas corridas para así tener un punto más en el cuál basarse para la elección final.

RESULTADOS DE LAS MEJORES CORRIDAS ( TABLA 1 ). CONTRATANDO EXTERNAS

CRITERIO CONCEPTO	2 PIPAS PROXAS CONFIRMANDO PEDIDOS 12 P.M SIN T.L	3 PIPAS PROXAS CONFIRMANDO PEDIDOS 12 P.M SIN T.L	4 PIPAS PROXAS CONFIRMANDO PEDIDOS 12 P.M SIN T.L	5 PIPAS PROXAS CONFIRMANDO PEDIDOS 12 P.M SIN T.L
VIAJES POR PIPA	8.75	7.73	6.72	5.66
VIAJES DE LA FLOTILLA	17.5	23.2	26.9	28.3
PIPAS CONTRATADAS	11.6	8.02	4.13	1.7
TON. PEDIDAS	1020	1015	1024	1001
TON. ENTREGADAS	949	956	964	949
TIEMPO EN PLANTA	13.6	18.9	26.8	37.8
HORA QUE LA PIPA ESTA LISTA PARA CARGAR	8.58	8.91	9.35	9.16
ESPERA MAS DE 48 HORAS	51.8	56.8	59.9	60.2
ESPERA MENOS DE 48 HORAS	29.1	29.1	29.5	29.7
ESPERA MENOS DE 24 HORAS	55.5	58.5	64.9	76.7
SALE DE PLANTA	15.9	16.1	16.6	17
LLEGA AL DEPTO DE VENTAS	6.77	7.49	7.99	8.25
SALE DE MEXICO	16.8	16.9	17	16.9
LLEGA A GUADALAJARA	8.13	8.13	8.32	8.27
TON. NO SURTIDAS	71	59	60	52

# GRAFICA PARA DOS PIPAS

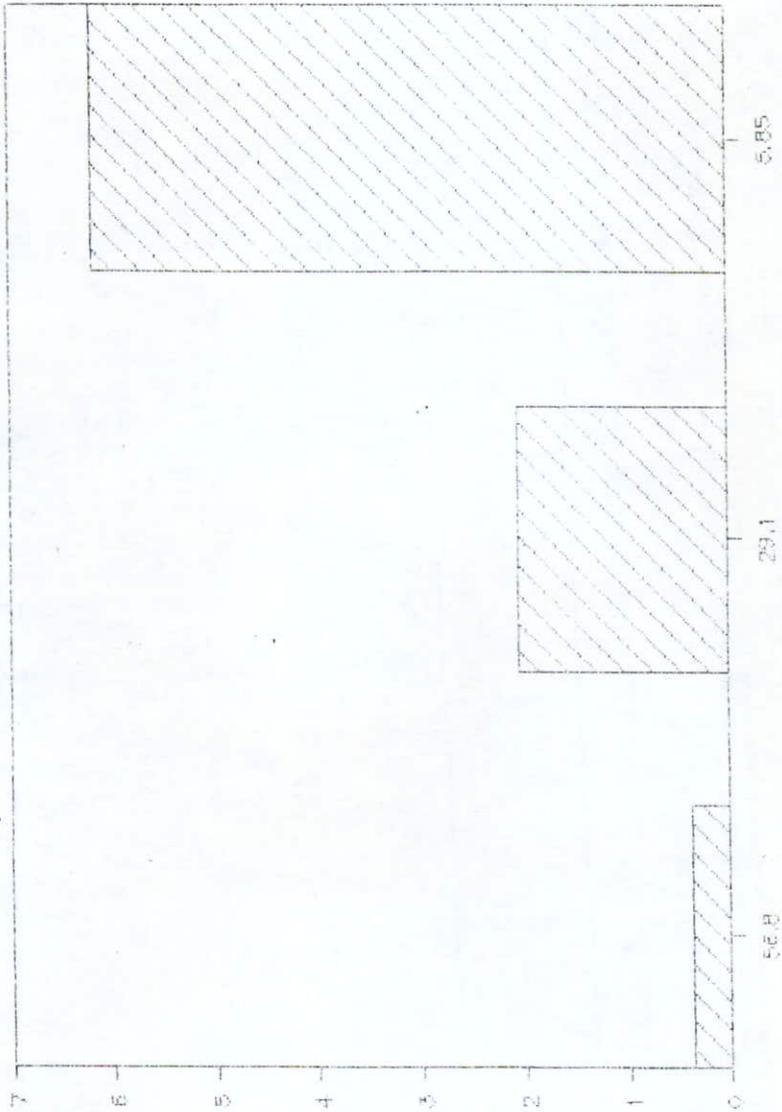
CONFIRMADO PEDIDOS A LAS 12 PM



VECES AL MES

# GRAFICA PARA IRRES PIPAS

CONFIRMANDO PEDIDOS A LAS 12 PM

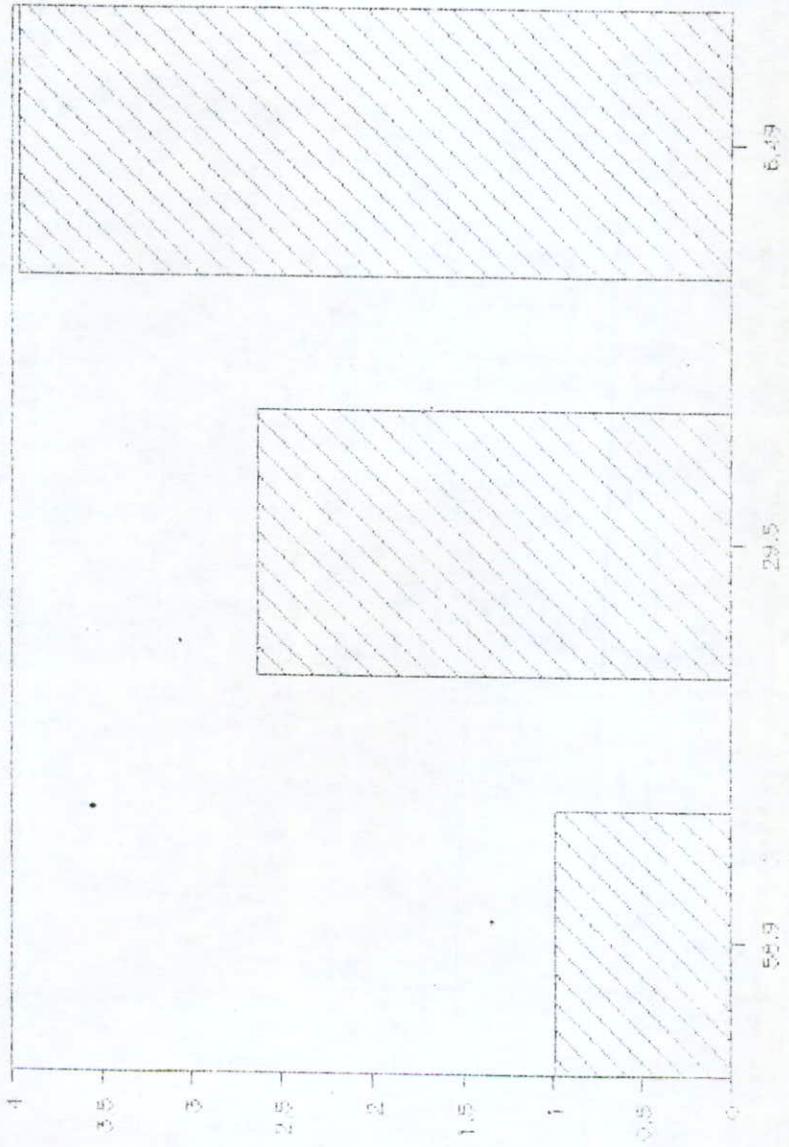


TIEMPO ANTES DE CARGA SIN T. LIMPIEZA

VECES AL MES

# GRAFICA PARA CUATRO PIPAS

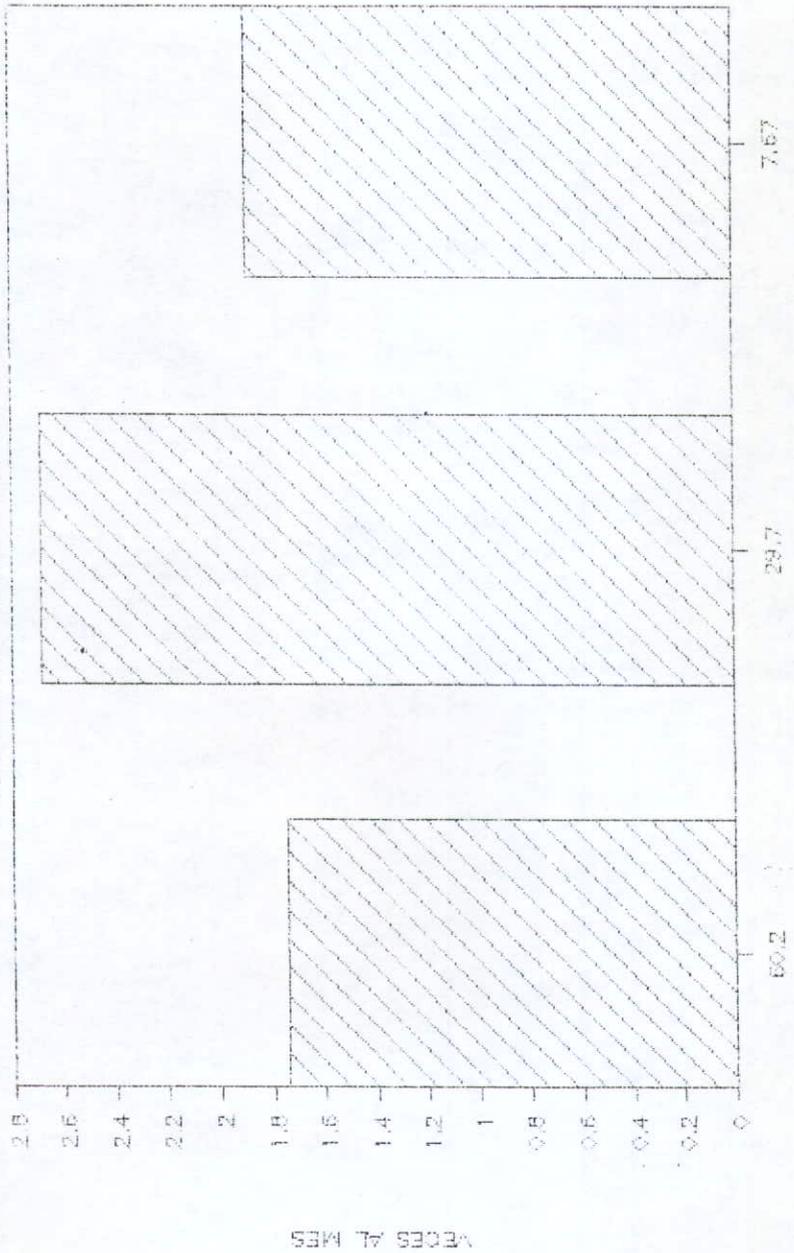
CONFIRMADO PETIDOS A LAS 12 PM



VECES AL MES

# GRAFICA PARA CINCO PIPAS

CONFIRMANDO PEDIDOS A LAS 12 PM



Dada la tabla y los histogramas anteriores, podemos llegar a la conclusión de que el tamaño de flotilla adecuado está entre tres y cuatro pipas exclusivas, ya que con estos tamaños de flotilla se cubren las necesidades actuales de la empresa, cumplen con los parámetros actuales y se mejora el tiempo en planta al eliminar el tiempo de limpieza en sí.

Para poder elegir un tamaño de flotilla específico, se presenta una evaluación económica, con la cual podremos apreciar cual de las dos opciones es la mejor, para apreciar esto con más claridad, el análisis económico se aplicará también a la corrida que se realizó con la condición de no manejar pipas de exclusividad, únicamente contratando externas.

Para este análisis tomaremos en cuenta los siguientes datos:

COSTO DE LA PIPA POR MES

PIPA EXTERNA

1'910,000.00

PIPA EXCLUSIVA

VARIABLES

FIJOS

1'000,000.00

15'000,000.00

Al hablar de costos fijos, nos referimos al costo que implica mantener cualquier tamaño de flotilla, sin importar el número de viajes que ésta realice.

#### 4.1 ANALISIS ECONOMICO

##### SIN PIPAS DE EXCLUSIVIDAD

Viajes por pipa externa = 33.2

Costo por mes de pipas externas

$$(33.2) (1'910,000.00) = 63'412,000.00$$

##### TRES PIPAS EXCLUSIVAS

Viajes con pipas externas = 8.02

Costo por mes de pipas externas

$$(8.02) (1'910,000.00) = 15'318,200.00$$

Viajes por pipa exclusiva = 7.73

Costos variables por pipa 7,730,000.00

Costo variable total al mes 23'190,000.00

Costo fijo 15'000,000.00

Total 38'190,000.00

Costo total por flotilla	38'190,000.00
Costo total por pipas externas	<u>15'318,200.00</u>
Costo total al mes	53'508,200.00

#### CUATRO PIPAS EXCLUSIVAS

Viajes con pipas externas = 4.13

Costo por mes de pipas externas

$$(4.13) (1'910,000.00) = 7'888,300.00$$

Viajes por pipa exclusiva = 6.72

Costo variables por pipa 6'720,000.00

Costo variable total al mes 26'880,000.00

Costo fijo 15'000,000.00

Total 41'880,000.00

Costo total por flotilla 41'880,000.00

Costo total por pipas externas 7'888,300.00

Costo total al mes 49'768,300.00

Con los datos presentados anteriormente, podemos llegar a una conclusión final, la cual sería elegir un tamaño de flotilla igual a 4 unidades exclusivas, contratando 4.13 pipas externas, esto cumple con los parámetros actuales y satisface las necesidades de los clientes.

Se presentan como anexos las tablas en las cuales se encuentran los resultados de todas las corridas efectuadas, así como los histogramas correspondientes a estos resultados.

CONCLUSIONES

Después de analizar las distintas corridas de simulación del modelo, en que se variaron los tiempos de lavado, demora en pedidos y número de pipas disponibles para esta operación, se pudo llegar a la solución del problema, es decir a determinar el tamaño óptimo de la flotilla de pipas para el transporte del producto elaborado por la empresa, el cual fue de 4 pipas propias y 4 pipas externas, ya que con esta combinación satisfacemos las necesidades actuales de la empresa y de los clientes.

Posteriormente con el mismo modelo, se puede llegar a simular otros casos especiales como: modificar tiempos en planta, tiempos de limpieza, tiempos de carga, posibilidad de que la pipa regrese cargada con materia prima utilizable en la misma planta, etc.

Los resultados obtenidos servirán para definir estándares en los procesos, para evitar el tener cuellos de botella en algunos mientras que en otros existen tiempos muertos.

La ventaja del modelo de simulación es evidente, se puede analizar todo el proceso antes de tomar una decisión respecto al número de pipas asignadas a esta operación, se pueden ver claramente las ventajas o inconvenientes que traería consigo cada una de las políticas previstas.

GLOSARIO

**ARRAY:** Esta instrucción se utiliza para definir un renglón de una tabla global del usuario, y especificar en ella sus valores iniciales. Estos valores pueden ser utilizados o modificados dentro de la red.

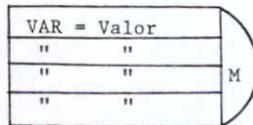
ARRAR(IROW,NELEMENTOS/valor,valor,valor...);

IROW = Número de renglones a definir.

NELEMENTOS = Número de elementos del renglón.

**ASSIGN:** Asigna valores a los atributos o las variables del sistema.

ASSIGN,VAR=VALOR,VAR=VALOR,M;



VARIABLES A LAS QUE SE PUEDEN ASIGNAR VALORES:

II VARIABLE ENTERA GLOBAL

TRIB(I) ATRIBUTO

XX(II) VARIABLE GLOBAL

**TRIBUTO:** Denota una propiedad de una entidad.

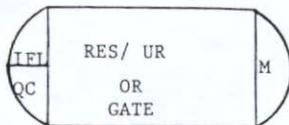
**AWAIT:** Este nodo es utilizado para requerir algún recurso o para esperar la apertura de un puente. Si no hay suficientes recursos o si el puente está cerrado, entonces las entidades esperan en este nodo de lo contrario se liberan y continúan a través de

la red.

```
AWAIT (IFL/QC), RES/UR, BLOCK OR BALK (NLBL), M;
```

OR

```
AWAIT (IFL/QC), GATE, BLOCK OR BALK (NLBL), M;
```



RES = Nombre del recurso que se solicita (puede ser atributo).

GATE = Nombre del puente que se espera (puede ser atributo).

IFL = Número de archivo para registrar las llegadas.

QC = Capacidad de la cola.

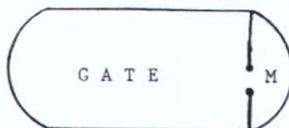
UR = Número de unidades solicitadas.

NLBL = Etiqueta en que se pasa en caso de Balking.

M = Número máximo de actividades a tomar.

CLOSE: Se utiliza para cerrar un puente. Después de cerrado un puente, las entidades deben esperar en el nodo "AWAIT" donde solicitan el puente.

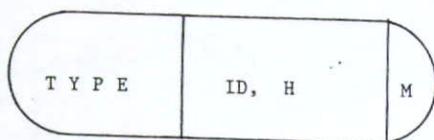
```
CLOSE, GATE, M;
```



GATE = Nombre o número de puente a asignar.  
El número puede ser especificado por algún atributo.

COLCT: Nodo para coleccionar estadísticas dentro de la red.

COLCT, TYPE, ID, NCEL/HLOW/HWID, M;



TYPE = Tipo de estadísticas.  
ID = Identificación de las estadísticas  
(16 caracteres).  
NCEL = Número de celdas del histograma.  
HWID = Tamaño del intervalo entre celdas.

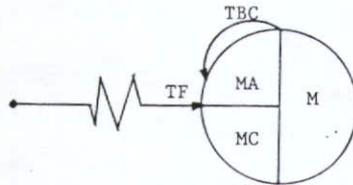
#### TIPO DE ESTADÍSTICAS

FIRST TIEMPO DE LA PRIMER LLEGADA  
ALL TIEMPO DE TODAS LAS LLEGADAS. SE SUMAN LOS  
TIEMPOS DE LLEGADA PARA CALCULAR UN  
TIEMPO PROMEDIO DE LLEGADA.  
BETWEEN TIEMPO ENTRE LLEGADAS, EN BASE A LA PRIMER  
LLEGADA.  
INT(NATR) INTERVALO ENTRE EL TIEMPO DE LLEGADA AL  
NODO Y EL VALOR DEL ATRIBUTO "NATR".

V. SLAM VALOR DE ALGUNA VARIABLE "SLAM".

CREATE: Crea entidades y las enruta al sistema a traves de las actividades que emanan de él.

CREATE, TBC, TF, MA, MC, M;



TBC = Tiempo entre llegadas.

TF = Tiempo en que llega la primer entidad.

MA = Guarda la hora de llegada en el atributo (MA) de la entidad.

MC = Número de entidades a crear.

M = Identificación de la siguiente actividad.

ENTIDAD: Término utilizado para denotar un objeto de interés en un sistema.

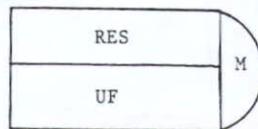
ESTADO DEL SISTEMA: Este término se utilizará para indicar una descripción de todas las entidades, atributos y actividades de acuerdo con su existencia en algún punto del tiempo.

EVENTO: Término que describe la ocurrencia de un cambio en un punto en el tiempo.

**FIN:** Esta instrucción debe ser la última de todo el modelo.

**FREE:** Este nodo es utilizado para liberar los recursos asignados a una entidad y que puedan ser utilizados por otra que está esperando en un nodo "AWAIT".

FREE, RES/UF, M;



RES = Nombre o número de recurso (puede ser atributo)

UF = Número de entidades a liberar (constante o variable)

M = Número de actividades a realizar.

**GATES:** Este bloque se usa para definir puentes y como tal no forma parte de la red. En él se especifica el nombre del puente, su estado inicial (abierto o cerrado) y el número de archivo donde se registrarán las llegadas al nodo.

GATE/GLBL, OPEN OR CLOSE, IFL's;

GLBL	OPEN OR CLOSE	IFL 1	IFL 2
------	---------------	-------	-------

GLBL = Nombre del puente.  
 OPEN OR CLOSE = Estado inicial del puente.  
 IFL's = Número de los archivos para registro de esperas.

Para referenciar un puente se utiliza su nombre o su número que es asignado automáticamente por SLAM de acuerdo al orden en que se especificaron todos los puentes del modelo.

**GENERATE:** La instrucción GENERATE debe ser la primera instrucción en un modelo SLAM. Esta prevee información general para identificar el modelo, el número de corridas y los formatos de salida.

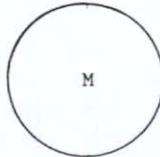
GEN, NAME, PROJECT, MON/DAY/YEAR, NNRNS, ILIST, IECHO, IXQT,  
 IPIRH, ISMRY/FSN, IO;

NAME = Nombre del analista (20 caracteres)  
 PROJECT = Nombre del modelo (20 caracteres)  
 MON = Mes  
 DAY = Día  
 YEAR = Año  
 NNRNS = Número de corridas  
 ILIST = (Y) Despliega listado cuando se compila.  
 (N) Suspendede el listado cuando se compila

- IECHO = (Y) Imprime el "Echo Report"  
(N) Suspende el "Echo Report"
- IXQT = (Y) Se intenta la ejecución si no se detectan errores en el input.  
(N) no se intenta la ejecución.
- IPIRH = (Y) El encabezado INTERMEDIATE RESULTS se imprime antes de la ejecución de cada corrida de simulación.  
(N) Se omite la impresión.
- ISMRY = (Y) El SUMMARY REPORT es impreso de acuerdo con las siguientes especificaciones de campo, FSN; de otra manera se suprime el reporte. Si la opción es (Y) un reporte de frecuencia de campo, FSN va a ser especificado como F después de la primera corrida solamente, S después de la primera y la última ó N un entero especificado después de cada N corrida.
- IO = Especifica el número de columnas a ser usadas para reportes de salida, las opciones son 72 o 132 columnas que son típicamente usadas para salidas de impresoras terminales y de línea respectivamente.

**GOON:** Nodo de terminación.

GOON, M;



**INITIALIZE:** Se utiliza para especificar el inicio y fin de la simulación.

INIT, TTBEQ, TTFIN;

TTBEQ = Tiempo inicial.

TTFIN = Tiempo final.

**LIMITS:** Se utiliza para definir el tamaño y estructura de los archivos que se van a utilizar en el modelo. Debe ser la segunda instrucción en un modelo.

LIMITS, MFIL, MATR, MNTRY;

MFIL = Número máximo de archivos utilizados.

MATR = Número máximo de atributos utilizados.

MNTRY = Número máximo de entidades en el sistema al mismo tiempo.

**MODELO:** Son descripciones de sistemas. Son una abstracción del sistema.

**MODELO FISICO:** Es aquel modelo cuyo comportamiento representa el sistema que se estudia, no es necesaria una descripción matemática del mismo.

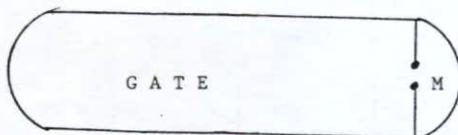
**MODELO MATEMATICO:** Expresión en forma de ecuación matemática que describe el comportamiento de las variables de un sistema.

**MODELO DE SIMULACION:** Es una representación Matemática-Lógica de un sistema, el cuál, puede ser ejercitado experimentalmente en una computadora.

**NETWORK:** Denota el inicio del modelo.

**OPEN:** Se utiliza para abrir un puente. Después de que abre un puente, las entidades que estaban esperando en un nodo "AWAIT" pueden continuar su ruta a través de la red.

OPEN, GATE, M;



**GATE** = Nombre o número del puente que se desea abrir. El número puede ser especificado por algun atributo.

**PRIORITY:** Esta instrucción se utiliza para especificar las prioridades a los diferentes archivos utilizados en el modelo.

**PRIORITY/IFILE,RANKING;** IFILE = Número de archivo.

**RANKING = FIFO:** primeras entradas primeras salidas.

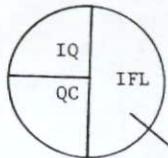
**LIFO:** últimas entradas primeras salidas.

**HVF(N):** valor más alto del atributo "N"

**LVF(N):** valor más bajo del atributo "N"

**QUEUE:** Localización en la red donde las entidades esperan por un servicio. La disposición de las entidades depende del estado de los servidores (OCUPADOS:ESFERA / DESOCUPADOS: PASA).

**QUEUE(IFL),IQ,QC;**



IFL = Número de archivo que contiene a las entidades en línea de espera.

IQ = Número de entidades esperando en línea al inicio de la simulación.

QC = Capacidad máxima de la línea de espera

**RESOURCE:** El bloque de recursos es usado para identificar el nombre o etiqueta del recurso, la capacidad inicial del recurso, o sea el número de entidades disponibles, y el archivo o archivos donde se registran las esperas del recurso.

RESOURCE/RLBL(IRC),IFL's

RLBL(IRC)	IFL 1	IFL 2
-----------	-------	-------

RLBL = Nombre del recurso.

IRC = Número de unidades disponibles.

IFL's = Número de archivos para registro.

**SELECT:** Con el nodo SELECT se pueden elegir llegadas de una línea de espera específica cuando existen varias, o también se puede elegir una actividad a seguir dependiendo de algunas condiciones.

**SIMULACION:** Describe la operación de un sistema en

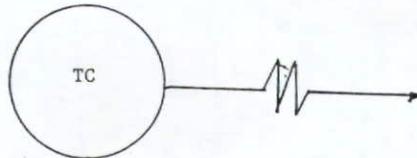
términos de eventos individuales de cada uno de los componentes del sistema.

**SISTEMA:** Es un agregado o conjunto de objetos reunidos en alguna interacción o interdependencia regular.

**SLAM:** Lenguaje de simulación para modelos alternativos

**TERMINATE:** Destruye o borra entidades de la red.

**TERM, TC;**



TC = Número de entidades que deben pasar por este nodo antes de finalizar la simulación.

ANEXOS

RESULTADOS DE TODAS LAS CORRIENTES (ANEXO 1). CONTRATANDO EXTERNAS

CRITERIO CONCEPTO	3M PIPAS PROPIAS, TL (0,12)	2 PIPAS PROPIAS TL (3, 15)	2 PIPAS PROPIAS TL (3, 15)
VIAJES POR PIPA	---	7.95	7.6
VIAJES DE LA FLOTILLA	0	15.9	15.2
PIPAS CONTRATADAS	33.2	16.6	16.9
TONL. PEDIDAS	997	1025	1010
TON. ENTREGADAS	897	947	934
TIEMPO EN PLANTA	19.6	18.9	21.1
HORA QUE LA PIPA ESTA LISTA PARA CARGAR	---	10.8	10.8
ESPERA MAS DE 48 HORAS	---	54.6	56.6
ESPERA MENOS DE 48 HORAS	---	28.2	31
ESPERA MENOS DE 24 HORAS	---	7.96	10.3
SALE DE PLANTA	14.2	15.2	14.9
LLEGA AL DEPTO. DE VENTAS	5.53	6.51	6.22
SALE DE MEXICO	17	16.8	16.9
LLEGA A GUADALAJARA	---	8.21	8.15
TONL. NO SURTIDAS	100	78	76

RESULTADOS DE TODAS LAS CORRIDAS ( ANEXO 2 ). CONTRATANDO EXTERNAS

CONCEPTO	2 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 8 AM TL(3,15)	2 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 12 PM SIN T.L	3 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 12 PM TL (1)
VIAJES POR PIPA	6.4	8.75	7.7
VIAJES DE LA FLOTILLA	12.8	17.5	23.1
PIPAS CONTRATADAS	19.7	14.6	8.7
TON. PEDIDAS	1015	1020	1027
TON. ENTREGADAS	935	949	962
TIEMPO EN PLANTA	30	13.6	19.5
HORA QUE LA PIPA ESTA LISTA PARA CARGAR	10.8	8.58	9.76
ESPERA MAS DE 12 HORAS	65.6	51.8	56.4
ESPERA MENOS DE 48 HORAS	40.6	29.1	28.6
ESPERA MENOS DE 24 HORAS	17.6	5.55	6.14
SALE DE PLANTA	14.1	15.3	16.1
LLEGA AL DEPTO. DE VENTAS	6.55	6.77	7.42
SALE DE MEXICO	16.8	16.8	16.9
LLEGA A GUADALAJARA	7.97	8.13	8.21
TON. NO SURTIDAS	80	71	65

RESULTADOS DE TODAS LAS CORRIDAS ( ANEXO 3 ). CONTRATANDO EXTERINAS

CRITERIO	3 PIPAS PROPIAS T.L. (1.1) CONFIRMACION DE PEDIDOS 11 AM	3 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 8 AM TL (1.1)	3 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 12 PM SIN TL
CONCEPTO			
VIAJES POR PIPA	7.53	6.56	7.73
VIAJES DE LA FLOTILLA	22.6	19.7	23.2
PIPAS CONTRATADAS	8.52	11.6	8.02
TON. PEDIDAS	1014	996	1016
TON. ENTREGADAS	947	927	956
TIEMPO EN PLANTA	19.9	27.3	16.9
HORA QUE LA PIPA ESTA LISTA PARA CARGAR	9.76	9.74	8.91
ESPERA MAS DE 48 HORAS	64.9	63.8	66.8
ESPERA MENOS DE 48 HORAS	28.1	33.4	29.1
ESPERA MENOS DE 24 HORAS	5.67	15	5.86
SALE DE PLANTA	16.5	13.8	16.1
LLEGA AL DEPTO. DE VENTAS	6.82	5.2	7.49
SALE DE MEXICO	16.9	16.8	16.9
LLEGA A GUADALAJARA	8.22	8.1	8.13
TON. NO SURTIDAS	67	68	59

RESULTADOS DE TODAS LAS CORRIDAS ( ANEXO 4 ) CONTRATANDO EXTERNAS

CONCEPTO	CRITERIO	4 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 12 PM SIN T.L	4 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 11 AM SIN T.L	4 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS B AMSINI T.L
VIAJES POR PIPA		6.72	6.7	6.32
VIAJES DE LA FLOTILLA		26.9	26.8	26.3
PIPAS CONTRATADAS		4.13	4	5.35
TON. PEDIDAS		1024	1007	1003
TON. ENTREGADAS		964	953	951
TIEMPO EN PLANTA		26.8	27	28.5
HORA QUE LA PIPA ESTA LISTA PARA CARGAR		9.35	9.36	9.05
ESPERA MAS DE 48 HORAS		58.9	58.7	56.7
ESPERA MENOS DE 48 HORAS		29.5	29	30.6
ESPERA MENOS DE 24 HORAS		6.49	6.13	10.4
SALE DE PLANTA		16.6	15.9	13.8
LLEGA AL DEPTO. DE VENTAS		7.99	7.23	6.32
SALE DE MEXICO		17	16.9	16.7
LLEGA A GUADALAJARA		8.32	8.33	7.91
TON. NO SURTIDAS		80 <sub>B</sub>	54	52

RESULTADOS DE TODAS LAS CORRIDAS ( ANEXO 5 ). CONTRATANDO EXTERNAS

CRITERIO CONCEPTO	5 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 12 PM SIN T.L.	6 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 11 AM SIN T.L.	5 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 8 AM SIN T.L.
VIAJES POR PIPA	5.66	5.7	5.64
VIAJES DE LA FLOTILLA	28.3	28.5	28.2
PIPAS CONTRATADAS	1.7	1.73	2.23
TON. PEDIDAS	1001	1009	1007
TON. ENTREGADAS	949	953	958
TIEMPO EN PLANTA	37.8	37.1	36
HORA QUE LA PIPA ESTA LISTA PARA CARGAR	9.16	9.14	8.93
ESPERA MAS DE 48 HORAS	60.2	60.5	58.6
ESPERA MENOS DE 48 HORAS	29.7	29.4	30.9
ESPERA MENOS DE 24 HORAS	7.67	6.69	11
SALE DE PLANTA	17	16.1	13.8
LLEGA AL DEPTO. DE VENTAS	8.25	7.36	6.22
SALE DE MEXICO	16.9	16.9	16.7
LLEGA A GUADALAJARA	8.27	8.25	7.99
TON. NO SURTIDAS	52	56	49

RESULTADOS DE LAS CORRIDAS SIN CONTRATAR EXTERNAS (ANEXO 6)

CRITERIO CONCEPTO	3 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 12 PM TL (1.1)	3 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 12 AM SIN T.L	4 PIPAS PROPIAS CONFIRMACION DE PEDIDOS 12 PM SIN TL
VIAJES POR PIPA	7.76	7.7	5.96
VIAJES DE LA FLOTILLA	23.3	23.1	23.9
PIPAS CONTRATADAS	0	0	0
TON. PEDIDAS	1036	1027	1003
TON. ENTREGADAS	742	736	761
TIEMPO EN PLANTA	15.79	15.89	32.23
HORA QUE LA PIPA ESTA LISTA PARA CARGAR	9.84	9.11	9.25
ESPERA MAS DE 48 HORAS	59.4	58.7	50.5
ESPERA MENOS DE 48 HORAS	29.4	29.9	29.8
ESPERA MENOS DE 24 HORAS	2.76	3.14	5.86
SALE DE PLANTA	15.8	15.6	16.8
LLEGA AL DEPTO. DE VENTAS	7.23	6.96	8.22
SALE DE MEXICO	16.9	16.8	16.7
LLEGA A GUADALAJARA	8.17	8.34	8.07
TON. NO SUFTIDAS	80	291	246

HISTOGRAMAS

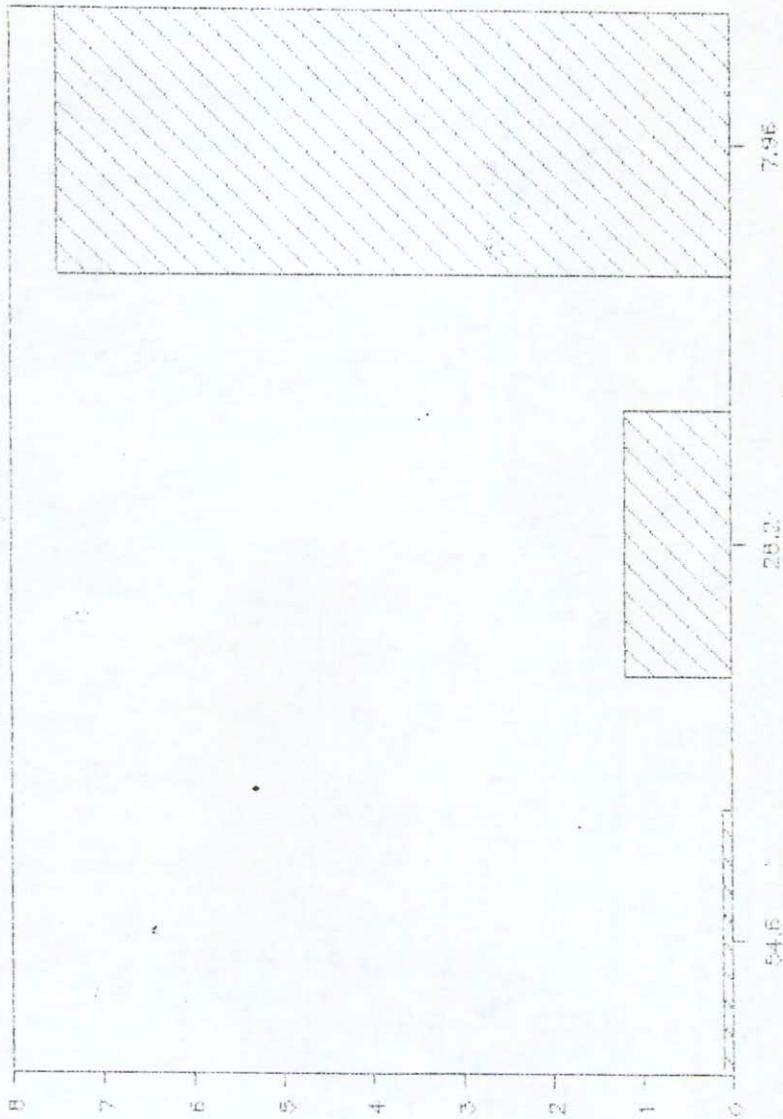
Las siguientes graficas indican el número de veces que la pipa tarda un determinado tiempo (tiempo muerto) antes de cargar, esto desde que llega a la ciudad de Guadalajara.

La grafica VECES AL MES VS TIEMPO ANTES DE CARGA, para dos pipas con los parámetros originales, nos indica lo siguiente:

VECES AL MES	TIEMPO HRS
8.5	7.96
1.3	28.20
0.2	54.60

# GRAFICA PARA DOS PIPAS

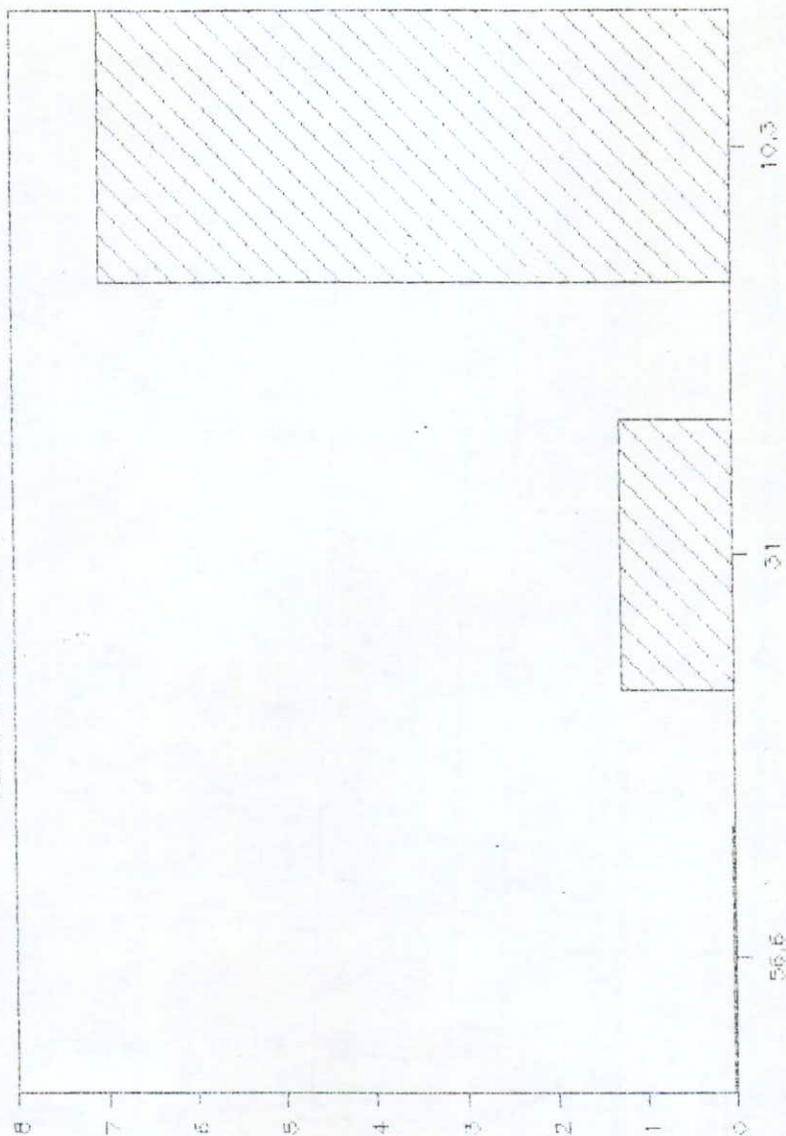
PARAMETROS ORIGINALES



VECES AL MES

# GRÁFICA PARA DOS PIPAS

CONFIRMADO PEDIDO A LAS 11 AM

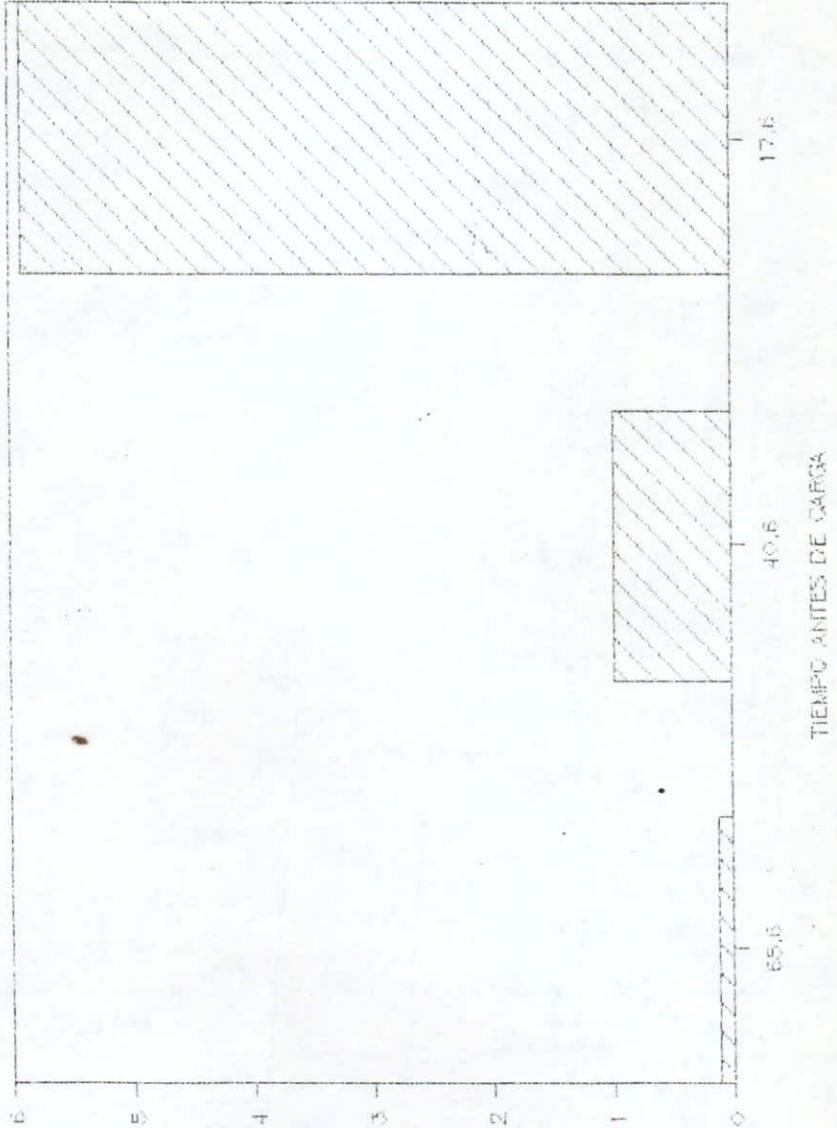


TIEMPO ANTES DE CARGA

VECES AL MES

# GRAFICA PARA DOS PIPAS

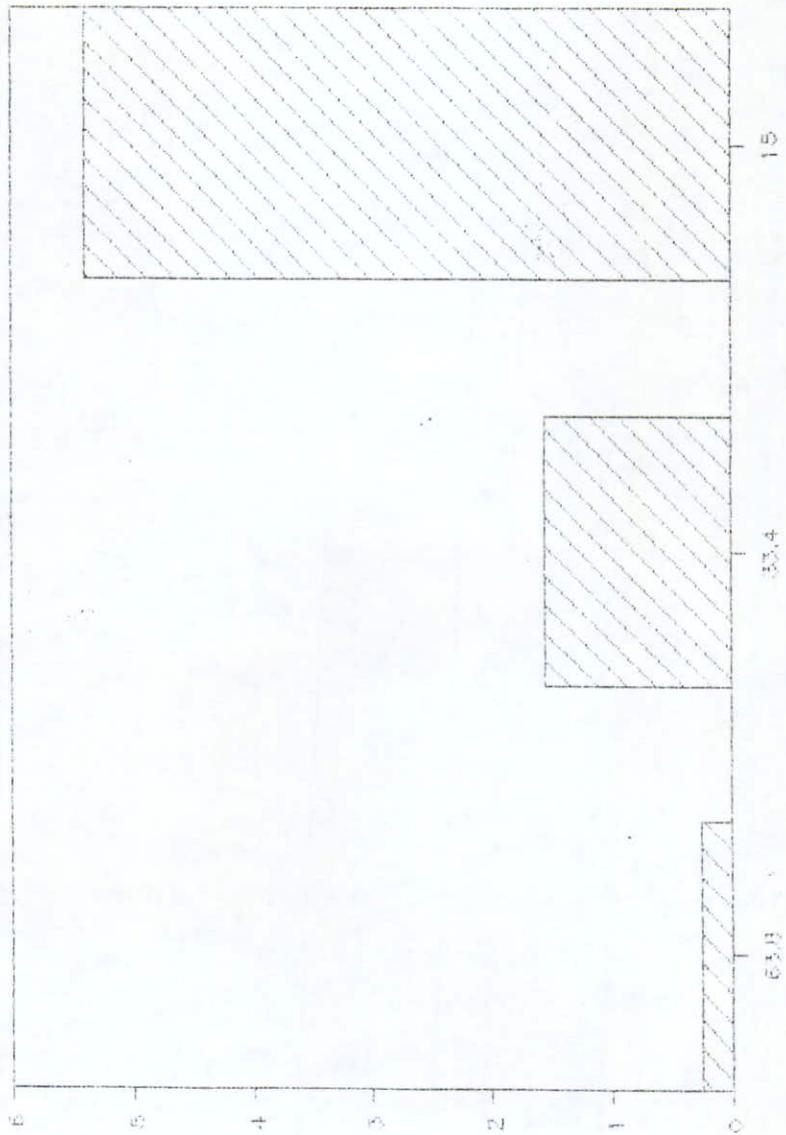
CONFIRMANDO PEDIDO A LAS 8 AM



VECES AL MES

# GRAFICA PARA TRES PIPAS

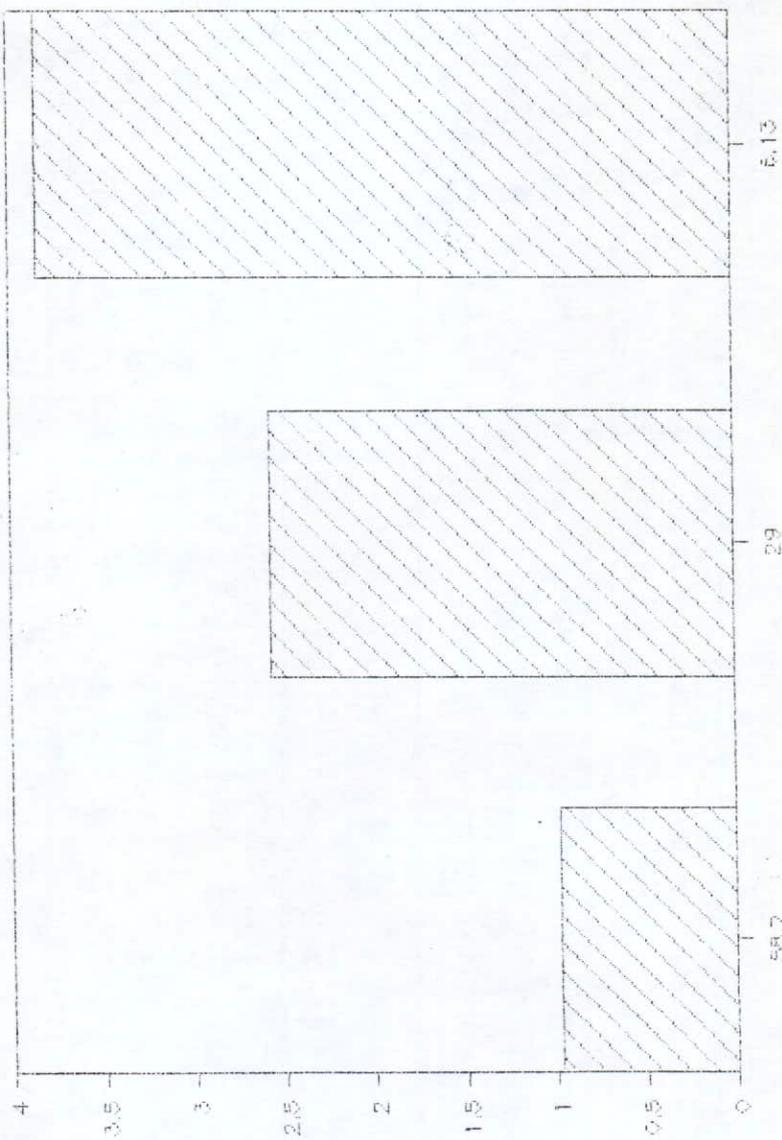
CONFIRMANDO PEDIDO A LAS 8 AM



VECES AL MES

# GRAFICA PARA CUATRO PIPAS

CONFIRMADO PEDIDO A LAS 11 AM

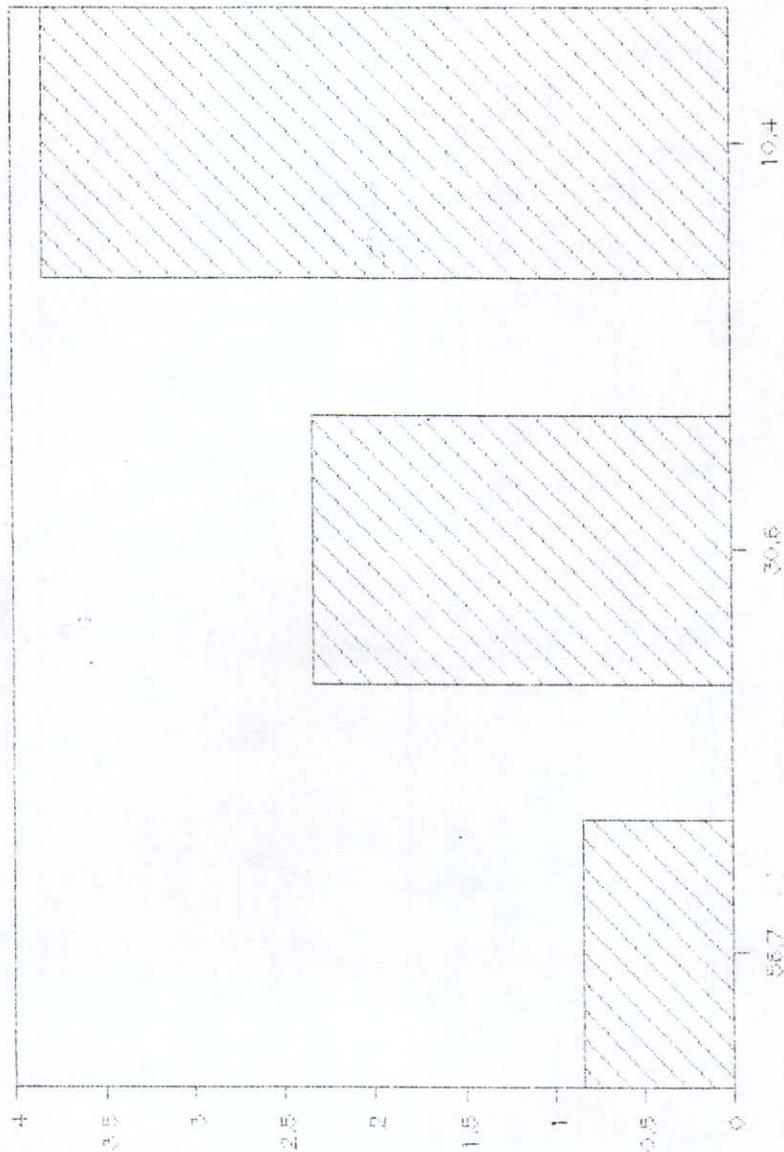


TIEMPO ANTES DE CARGA SIN T. LIMPIEZA

VECES AL MES

# GRAFICA PARA CUATRO PIPAS

CONFIRMADO FECHADO A LAS 8 AM

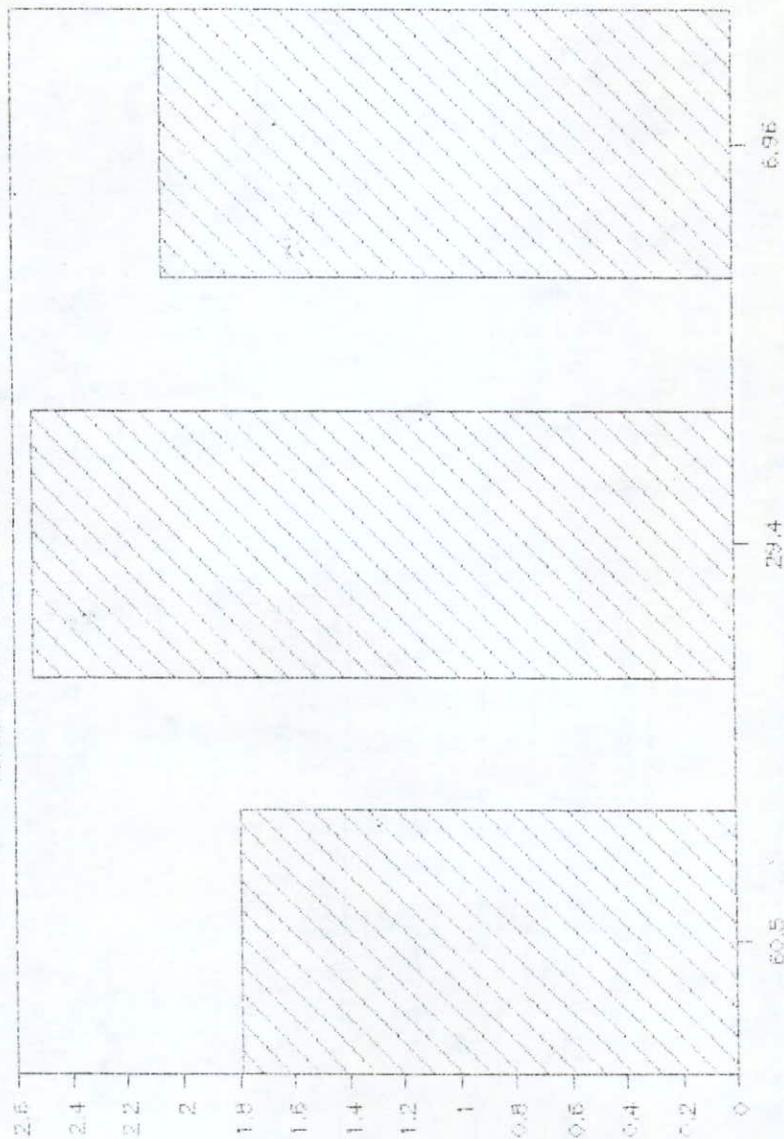


TIEMPO ANTES DE CARGA SIN T. LIMPIEZA

VALORES AL MES

# GRAFICA PARA CINCO PIPAS

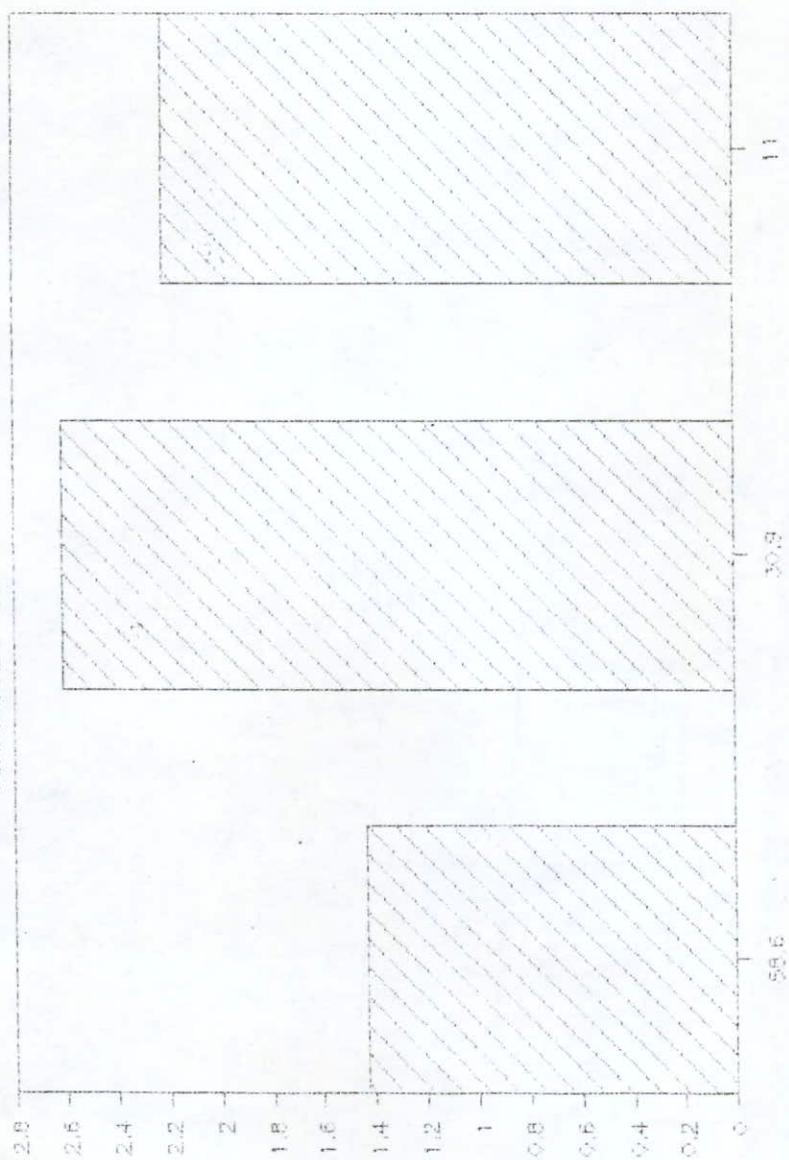
CONFIRMADO PEDIDO A LAS 11 AM



VALORES AL MBS

# GRAFICA PARA CINCO PIRAS

CONTENIDO PEDIDO A LAS 8 AM



TIEMPO ANTES DE CARGA SIN T. LIMPIEZA

MOSES Y SECCION

BIBLIOGRAFIA

GEOFFREY GORDON, " SIMULACION DE SISTEMAS"

EDITORIAL DIANA

MEXICO 1980

HILLIER LIEBERMAN, "INTRODUCTION TO OPERATIONS  
RESEARCH "

HOLDEN DAY INC. SN FRANCISCO, 1980

FRITSKER, A.ALAN," INTRODUCTION TO SIMULATION AND  
SLAM II "

HALSTED PRESS BOOK JOHN WILEY &  
SONS

NEW YORK , 1984

WILLIAM R.LILEGDON," SLAM II PC VERSION USER'S MANUAL

FRITSKER & ASSOCIATES, INC.

NEW YORK 1984

PEREZ INIGUEZ RAMON,"UN MODELO DE SUMULACION PARA  
LA CONSTRUCCION DE ESCOLLERAS"

TESIS PARA OBTENER LA MAESTRIA

EN INVESTIGACION DE OPERACIONES

EN LA DIVISION DE ESTUDIOS

SUPERIORES DE LA FACULTAD DE

INGENIERIA DE LA UNAM.

MEXICO 1978

