I. - ASPECTOS TEORICOS

I.1. - El Método Científico.

En su sentido más general, el método es un orden que se debe imponer a los diferentes procesos necesarios para lograr un fin dado o un resultado deseado. En las ciencias, se entiende por método el conjunto de procesos que el hombre debe emprender en la investigación y demostración de la verdad.

Toda investigación nace de algún problema, el método científico se concretiza en una serie de etapas o pasos que se deben dar para solucionar el problema.

A continuación se describe el proceso que sigue el método:

1. - Observación.

El término observar se puede definir como el aplicar atentamente los sentidos a un objeto para adquirir por este medio un conocimiento claro y preciso.

Para el buen éxito de la observación se exigen:

Condiciones fisicas:

Organos sensoriales normales e instrumentos científicos que aumenten el alcance y la precisión de las observaciones y que suplan los propios sentidos.

La observación debe ser exacta y completa, para ello, es necesario conseguir dar valores numéricos a todo lo que se observa en el fenómeno.

2.- Hipótesis.

Es la suposición de una causa o de una ley destinada a explicar provisionalmente un fenómeno hasta que los hechos la contradigan o invaliden.

La hipótesis tiene doble función:

Practica:

orientar al investigador, dirigiéndolo en la dirección de la causa probable o de la ley que se busca.

Teórica:

coordinar y completar los resultados ya obtenidos, agrupándolos en un conjunto completo de hechos, para facilitar su inteligibilidad.

Se pueden obtener hipótesis por deducción de resultados ya conocidos o por la experiencia.

Naturaleza de la hipótesis:

- a) No debe contradecir ninguna verdad ya aceptada o explicada.
- b) Debe ser simple.
- c) Debe ser sugerida y verificable por los hechos.

3. - Experimentación.

Consiste en el conjunto de procesos utilizados para verificar las hipótesis. La idea general que rige los procesos de experimentación es la siguiente:

Consistiendo la hipótesis, en tratar de descubrir si realmente B (efecto) varía cada vez que se hace variar A (causa).

El principio general en que se fundamentan los procesos de la experimentación es el determinismo que se enuncia así:

En las mismas circunstancias, las mismas causas producen los mismos efectos o también, las leyes de la naturaleza son constantes.

4. - Inducción.

El argumento inductivo se fundamenta en la generalización de propiedades comunes a cierto número de casos ya observados, y a todas las ocurrencias de hechos similares que se verifiquen en el futuro.

El grado de confirmación de los enunciados inducidos depende de las evidencias ocurrentes.

Para que las conclusiones de la inducción sean verdaderas o más comunmente posibles y tengan un mayor grado de sustentación, pueden agregarse al argumento evidencias adicionales bajo la forma de premisas nuevas que figuran al lado de las premisas inicialmente consideradas.

Basta una experiencia para autorizar o concluir una ley. La repetición del experimento es una verificación de la primera prueba y no una condición necesaria de la inducción.

5. - Deducción.

Esta argumentación vuelve explícitas verdades particulares contenidas en verdades universales.

El punto de partida es el antecedente que afirma una verdad universal y el punto de llegada es el consecuente, que afirma una verdad menos general, particular, contenida implicitamente en la primera.

El proceso deductivo, por un lado, lleva al investigador de lo conocido a lo desconocido con poco margen de error, pero, por otro lado, es de alcance limitado, pues la conclusión no puede poseer contenidos que excedan al de las premisas.

6. - Análisis y Síntesis.

El análisis es la descomposición de un todo en sus partes, partiendo de lo más complejo hacia lo menos complejo.

La sintesis es la reconstrucción de todo lo descompuesto por el análisis y parte de lo más simple hacia lo menos simple.

Sin el análisis, todo el conocimiento es confuso y superficial. Sin la síntesis es fatalmente incompleto.

7. - Teoría.

Las teorías científicas reunen un determinado número de leyes particulares bajo la forma de una ley superior y más universal. En otros términos, un conjunto de leyes particulares, ligadas por una explicación común es una teoría.

Función de las teorías:

- Coordinar y unificar el saber científico.
- Son instrumentos valiosos para el científico, pues le sugiere analogías hasta entoces ignoradas y le posibilita así, nuevos descubrimientos.

8. - Doctrina.

Se denomina de esta manera a un encadenamiento de pensamientos, que no se limita a comprobar y a explicar los fenómenos, sino que los aprecia en función de determinadas concepciones éticas y, a la luz de estos juicios, precisa ciertas medidas y prohibe otras.

La doctrina se sitúa en la línea divisoria de los problemas del espíritu y de los hechos.

I.2 - Elementos Teóricos de Líneas de Espera.

I.2.1 Antecedentes.

El trabajo pionero en el campo de teoría de colas fue, hecho por A. Erlang, un ingeniero danés asociado con la industria telefónica.

En casi todas las organizaciones hay ejemplos de procesos que generan líneas de espera, conocidas como colas. Una línea de espera se presenta cuando algún empleado, cliente, máquina o unidad, solicita un servicio y debe esperar por él, debido a que la instalación o centro de servicio operando a capacidad normal está temporalmente imposibilitada para prestar dicho servicio. Algunos ejemplos son: personas esperando en banco, pacientes en un consultorio médico, autos en un estacionamiento, etc.

Como podemos observar, solicitantes de servicio y servidores no necesariamente son personas. Pueden ser: un grupo de personas, vehículos, máquinas, etc.

Trataremos con algún detalle las tres partes del sistema de colas:

- 1. Población en busca de servicio.
- 2. La cola o linea de espera misma.
- 3. La instalación o centro de servicio.
- I.2.2 Características de la Población con Acceso o en Busca de Servicio.
- Tamaño de la población potencial.

La población potencial puede ser finita o infinita. Como los cálculos son mucho más sencillos para el caso infinito, esta suposición se hace muy seguido aún cuando el tamaño real sea un número fijo relativamente grande, y deberá tomarse como una suposición implícita en cualquier modelo que no establezca otra cosa. El caso finito es más difícil analíticamente, pues el número de clientes en la cola afecta el número potencial de clientes fuera del sistema en cualquier tiempo; pero debe hacerse esta suposición finita si la tasa a la que la población potencial genera clientes nuevos queda afectada en forma significativa por el número de clientes en el sistema de líneas de espera.

- Características de llegada de la población con acceso.

Los miembros de la población con acceso, llegan a la estación de servicio en algún patrón organizado (determínistico) o en un orden aleatorio (probabilístico). Si el patrón de llegadas es completamente conocido y sin incertidumbre, entonces el patrón de llegadas esta determinado por la razón promedio de llegadas o el tiempo promedio entre llegadas. Cuando las llegadas son aleatorias, tenemos que conocer la distribución de probabilidad que describe a las llegadas, específicamente, el tiempo entre llegadas. Los científicos de la administración han

demostrado que las llegadas aleatorias son a menudo descritas mejor con la distribución Poisson. Sin embargo las llegadas no siempre son de este tipo y debemos asegurarnos que la distribución Poisson es la apropiada antes de usarla.

- Conducta de la población con acceso.

Las poblaciones con acceso y sus miembros individuales, tienen diferentes actitudes sobre "como entrar a la línea". Pues puede aceptar o rehusar pertenecer a alguna de ellas. ya sea que lo acepte o no, la mayoría de los modelos de colas suponen que la población con acceso tiene bastante paciencia y acepta esperar.

I.2.3 Características de las Colas. (Líneas de Espera)

Es práctica común describir las características de la cola en términos de la longitud máxima a la que la cola puede crecer. Esta longitud se clasifica como limitada o ilimitada. Las longitudes de cola limitada son generalmente causadas por la falta de espacio (en una noche muy fría, la línea de espera para un restaurante puede estar limitada al número de personas que puedan amontonarse en el vestíbulo) o por la actitud de los miembros de la población con acceso (a algunas personas no les gusta esperar en líneas). Cuando se supone que la longitud de la cola es infinita, es mucho mas fácil utilizar modelos matemáticos.

1.2.4 Características del Centro de Servicio

- La disciplina de la cola.

Esto se refiere a la manera mediante la cual los clientes son seleccionados para ser atendidos cuando han formado una línea de espera. Estas disciplinas pueden ser:

- a) Primero en llegar primero en recibir servicio.
- b) Ultimo en llegar primero en recibir servicio.
- c) Selección aleatoria (la cual es independiente del tiempo de llegada a la línea de espera)
- d) Prioridad.

En la cual existen dos clasificaciones:

Perentoria: La cual permite al miembro de la población con acceso a que interrumpa a los miembros que ya están recibiendo servicio (Si el director de su facultad entra a toda prisa a la cafeteria de la facultad, y le pregunta si le molestaría que se metiera a la cola para poder llegar a tiempo a una junta importante y usted acepta, ya entiende lo que es la prioridad perentoria).

No perentoria: Arregla la cola para que el miembro con la prioridad más alta reciba la primera estación de servicio abierta.

- La distribución de probabilidad apropiada que describe los tiempos de servicio (patrón de servicio).

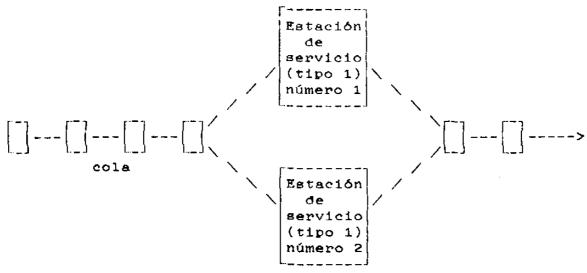
El patrón de servicio se puede describir mediante el número clientes servidos por unidad de tiempo o bien el tiempo requerido para servir a un cliente. Con ello, nos referimos a razón de servicio o tiempo de servicio, es posible que los tiempos de servicio sean determinísticos (cada miembro de la linea de espera requiere el mismo tiempo para recibir servicio) o probabilistico (aleatorios). Si los tiempos de servicio están distribuidos en forma aleatoria, debemos encontrar la distribución de probabilidad que mejor describa administración comportamiento. Los científicos de la encontrado que se describen mas frecuentemente por distribución Exponencial de probabilidad. Otro factor que debe considerarse al evaluar los tiempos de servicio es el hecho de que estos términos están condicionados al hecho de que el sistema no está vacío, es decir, que existe alguien en el sistema requiriendo servicio. Si el sistema está vacío, decimos que el servidor está ocioso. Cuando los tiempos de servicio están distribuidos exponencialmente y las llegadas distribuidas en forma Poisson, estudiar el comportamiento de las líneas de espera es mucho más sencillo.

- La distribución física del sistema de colas.

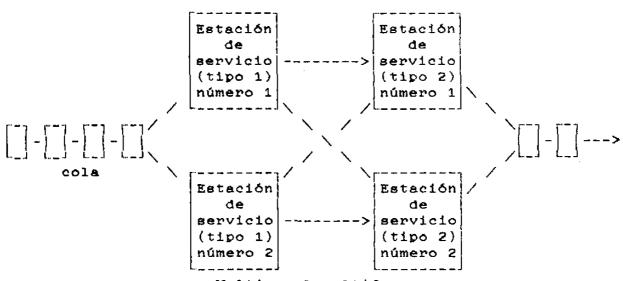
La distribución física de un sistema de colas se describe en los términos del canal y de la fase. Un sistema unicanal tiene una sola estación de servicio, mientras un sistema multicanal tiene más de una estación de servicio en paralelo que puede atender varios clientes simultáneamente. La fase se refiere al número de servidores de quien tiene que recibir servicio (servidores en serie), como ejemplo podemos mencionar un examen médico general, donde cada persona debe pasar por varias estaciones de servicio que pueden ser: examen del oído, vista, garganta, sangre, electrocardiogramas, etc. Con el fin de explicar mas claramente el concepto de canal y fase, mostramos a continuación varios ejemplos de cada uno:

Un solo canal una sola fase

Un solo canal, multifase



Multicanal, una sola fase



Multicanal, multifase

Después de hacer una descripción física de un sistema de lineas de espera, enfocaremos nuestra atención en las medidas de efectividad. Generalmente son tres los aspectos de interés que se tratan de "medir":

- a) El tiempo de espera del cliente para ser atendido.
- b) La manera en la cual, los clientes se van acumulando en la linea de espera.
- c) El tiempo ocioso de los servidores.

El objetivo principal de evaluar estos aspectos es determinar el nivel específico de servicio que minimiza el costo total de proporcionar el servicio y esperar por ese servicio.

I.2.5 Notación.

Un proceso de espera se describe mediante una serie de simbolos separados por líneas inclinadas A/B/X/Y/Z , donde A indica la distribución del tiempo entre llegadas, B la distribución del tiempo de servicio, X el número de canales, Y la capacidad del sistema, y Z la disciplina de la línea de espera. Los símbolos de cada uno de estos aspectos se presentan en la siguiente tabla:

Característica	Simbolo	Explicación
	М	Exponencial
Tiempo entre	D	Deterministico
Llegadas (A)	Ek	Erlang tipo k
		(k = 1, 2,)
	GI	General
		independiente
	м	Exponencial
Tiempo de	D	Deterministico
Servicio (B)	Ek	Erlang tipo k
		(k = 1, 2,)
	G	General
Número de canales (X)	1,2,3,,∞	
Capacidad del sistema (Y)	1,2,3,∞	
	FIFO	Primero en llegar primero en salir
Disciplina de	LIFO	Ultimo en llegar
la cola		primero en salir
-	SIRO	Selección
		Aleatoria
	PRI	Con prioridades
	GD	Disciplina general

Por ejemplo: $M/D/2/\infty/FIFO$ indica un proceso de espera con tiempo entre llegadas Exponencial, tiempo de servicio deterministico, dos canales, capacidad infinita y disciplina primero en llegar primero en salir.

I.2.6 Algunos Modelos Matemáticos.

Se define τ como la razón promedio de llegadas (número esperado de llegadas de clientes por unidad de tiempo) y μ es la razón promedio de servicio (número promedio de clientes atendidos por unidad de tiempo). De donde se obtiene que $1/\tau$ es el tiempo promedio entre llegadas y $1/\mu$ es el tiempo promedio de servicio.

Notación para medidas de eficiencia

- Lq * Número promedio de clientes en la línea de espera (excluyendo los que están siendo atendidos).
- L = Número promedio de clientes en el sistema (incluyendo los que son atendidos).
- Wq = Tiempo promedio de espera en la cola (sin incluir el tiempo de servicio).
- W = Tiempo promedio de espera en el sistema (incluyendo tiempo de servicio).

A continuación se presentan los modelos matemáticos más comunes:

I.2.6.1 Solución del Modelo M/M/1/∞/FIFO en Estado Estacionario.

Las soluciones que se mencionan son válidas bajo las siguientes hipótesis:

- 1.- El sistema se encuentra en estado estacionario, por ésto se entiende que: ha estado operando durante un intervalo de tiempo, de tal manera que las influencias de las condiciones iniciales prácticamente se han anulado y las características del funcionamiento del sistema se han estabilizado en valores independientes del tiempo.
- 2.- La distribución del tiempo entre llegadas es Exponencial. NOTA: Si el tiempo entre llegadas es Exponencial entonces la llegada de clientes por unidad de tiempo es Poisson.
- 3.- La distribución del tiempo de servicio es Exponencial.
- 4. El sistema tiene un solo servidor.
- 5.- La capacidad del sistema es infinita.
- 6. La disciplina de la linea de espera es FIFO (primero en llegar primero en recibir servicio).

Soluciones:

1.2.6.2 Solución del Modelo M/M/1/K/FIFO.

Las soluciones son válidas bajo las siguientes hipótesis:

- 1. El sistema se encuentra en estado estacionario.
- 2. La distribución del tiempo entre llegadas es Exponencial.
- 3. La distribución del tiempo de servicio es Exponencial.
- 4.- El sistema tiene un servidor.
- 5.- La capacidad del sistema es K. (la longitud máxima de la cola es de K clientes).
- · 6. La disciplina de la linea de espera es FIFO

$$7.-\tau + \mu$$
 donde $\int = \tau/\mu$

$$\int \left[1 - (k+1) \int_{0}^{k} + k \int_{0}^{k+1} \right] \\
L = \frac{k+1}{(1-\int_{0}^{k+1} (1-\int_{0}^{k+1} (1-\int_{$$

I.2.6.3 Solución del Modelo M/M/C/∞/FIFO

Hipótesis de la solución:

- 1. El sistema se encuentra en estado estacionario
- 2. El tiempo entre llegadas tiene distribución Exponencial.
- 3. El tiempo de servicio tiene distribución Exponencial.
- 4.- El sistema tiene C canales (servidores) cuyos tiempos de servicio son independientes.
- 5.- La capacidad del sistema es infinita.
- 6. La disciplina de la cola es FIFO.

$$7. - \tau / (C\mu) < 1$$

Lq =
$$\begin{pmatrix} (\tau/\mu) & \tau\mu \\ (C-1)! & (C\mu - \tau) \end{pmatrix}$$
 Po Wq = $\begin{pmatrix} Lq \\ \tau \end{pmatrix}$

donde

Po =
$$\begin{bmatrix} C-1 & 1 & | & \tau & | & 1 & | & \tau & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | & c & | &$$

I. - τW

I.2.6.4 Solución del Modelo M/M/C/K/FIFO

Hipótesis de la solución

- 1.- El sistema se encuentra en estado estacionario.
- 2.- La distribución del tiempo entre llegadas y del tiempo de servicio es exponencial.
- 3.- El sistema tiene C canales.
- 4.~ La capacidad del sistema es K
- 5. La disciplina de la cola es FIFO

$$Lq = \frac{Po (Cf)^{c}}{C!(1-f)} = \begin{bmatrix} k-c+1 & k-c \\ 1-f & -(1-f) & (K-C+1) & f \\ & & & \end{bmatrix}$$
 (f = \tau/C\mu)

donde Po =
$$\begin{bmatrix} c & c & k-c+1 \\ c-1 & 1 & \tau & n & (\tau/\mu) & 1-(\tau/c\mu) \\ \Sigma & ---(---) & + & ----- & ------ \\ n=0 & n! & \mu & c! & 1-\tau/c\mu \end{bmatrix}$$
 si $(\tau/c\mu \neq 1)$

$$\begin{bmatrix} c & c & c \\ c-1 & 1 & \tau & n & (\tau/\mu) \\ \Sigma & ---(---) & + & ----- & (K-C+1) \\ n=0 & n! & \mu & c! \end{bmatrix}$$
 si $(\tau/c\mu = 1)$

L 1
$$\tau$$
 k W = ----- (-----) Po $\tau(1-Pk)$ k-c μ C C!

I.2.6.5 Solución del Modelo $M/Ek/1/\infty/FIFO$

Hipótesis de la solución.

- 1) El sistema se encuentra en estado estacionario.
- 2) La distribución del tiempo entre llegadas es exponencial y del tiempo de servicio es Erlang tipo K.
- 3) El sistema tiene un canal.
- 4) El sistema tiene capacidad infinita.
- 5) La disciplina de la cola es FIFO.

$$Wq = \begin{bmatrix} k+1 \\ ----- \\ 2k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tau \\ \mu(\mu-\tau) \end{bmatrix} \qquad W = Wq + \frac{1}{\mu}$$

 $Lq = \tau Wq \qquad L = \tau W$

1.3. - Elementos Teóricos de Simulación.

I.3.1 Introducción.

Cuando se dificulta o imposibilita la resolución del modelo analítico requerido en un determinado problema, entonces la simulación es una herramienta muy útil.

La simulación se define como un proceso numérico diseñado para experimentar el comportamiento de un sistema en una computadora digital, a través del tiempo. El comportamiento del sistema se presenta a base de modelos matemáticos y lógicos, diseñados para tal fin.

La simulación presenta algunas ventajas y desventajas. las cuales a continuación mencionaremos:

Ventadas:

- a) Permite estudiar el sistema real sin deformarlo.
 Los modelos analíticos requieren la simplificación del sistema
 real de estudio, con el fin de que se apegue a las
 condiciones que fundamentan la teoría del modelo, por
 ésto, muchos modelos analíticos resuelven un sistema
 deformado muy lejano del sistema real.
- b) Los procesos de simulación son herramientas muy efectivas del entrenamiento de personal y generan una visión macro y micro del sistema, mucho más profunda y detallada que cualquier modelo analítico.

Desventajas:

- a) Los procesos de simulación no producen resultados óptimos, sino simplemente buenos.
- b) Se consume mucho tiempo en el diseño, prueba y verificación de un modelo de simulación, requiriendo de estudios de campo intensivos para familiarizarse con el sistema real de estudio.
- I.3.2 Etapas en la Construcción de un Modelo de Simulación.

Las simulaciones se llevan a cabo con una secuencia de cinco etapas. Las cuales sirven como una guía de lo que debe incluirse para realizar con éxito un experimento.

Etapas:

- 1) Reconocimiento del problema y definir sus límites.
- 2) Recolección de Datos.
- 3) Formulación de un programa de computadora.
- 4) Validación del programa.
- 5) Diseño de experimentos de simulación.

1) Reconocimiento del problema y definir sus límites.

En esta primera etapa se recomienda una entrevista con los responsables para definir:

- a) Los objetivos y el alcance del estudio.
- b) Los componentes del sistema.
- c) Las variables (exógenas, de estado y endógenas).
- d) La forma en que éstas interactuan entre sí.

Las variables exógenas son las independientes o de entrada del modelo y deben de estar predeterminadas y proporcionadas independientemente del sistema que se modele. Puede considerarse que estas variables actúan sobre el sistema pero no reciben acción alguna de parte de él.

Las variables de estado describen el estado de un sistema o bien parte de él, ya sea al inicio o al final durante un período de tiempo. Estas variables interactuan con las variables exógenas y endógenas de acuerdo a relaciones funcionales y a respuestas en el sistema.

Las variables endógenas son las dependientes o de salida del sistema y son generadas por la interacción de las variables exógenas con las variables de estado.

2) Recolección de Datos.

Recolección es el proceso de capturar los datos disponibles que se requieren para la simulación del comportamiento del sistema.

Existen tres posibles fuentes de información:

- * Datos históricos
- * Opiniones de expertos
- Estudios de campo

Los datos históricos que han sido previamente limpiados de irrelevancias son datos útiles y de rápido procesamiento para convertirlos en información. La desventaja es que su grado de detalle puede estar limitado y por lo tanto su utilidad es solamente parcial.

La opinión de expertos es generalmente información subjetiva, carente de detalle y de utilidad mínima, pero es una manera barata y rápida de obtener cierto tipo de información complementaria.

Los estudios de campo son el método más efectivo, aunque más costoso y tardado de obtener la información requerida. esta estrategia requiere del diseño de una muestra estadísticamente representativa del universo bajo estudio, de un cuestionario que asegure la relevancia y confiabilidad de los mismos y de personal entrenado que levante la encuesta.

3) Formulación de un Programa de Computadora.

Los pasos a seguir para formular un programa de computadora son:

- a) Elaborar un diagrama de flujo que muestre el efecto de las diferentes actividades sobre los componentes importantes de un sistema.
- b) Diseñar la programación en algún lenguaje especial (GPSS, SIMSCRIPT, GASP, DINAMO, etc. o un lenguaje de propósito general como FORTRAN y BASIC.)
- c) Verificar los errores de codificación del programa.
- d) Probar el programa hasta eliminar todos los errores lógicos y no lógicos.
- e) Generar resultados.

En la formulación de un programa de computadora se deben especificar las condiciones con las que se empezarán a simular el comportamiento del sistema. Esto es importante, porque en el proceso de simulación se distinguen dos fases: una no estable al principio del proceso y una estable al finalizar éste. Para validar a un modelo de simulación se requiere analizar estadisticamente los resultados de la parte estable del proceso, en todas las corridas del mismo.

Los formatos de los resultados de las diferentes corridas de computadora de un proceso de simulación, se deberán diseñar en función a la comunicación inteligente que se tendrá con los usuarios. La presentación de resultados debe ser relevante, inteligible y clara.

4) Validación del Programa.

Validar un programa de computadora en un proceso de simulación es un problema difícil, porque requiere una combinación de suposiciones prácticas, teóricas, estadísticas y filosóficas complejas. La validación consiste en realizar una serie de pruebas de hipótesis para verificar o refutar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de las múltiples corridas de un experimento de simulación. Paralelamente, se comparan los resultados de la

simulación con serles históricas existentes y se verifica la exactitud del pronóstico generado por la simulación o dicho de otra manera, debemos probar:

- a) ¿Qué tan bien coinciden los valores simulados de las variables endógenas con datos históricos conocidos si están disponibles?
 - b) ¿Qué tan exactas son las predicciones del comportamiento del sistema real hechas por el modelo de simulación, para períodos a futuros?
- 5) Diseño de Experimentos de Simulación.

Aquí debemos comparar diferentes niveles de las variables controlables del sistema y seleccionar aquellos que nos den mejores resultados. Aquí generalmente se puede aplicar el método estadístico de Análisis de Varianza.

- II. EL CASO PRACTICO.
- II.1 Descripción del Sistema.

II.1.1 Antecedentes.

En el año de 1989 se detectó que había un alto porcentaje de camiones que se encontraban con tiempos de espera (estadía) muy elevados tanto en el estacionamiento como en el interior de la planta, lo que ocasionaba quejas continuas de parte de los clientes y choferes.

Debido a ésto se procedió a detectar cuales eran las causas que generaban dichos aumentos en los tiempos de espera y se encontraron las siguientes:

- * Un mal control de las unidades tanto en el estacionamiento como en el interior de la planta.
- * Falta de comunicación interdepartamental.
- * Elevado tiempo de demoras en las máquinas envasadoras.
- * Desequilibrio en la carga de las máquinas envasadoras.
- * Falta de atención hacia los clientes.

Se llevaron a cabo las siguientes medidas correctivas:

- * La puesta en marcha del sistema de estadías (MOESTA) que incluye la instalación de una terminal de computadora en el estacionamiento.
- * La asignación de las unidades en el interior de la planta por medio de: Colores en cada una de las máquinas envasadoras y un menor número de unidades destinadas a cada una de las máquinas.
- * Instalación de teléfono en el estacionamiento.
- * Se diseñó un nuevo sistema el cual permite visualizar de una mejor manera las demoras.
- * Se diseñó un sistema que permite visualizar con más claridad el desequilibrio en máquinas envasadoras con la finalidad de corregirlo.
- * Se impartieron cursos de relaciones públicas al personal de báscula y vigilancia.

Gracias a ésto el porcentaje de camiones con estadía elevada disminuyó notablemente.

Con la implementación de las anteriores medidas no se logró solucionar problemas tales como:

- * Largos tiempos de estadía. (tiempo promedio de entre 2.5 a 3 hrs.)
- * Quejas continuas de los clientes por la demora en la carga.

Debido a la inminente instalación de una planta cementera competidora en la región, nos propusieron como tarea analizar los problemas anteriores y tratar de desarrollar un modelo matemático que representara el sistema de espera de clientes que llevan cemento en sacos o en su defecto simular el sistema y hacer analisis de sensibilidad, compromiso que aceptamos.

A continuación expondremos todo el trabajo realizado para lograr nuestro compromiso.

Para iniciar, en la siguiente sección se explica el proceso que se sigue para el despacho de cemento en sacos y se describen las instalaciones involucradas en el sistema.

II.1.2 Proceso para Compra y Despacho de Cemento.

El proceso se ilustra en el diagrama de flujo. Explicaremos dicho, proceso refiriéndonos al plano de la planta.

- a) Al llegar el chofer a la planta, debe estacionar su unidad en el estacionamiento de camiones, denominado "patios", luego se dirige a pie a las oficinas de ventas de la planta a solicitar su orden de carga.
- b) En las oficinas de la planta se dirige a la caja a pagar el importe de la carga o en su defecto a la ventanilla de crédito, luego pasa a una tercera ventanilla donde le proporcionan su orden de carga en original y copias, posteriormente regresa a patios.
- c) En patios entrega una copia de la orden de carga y el vigilante lo da de alta en el sistema de espera. En patios debe aguardar el chofer a que lo llame el vigilante para autorizarle la entrada a la planta a cargar. A su vez el vigilante llama a los choferes, cuando de la entrada de la planta, (llamada Báscula) le solicitan el envío de camiones.
- d) El chofer dirige su unidad a la entrada de la planta en donde entrega otra copia de la orden de carga al vigilante, quien le indica al chofer en que máquina va a ser despachado, después coloca la unidad en la báscula para registrar el peso sin la carga de cemento.
- e) El chofer hace fila en la máquina asignada por báscula. Llegando su turno, entrega una copia de la orden de carga a

los estibadores, los cuales toman nota del tonelaje que despacharán. Luego el chofer debe dirigirse a una oficina denominada "notero" donde una persona lo da de alta en el sistema de surtido, registrando la máquina y el tonelaje que despachará.

f) Después de surtir su cargamento, se dirige a báscula donde se registra el peso de la unidad ya cargada de cemento, (si hay un error en el tonelaje se le regresa a la máquina que lo haya surtido) estando todo correcto se le da salida del sistema.

El proceso anterior es para un cliente que envía su propia unidad por cemento, a este tipo de chofer lo llamaremos "chofer no planta" ya que la planta también ofrece el servicio de envío de cemento al lugar que se le solicite dentro del área metropolitana, a este tipo de chofer lo llamaremos "chofer de planta". El proceso de despacho de este último es el de la b) a la f) ya que siempre está en las oficinas de ventas esperando órdenes de carga por enviar. Además los choferes de planta tienen prioridad sobre los choferes no planta al momento de entrar a cargar cemento.

II.1.3 Instalaciones.

El estacionamiento de camiones denominado "patios" es un terreno localizado en el exterior de la planta aproximadamente a 400 mts. de la entrada. Dichas instalaciones cuentan con una caseta para el vigilante y una área cerrada con ventilación y sanitarios para ser utilizada por los choferes que se encuentran esperando ser llamados a cargar.

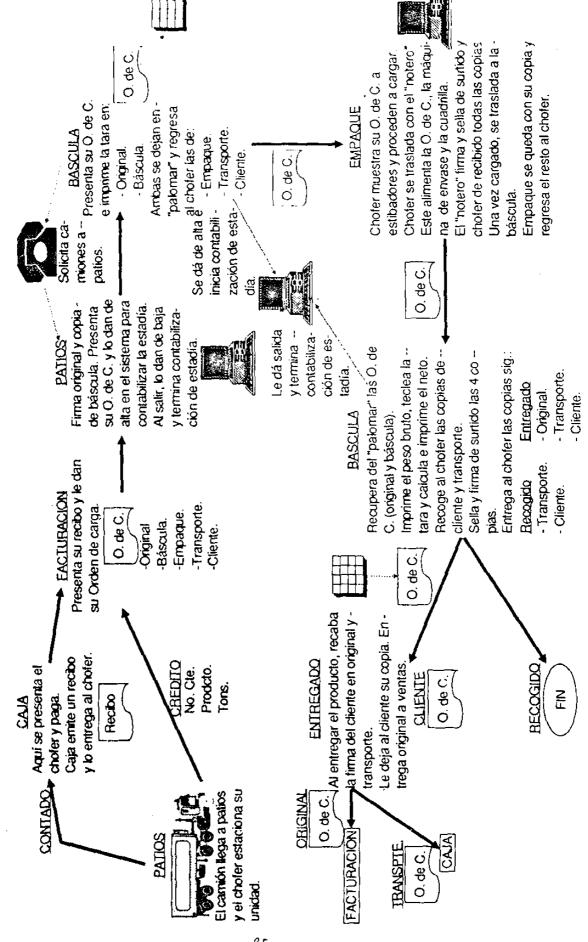
La planta cuenta con cuatro unidades para el despacho de cemento en sacos: las cuales denominaremos máquinas 3,5,6 que surten cemento gris y la máquina 4 que surte cemento blanco o de exportación. En estas máquinas los sacos son transportados en bandas, desde su empaque hasta la tarima del camión.

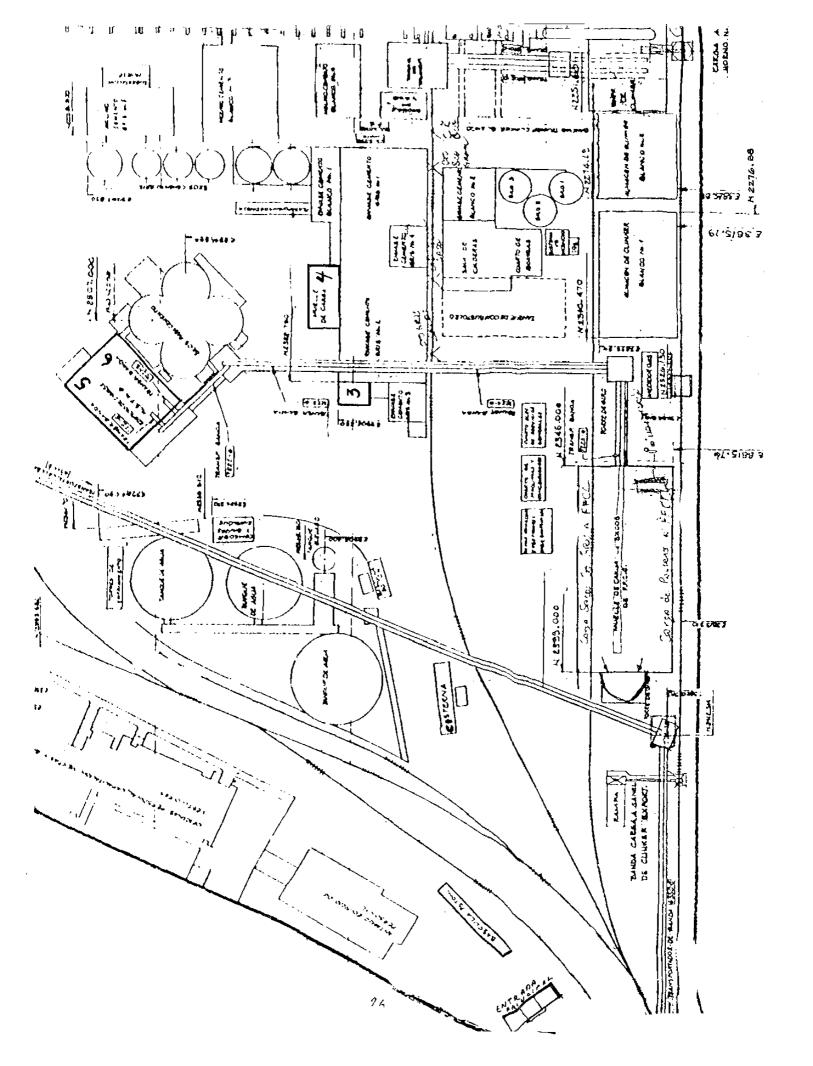
Cada máquina consta de dos bandas transportadoras alimentadas por la misma máquina de empaque. De manera que cuando una banda está sirviendo, la otra se repliega para permitir el acomodamiento del siguiente camión. Así que, al terminar de cargar un camión inmediatamente se empieza a surtir el siguiente, de este modo si empaque no falla, el proceso de carga es continuo.

Cada banda tiene una pareja de estibadores que acomodan los sacos en el camión, a éstos se les paga según la cantidad de toneladas despachadas.

Las oficinas administrativas se encuentran localizadas en el interior de la planta.

PASOS DEL PROCESO DE DESPACHO ACTUAL (Sacos)





II.2 Recopilación de Datos.

II.2.1 Análisis del Proceso de Despacho para la Elaboración del Modelo Matemático.

Se analizó paso por paso el proceso de despacho de cemento centrando nuestra atención en detalles significativos para la elaboración de nuestro modelo matemático.

II.2.2 Oficinas Administrativas.

No se observó ningún congestionamiento ya que casi todos los clientes solicitan telefónicamente el cemento que se les va a surtir de manera que cuando llega el chofer ya se tiene toda la papelería en orden, lo cual hace que no se presente congestionamiento alguno.

Solo una minoría es la que llega sin previo aviso a realizar todos los trámites lo cual hace que la longitud de la cola sea prácticamente cero.

De lo anterior, se acordó ignorar esta fase en el modelo matemático.

II.2.3 Patios.

Se procedió a tomar tiempo de llegada a patios y estimar el tiempo de servicio del vigilante al recibir la orden de carga y darla de alta en el sistema.

La recolección de datos referentes a la llegada de camiones, para inferir la distribución del tiempo entre llegadas se presenta en el anexo A.

El muestreo se realizó de 8:00 a 12:00 hrs. y de 14:00 a 18:00 hrs. los días 14 y 17 de Mayo de 1991.

La primer columna indica los intervalos de hora en hora, la segunda columna indica el número de orden al llegar cada conductor, la tercer columna indica la hora exacta a la que llegó conductor a reportarse al estacionamiento de camiones (patios), la cuarta columna indica el tiempo trancurrido entre llegadas. que es la diferencia en minutos del tiempo de llegada de un conductor y el tiempo de llegada de su antecesor, la quinta columna indica el tipo de chofer, que puede ser de planta o no planta. la sexta columna indica el tipo de producto que va a llevar, el cual puede ser cemento gris, cemento blanco y cemento mixto (cierto número de toneladas de cemento gris y el resto de carga de blanco), la septima columna indica la cantidad de toneladas que llevará y la octava columna se refiere a observaciones especiales. (en esta columna estamos indicando la longitud de la cola en ese momento y también el tiempo de servicio del vigilante).

II.2.4 Maquinas.

Nuestro objetivo aquí, es estimar el tiempo de servicio en cada máquina, el cual se inicia al caer el primer saco y termina al caer el último saco de cemento.

Se levantaron muestreos de tiempo de servicio en máquinas el 9,10 y 13 de Mayo de 1991, los cuales se presentan en el anexo B. La primera columna del reporte señala el número de orden progresivo en que fué llegando cada camión, segunda columna indica la hora exacta en que inició el servicio de carga, la tercera columna indica la hora en que terminó el servicio de carga, la cuarta columna indica el tiempo consumido en el servicio de carga que se obtiene restando la tercera columna menos la segunda, la quinta columna indica la cantidad de toneladas que se deben surtir y la sexta columna indica el tiempo de servicio por tonelada que se obtiene dividiendo la cuarta entre la quinta columna.

Solamente se registran las máquinas 3.5,6 que son de cemento gris. La máquina 4 (cemento blanco) tiene un comportamiento muy irregular ya que su servicio está sujeto a la urgencia de surtir cemento de importación y al número de clientes que soliciten el servicio o bien al número de toneladas que dichos clientes deseen cargar, por lo cual no se pudo hacer un muestreo representativo, por lo tanto nuestra atención se concentrará en el funcionamiento de las máquinas de cemento gris.

II.3. - Análisis Estadístico.

A los datos obtenidos en el muestreo de tiempo de llegada a patios se les calculó su media aritmética y desviación típica muestral generando el siguiente resumen estadístico.

ASPECTO	MAÑANA -	TARDE	MAÑANA -	TARDE
tiempo entre llegadas	X = 4.31 S = 5.19 n = 48	X = 5.83 S = 5.14 n = 35	X = 5.45 S = 5.83 n = 31	X = 5.07 S = 7.94 n = 45
Longitud de la cola	- X = 0.75 S = 0.98	- X = 0.34 S = 0.59	X = 0.74 $S = 1.04$	
tiempo de servicio	- X = 1.03 S = 0.47 n = 44	- X = 0.98 S = 0.51 n = 35	X = 1.24 S = 0.54 n = 31	- X = 1.03 S = 0.58 n = 46

De la tabla anterior se deduce que no existe congestionamiento en el tiempo de servicio del vigilante de la caseta de patios ya que el promedio de la longitud de la cola es menor que uno, entonces no se considera esta fase como parte del modelo matemático.

Lo importante aquí, es el tiempo entre llegadas, para lo cual se realizó un análisis de varianza para determinar si son iguales las medias del tiempo entre llegadas, tomándose cuatro bloques: martes en la mañana, martes en la tarde viernes en la mañana y viernes en la tarde. Como no se confirmaron las hipótesis de normalidad, se optó por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, donde el estadístico H=2.59 y Ji-Cuadrada igual a 7.81 con alfa=0.05 y gl=3, como H es menor a 7.81, se concluye que no existe diferencia significativa en las medias por lo tanto se acepta que son iguales. (ver tabla II.1)

	l-Wallis analysis of m	avi1417 by rangos	
Level	Sample Size	Average Rank	-
1	48	75.5417	-

4 45 75.9111

35

31

2

3

90.2000

81.3226

Test statistic = 2.59987 Significance level = 0.457512

Tabla II.1

Se realizó una prueba Ji-Cuadrada de bondad de ajuste a una distribución exponencial (con alfa = 0.05) en los datos de tiempo entre llegadas registrados el martes 14 y viernes 17 de Mayo, agrupados como una sola población la cual consta de 159 datos, los resultados obtenidos se presentan en la tabla II.2. Este ajuste puede observarse también en la figuras II.1.

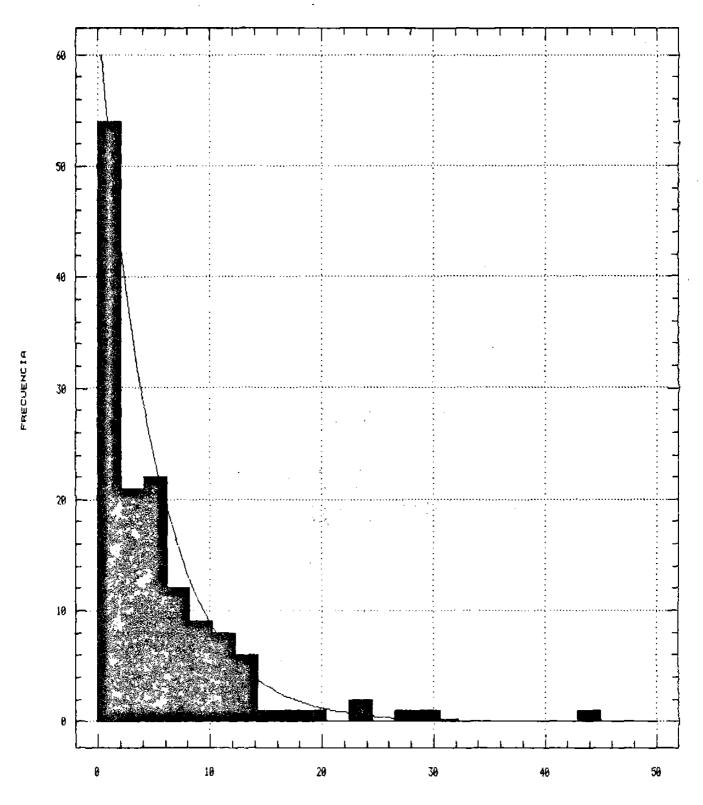
Tabla II.2 Chisquare Test

Lower Limit	Upper Limit	Observed Frequency	Expected Frequency	Chisquare
at or helow	.5000	19	14.9	1.1287
.5000	1.5000	40	25.7	7.8989
1.5000	2.5000	14	21.1	2.4130
2.5000	3.5000	寄	17.4	5.0513
3.5000	4,5000	1.33	14.3	.1120
4.5000	5.5000	1.1	11.7	.0437
5,5000	6.5000	1. 1	9.6	.1970
6.5000	7.5000	6	7.9	.4587
7.5000	8.5000	6	6.5	.0373
8.5000	9.5000	7	5.3	.5214
9,5000	41.5000	, 5	8.0	1.1113
11.5000	13.5000	1.1	5.d	5.8643
13.5000	17.5000	- 2	6.1	2.7384
oove 17.5000	•	6	5.1	.1668

Chisquare = 27.7431 with 12.4. f. Sig. level = 6.03109E-3

FIGURA 11.1 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA

Y AJUSTE A UNA DISTRIBUCION EXPONENCIAL



TIEMPO ENTRE LLEGADAS MAYD 14 Y 17 31

Podemos hacer notar que se rechaza dicho ajuste, por consiguiente, se hace necesario la recolección de nuevos datos muestrales y pruebas estadísticas.

La recolección de datos referentes a la llegada de camiones, se realizó los días 27,29,30 de mayo los datos recabados se presentan en el anexo A. calculando a cada muestra su media y desviación típica, de donde se obtiene el siguiente resumen estadístico.

Lunes 27:	n -	127	×	æ	4.60	min	8	=	7.26	min
Miércoles 29:	n =	127	×	=	4.78	min	8	-	5.91	min
Jueves 30:	n =	73	×	-	7.76	min	8	_	8.18	min

Posteriormente de este resumen estadístico se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis para determinar si las muestras provienen de una misma población los resultados de la prueba son:

Level	Sample Size	Average Rank
1 %	12.7	143.394
2	127	162.268
3	73	202.863

Test statistic = 18.7154 Significance level = 8.62972E-5

TABLA II.3

Podemos hacer notar en este bloque de muestreo, que las condiciones mencionadas anteriormente no se cumplen, es decir, las medias no son iguales ya que ya que H = 18.7154 y Ji-Cuadrada es igual a 5.99 con alfa = 0.05.

Pensando en que la información obtenida no era suficiente para el análisis de una situación tan compleja se proyectó otra sesión de muestreo durante otra semana.

Los días 1,8,9,10,11,12 de Julio se realizó un nuevo muestreo de llegadas a patios, cuyos datos obtenidos se presentan en el anexo A.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de bondad de ajuste del tiempo entre llegadas a una

distribución Erlang por ser la distribución típica en estos casos y las gráficas de los mismos.

Se les aplicó la prueba Ji-Cuadrada y de Kolmogorov-Smirnov con alfa = 0.05

Lunes 8 de Julio de 1991

Estimated parameters: 5.5769
Chi*2 Goodness-of-fit Statistic = 7.5498 with 4 degrees of freedom.
Probability of a larger value = 0.10953

The Kolmogorov-Smirnov test
Estimated Kolmogorov statistic dplus = 0.15385
Estimated Kolmogorov statistic dminus = 0.041477
Estimated overall statistic DN = 0.15385
Approximate significance level = 0.014553

Martes 9 de Julio de 1991

Estimated parameters: 5.6262 Chi*2 goodness-of-fit satistic = 8.0886 with 6 degrees of freedom probability of a larger value = 0.23168

The Kolmogorov-Smirnov test
Estimated Kolmogorov statistic dplus = 0.14557
Estimated Kolmogorov statistic dminus = 0.060037
Estimated overall statistic DN = 0.14557
Approximate significance level = 0.021457

Miércoles 10 de Julio de 1991

Estimated parameters: 5.8515 Chi*2 goodness-of-fit statistic = 3.7014 with 4 degrees of freedom probability of a larger value = 0.44793

The Kolmogorov-Smirnov test
Estimated Kolmogorov statistic dplus = 0.13624
Estimated Kolmogorov statistic dminus = 0.048181
Estimated overall statistic DN = 0.13624
Approxumate significance level = 0.04707

Jueves 11 de Julio de 1991

Estimated parameters: 5.2124 Chi*2 goodness-of-fit statistic = 17.189 with 5 degrees of freedom probability of a larger value = 4.1542E-3

The Kolmogorov-Smirnov test
Estimated Kolmogorov statistic dplus = 0.19711

Estimated Kolmogorov statistic dminus = 0.068104 Estimated overall statistic DN = 0.19711 Approximate significance level = 3.0732E-4 Viernes 12 de Julio de 1991

Estimated parameters: 6.5882 Chi*2 goodness-of-fit statistic = 17.127 with 6 degrees of freedom probability of a larger value = 8.8265E-3

The Kolmogorov-Smirnov test

Estimated Kolmogorov statistic dplus = 0.12834
Estimated Kolmogorov statistic dminus = 0.067784
Estimated overall statictic DN = 0.12834
Approximate significance level = 0.12159

Vemos que en los días 8,9.10, la prueba Ji-Cuadrada acepta el ajuste a una distribución Erlang y la prueba Kolmogorov-Smirnov la rechaza. Para el día 11 ambas pruebas rechazan el ajuste. Para el día 12 la prueba Ji-Cuadrada rechaza el ajuste y la prueba Kolmogorov-Smirnov lo acepta. Tratando de evitar incurrir en el error tipo II (aceptar una hipótesis falsa) se rechaza la hipótesis de que el tiempo entre llegadas tiene distribución Erlang.

A los datos obtenidos en el muestreo de tiempo de servicio en máquinas se les calculó su media aritmética y desviación tipica muestral generando el siguiente resumen estadístico.

Maq.	3	n	-	60	2	×	-	12.96	min	8	=	8.07	min
Maq.	5	n	#	37	:	×	#	12.24	min	ន	=	5.00	min
Maq.	6	n	_	24	. :	×	1 121	14.83	min	s	=	7.66	min

Se aplicó un análisis de varianza a una muestra de 121 datos con la prueba de Kruskal-Wallis donde el estadístico H=8.57 con Ji-Cuadrada igual a 5.99 donde alfa es 0.05 y gl = 2 , de donde se rechaza la hipótesis de que las medias son iguales.

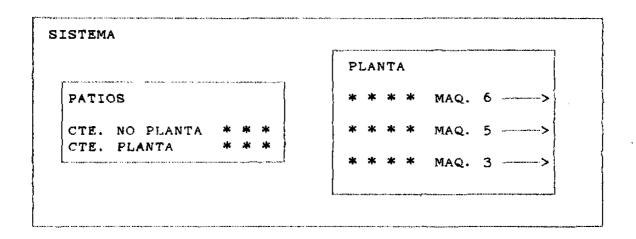
Este análisis estadístico nos permite observar que la construcción y manejo de un modelo matemático resulta complicada, si a esto se añade el que un cliente puede cargar en más de una máquina (mixtos) dificulta la manipulación del modelo matemático, por ello se descarta el uso de dicho modelo y se procede a estudiar el sistema de espera mediante simulación.

II.4 Establecimiento del Modelo de Simulación.

II.4.1 Simulación

Para poder establecer el modelo de simulación, utilizaremos el procedimiento indicado en el capítulo I.

A estas alturas, ya tenemos una visión más completa del problema, de tal manera que el sistema de espera se puede resumir en: Dos filas, una de choferes de planta los cuales tienen prioridad y la otra de choferes de no planta, los cuales son atendidos por tres servidores que son las máquinas 3,5.6, ver diagrama:



Las variables por determinarse son: El patrón de llegadas a patios y el patrón de servicio, en el análisis estadístico se observó que la primera de estas variables no se ajusta a ninguna distribución teórica por lo que se decidió utilizar la distribución empírica en la simulación. Con respecto a el patrón de servicio es necesario inferir la distribución del tiempo de servicio para cada máquina ya que en el análisis estadístico se obtuvo que sus distribuciones son diferentes.

Para complementar los datos ya obtenidos se realizó una nueva sesión muestreo del tiempo de servicio en máquinas los días 28 y 31 de mayo, también los días 24 y 25 de junio de 1991. la cual se presenta en el anexo B. Debemos aclarar que para implementar la simulación lo más cercano posible a la realidad, consideramos adecuado el manejo de tiempo de servicio por tonelada, es decir para cada cliente dividimos el tiempo total de servicio entre el tonelaje que lleva para obtener un tiempo de servicio por tonelada.

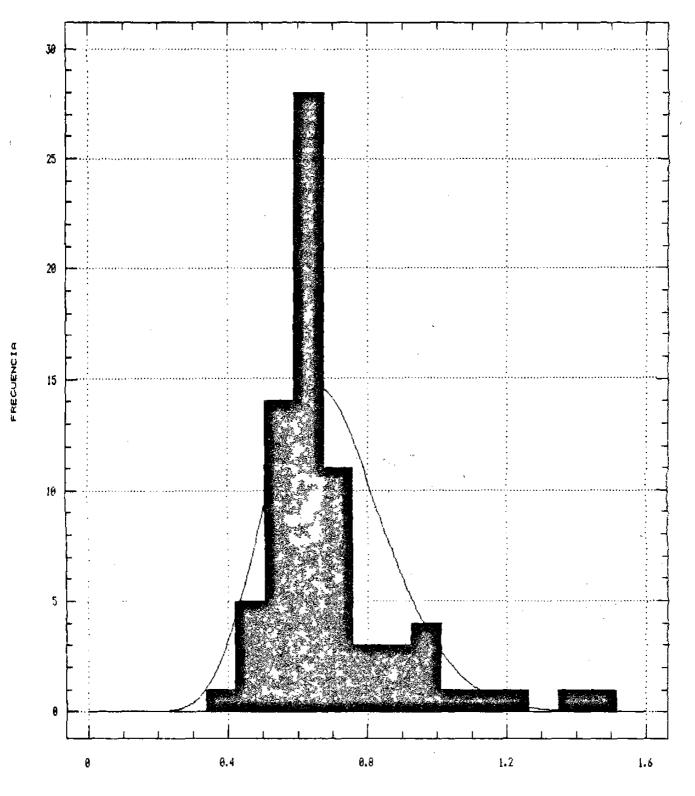
Como pretendemos inferir la distribución del tiempo de servicio por tonelada, se aplicaron las pruebas de bondad de ajuste a una distribución Erlang al los datos obtenidos (del 9 de mayo al 25 de junio de 1991), siendo las pruebas de Ji-Cuadrada y Kolmogorov-Smirnov, utilizando un valor de alfa de 0.05.

A continuación se presentan los resultados obtenidos y las graficas de ajuste.

	PRUEBA CHI-CU		PRUEBA KS
TEORICA	ERLANG	talahan parajaran (ay halayan wasan mga jara).	ERLANG
	2		
	x .05.4	= 9.49	D = 0.1724
MAQ. 3	2		
		= 22.86	$\alpha = 0.0245$
	a comment and the book become	THEOREM AND A CONTRACTOR OF THE PROPERTY OF TH	on acceptance of the control of the
	2		
	x .05,6	= 12.59	D = 0.1612
MAQ.5	_		
	2 Xcal	= 26.98	$\alpha = 0.0254$
Одиния при	Collection of Contract of Cont	The second section of the second seco	
	2		
	x .05.4	= 9.49	D = 0.2254
MAQ. 6	· ·		-
	2		0.005115
	Xcal	= 27.17	$\alpha = 0.00549$

Observamos que en todas las máquinas ambas pruebas estadísticas rechazan el ajuste a una distribución Erlang. De lo anterior se determinó utilizar distribuciones empíricas para efectos de la simulación.

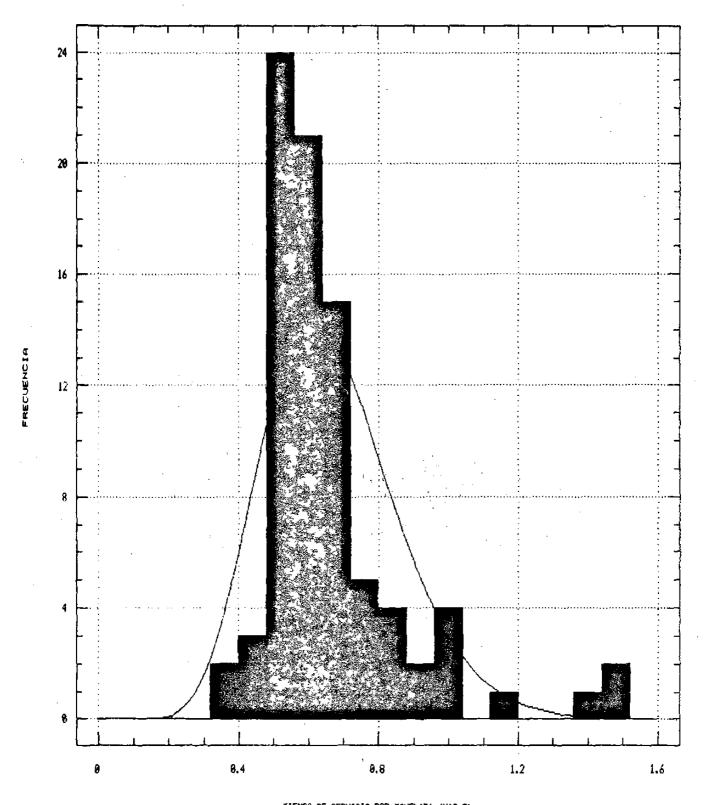
FIGURA 11.2 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA Y AJUSTE A UNA DISTRIBUCION ERLANG



TJEMPO DE SERVICIO POR TONELADA (MAQ.3)

FIGURA II.3 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA

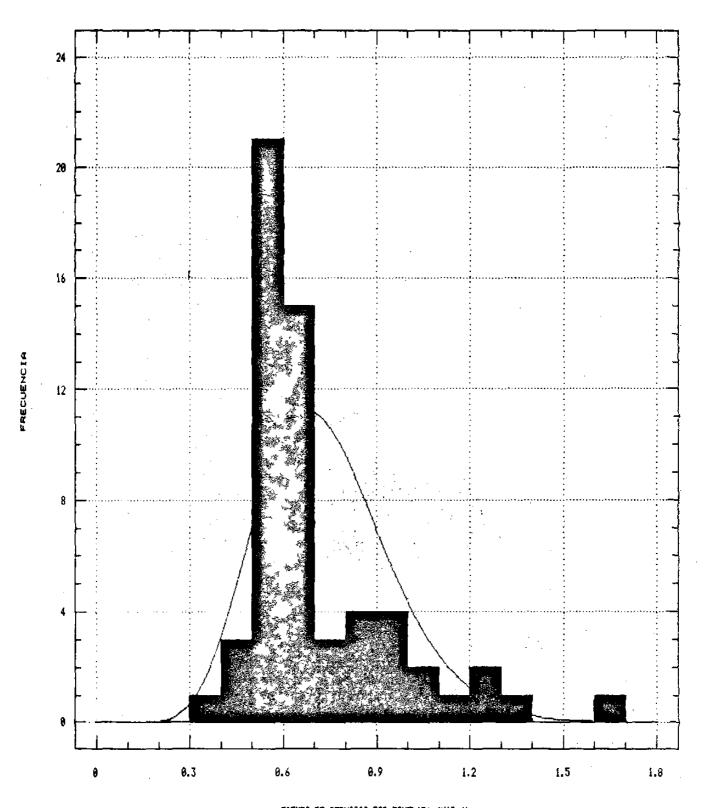
y ajuste a una distribucion erlang



TIEMPO DE SERVICIO POR TONELADA (MAQ.5)

FIGURA II.4 HISTOGRANA DE FRECUENCIA

Y AJUSTE A UNA DISTRIBUCION ERLANG



TIEMPO DE SERVICIO POR TONELADA (MAQ.6) 39

II.4.1.1 Distribución Empírica de Probabilidad de LLegadas.

Como se puede observar en los muestreos de llegadas a patios (anexo A), el comportamiento de 8 a 9 horas, es diferente al comportamiento de 12 a 13 horas, por lo tanto, utilizando una distribución general diaria se llegaría a resultados diferentes a lo observado y acatando el deseo de la planta en el sentido de simular el sistema lo más real posible; se decidió manejar una distribución de probabilidad para cada hora, las cuales son presentadas a continuación:

8 - 9 HRS.

		NUME	30		MINUTOS
	A	LEATOR	RIO		
0.00000	<	A(I)	<=	0.20000	0
0.20000	<	A(I)	<=	0.41760	1
0.41760	<	A(I)	<=	0.58820	2
0.58820	<	A(I)	<=	0.68820	3
0.68820	<	A(I)	<=	0.76470	4
0.76470	<	A(I)	<=	0.81760	5
0.81760	<	A(I)	<=	0.87060	6
0.87060	<	A(I)	<=	0.89410	7
0.89410	<	A(I)	<=	0.91760	8
0.91760	<	A(I)	<=	0.93520	9
0.93520	<	A(I)	<=	0.95290	10
0.95290	<	A(I)	<=	0.97060	11
0.97060	<	A(I)	<=	0.97650	12
0.97650	<	A(I)	<=	0.98230	14
0.98230	<	A(I)	<=	0.99410	15
0.99410	, < ,	A(I)	< =	1.00000	16

9 - 10 HRS.

		NUME	RO		MINUTOS
	A)	LEATOR	RIO		•
0.00000	<	A(I)	₹≖	0.18070	0
0.18070	<	(I)A	<=	0.39760	1
0.39760	<	A(I)	<=	0.52410	2
0.52410	<	A(I)	<=	0.67470	3
0.67470	<	A(I)	<=	0.74700	4
0.74700	<	A(I)	<≖	0.77110	5
0.77110	<	A(I)	<=	0.83740	6
0.83740	<	A(I)	<=	0.86150	7
0.86150	<	A(I)	<=	0.86750	8
0.86750	<	A(I)	<⊭	0.90970	9
0.90970	<	A(I)	<=	0.91570	10
0.91570	<	A(I)	<=	0.93980	11
0.93980	<	A(I)	<=	0.95180	12
0.95180	<	A(I)	<=	0.96990	13
0.96990	<	A(I)	<=	0.98190	14
0.98190	<	A(I)	< =	0.99390	17

10 - 11 HRS.

		NUME	30		MINUTOS
	ΑI	EATO	RIO		
0.00000	<	A(I)	<=	0.12410	0
0.12410	<	A(I)	<=	0.32850	1
0.32850	<	A(I)	<=	0.47450	2
0.47450	<	A(I)	<=	0.56940	3
0.56940	<	A(I)	<≖	0.67890	4
0.67890	<	A(I)	<=	0.73730	5
0.73730	<	A(I)	<=	0.78840	6
0.78840	<	A(I)	<=	0.81760	7
0.81760	<	A(I)	<=	0.86140	8
0.86140	<	A(I)	<=	0.88330	9
0.88330	<	A(I)	<=	0.89790	10
0.89790	<	A(I)	<=	0.92710	12
0.92710	<	A(I)	<=	0.95630	13
0.95630	<	A(I)	<=	0.96360	14
0.96360	<	A(I)	<=	0.97090	15
0.97090	<	A(I)	<=	0.97820	16
0.97820	<	A(I)	<=	0.98550	17
0.98550	<	A(I)	<=	0.99280	20
0.99280	<	A(I)	<=	1.00000	21

11 - 12 HRS.

NUMERO				MINUTOS
ALEATORIO				
<	A(I)	<=	0.09170	0
<	A(I)	<=	0.25680	1
<	A(I)	<=	0.43110	2
. <	A(I)	<=	0.48610	. 3
<	A(I)	<=	0.57780	4
<	A(I)	<=	0.64200	5
<	A(I)	<=	0.68790	6
<	A(I)	<≠-	0.73380	7
<	A(I)	<≖	0.80720	8
<	A(I)	<=	0.85310	9
.<	A(I)	<=	0.88060	10
<	A(I)	<=	0.90810	11
<	A(I)	<=	0.92640	12
<	A(I)	<=	0.93560	14
<	A(I)	<=	0.95390	15
<	A(I)	<=	0.96310	17
<	A(I)	<=	0.97230	18
<	A(I)	<≖	0.98150	20
<	A(I)	<=	0.99070	27
<	A(I)	<=	1.00000	29
	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	ALEATOR < A(I)	ALEATORIO < A(I) <= < A(I)	*

•	MINUTOS				
	ΑI				
0.00000	<	A(I)	<-	0.15690	Q
0.15690	<	A(I)	<=	0.35300	1
0.35300	<	A(I)	<=	0.46080	2
0.46080	<	A(I)	<=	0.55880	<b>3</b> .
0.55880	<	A(I)	<-	0.62740	4
0.62740	<	A(I)	<=	0.71560	5
0.71560	<	A(I)	<=	0.78420	5
0.78420	<	A(I)	<=	0.80380	7
0.80380	<	A(I)	<=	0.81360	8
0.81360	<	A(I)	<=	0.84300	9
0.84300	<	A(I)	<=	0.88220	10
0.88220	<	A(I)	<≖	0.90180	11
0.90180	<	A(1)	<=	0.93120	12
0.93120	<	A(I)	<=	0.95080	15
0.95080	<	A(I)	<=	0.96060	16
0.96060	<	A(I)	<=	0.98020	17
0.98020	<	A(I)	<=	0.99000	23
0.99000	<	A(I)	<=	1.00000	24

# 13 - 14 HRS.

		MINUTOS			
	ΑI	LEATOR	RIO		
0.00000	<	A(I)	<=	0.05360	0
0.05360	<	A(I)	<=	0.23220	1
0.23220	<	A(I)	<=	0.35720	2
0.35720	<	A(I)	<=	0.41080	3
0.41080	<	A(I)	<=	0.46440	4
0.46440	<	A(I)	<=	0.53580	5
0.53580	<	A(I)	<=	0.66080	6
0.66080	<	A(I)	<=	0.67870	7
0.67870	<	A(I)	<≖	0.75010	8
0.75010	<	A(I)	<-	0.76800	. 9
0.76800	<	A(I)	<=	0.80370	10
0.80370	<	A(I)	<=	0.82160	11
0.82160	<	A(I)	<=	0.87520	12
0.87520	<	A(I)	<≖	0.89310	14
0.89310	`∢	A(I)	<=	0.91100	19
0.91100	<	A(I)	<≖	0,92890	21
0.92890	<	A(I)	<=	0.94680	24
0.94680	<	A(I)	<=	0.96470	28
0.96470	<	A(I)	<=	0.98260	30
0.98260	<	A(I)	<=	1.00000	51

# 14 - 15 HRS.

NUMERO	MINUTOS		
ALEATORIO			
0.00000 < A(I) <= 0.02940	0		
0.02940 < A(I) <= 0.11760	2		

0.11760	<	A(I)	<=	0.17640		3
0.17640	<	A(I)	<=	0.26460		4
0.26460	<	A(I)	<=	0.32340		5
0.32340	<	A(I)	<=	0.35280		7
0.35280	<	A(I)	<=	0.44100		9
0.44100	<	A(I)	<=	0.47040		11
0.47040	<	A(I)	<=	0.55860		12
0.55860	<	A(I)	<=	0.58800		14
0.58800	<	A(I)	<=	0.61740		15
0.61740	<	A(I)	<=	0.64680	•	16
0.64680	<	A(I)	<=	0.67620		17
0.67620	<	A(I)	<=	0.70560		18
0.70560	<	A(I)	<=	0.73500		19
0.73500	<	A(I)	<=	0.76440		20
0.76440	<	A(I)	<=	0.79380		21
0.79380	<	A(I)	<=	0.82320		23
0.82320	<	A(I)	<=	0.85260		24
0.85260	<	A(I)	<=	0.88200		26
0.88200	<	A(I)	<=	0.91140		27
0.91140	<	A(I)	<=	0.94080		32
0.94080	<	A(I)	<=	0.97020		44
0.97020	<	A(I)	<=	1.00000		51

# 15 - 16 HRS.

		NUME	२०		MINUTOS
0.00000	<	A(I)	<=	0.11190	0
0.11190	<	A(I)	<=	0.32090	1
0.32090	<	A(1)	<=	0.45520	2
0.45520	<	A(I)	<=	0.55970	3
0.55970	<	A(I)	<=	0.61940	4
0.61940	<	A(I)	<=	0.69400	5
0.69400	<	A(I)	<=	0.77610	6
0.77610	<	A(I)	<-	0.82090	7
0.82090	<	A(I)	<-	0.82840	8
0.82840	<	A(I)	<=	0.85080	9
0.85080	<	A(I)	< ∞.	0.88070	10
0.88070	<	A(I)	<=	0.90310	11
0.90310	<	A(I)	<=	0.92550	12
0.92550	<	A(I)	<=	0.94790	13
0.94790	<	A(I)	<=	0.95540	14
0.95540	<	A(I)	<=	0.97030	15
0.97030	<	A(I)	<=	0.97780	16
0.97780	<	A(I)	<≖	0.98530	17
0.98530	<	A(I)	<=	0.99280	20
0.99280	<	A(I)	<=	1.00000	23

	NUMERO	MINUTOS
	ALEATORIO	•
•	0.00000 < A(I) <= 0.12240	0
	0.12240 < A(I) <= 0.23460	1
	0.23460 < A(I) <= 0.34680	2
	0.34680 < A(I) < 0.41820	3
	0.41820 < A(I) <= 0.54060	<b>3</b> 4
	0.54060 < A(I) <= 0.63240	5
	0.63240 < A(I) <= 0.69360	5 6
	0.69360 < A(I) <= 0.73440	7 8
	0.73440 < A(I) <= 0.74460	8
	0.74460 < A(I) <= 0.77520	9
	0.77520 < A(I) <= 0.81600	10
	0.81600 < A(I) < 0.84660	11
	0.84660 < A(I) <= 0.87720	12
	0.87720 < A(I) <= 0.89760	13
	0.89760 < A(I) <= 0.91800	14
	0.91800 < A(I) < 0.92820	16
	0.92820 < A(I) < 0.93840	17
	0.93840 < A(I) < 0.94860	18
	0.94860 < A(I) <= 0.95880	20
	0.95880 < A(I) < 0.96900	21
	0.96900 < A(I) < 0.97920	22
	0.97920 < A(I) < 0.98940	24
	0.98940 < A(I) <= 1.00000	47

# 17 - 18 HRS.

		NUME	30		MINUTOS
	A1	LEATOR	RIO		
0.00000	<	A(I)	<=	0.09380	0
0.09380	<	A(I)	<=	0.26570	1
0.26570	<	A(I)	<=	0.34380	2
0.34380	<	A(I)	<=	0.40630	<i>.</i> 3
0.40630	<	A(I)	<=	0.43760	4
0.43760	<	A(I)	<=	0.54700	5
0.54700	<	A(I)	<=	0.62510	6
0.62510	<	A(I)	<=	0.64070	7
0.64070	<	A(I)	<-	0.73450	8
0.73450	<	(I)A	<=	0.75010	9
0.75010	<	A(I)	< =	0.76570	10
0.76570	<	A(I)	<=	0.79700	12
0.79700	<	A(I)	<=	0.81260	13
0.81260	<	A(I)	<=	0.84390	14
0.84390	<	A(I)	<=	0.85950	15
0.85950	<	A(I)	<=	0.89080	16
0.89080	<	A(I)	<=	0.90640	17
0.90640	<	A(I)	<=	0.92200	18
0.92200	<	A(I)	<=	0.93760	22
0.93760	<	A(I)	<=	0.95320	23
0.95320	<	A(I)	<=	0.96880	32
0.96880	<	A(I)	<-	0.98440	39
0.98440	<	A(I)	<=	1.00000	48

El muestreo general de llegadas se desgloso hora por hora identificando primeramente el tipo de chofer, calculando para cada uno de ellos la frecuencia relativa del: tipo de producto y tonelaje. Esta frecuencia relativa se tomó como la probabilidad de que dicho evento ocurriera.

De esto, se generaron los siguientes resultados:

# 8 - 9 HRS.

# CLIENTE PLANTA

# NUMERO ALEATORIO

0.00000 < A(I) < = 0.12170

## TIPO DE PRODUCTO

0.00000	<	A(I)	<-	0.56520	ES	CEMENTO	GRIS
0.56520	<	A(I)	<-	0.78260	ES	CEMENTO	BLANCO
0.78260	<	A(I)	<-	1.00000	ES	CEMENTO	MIXTO

## TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEMENTO GRIS	TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 0.61530	10.00
0.61530 < A(I) <= 0.92300	20.00
0.92300 < A(I) <= 1.00000	40.00
CUMPUED BLANCO	MONTH A TE

CEMENTO BLANCO					TONELAJE
0.00000	<	A(I)	<-	0.80000	10.00
0.80000	<	A(I)	<=	1.00000	15.00

CEMENTO MIXTO	TONELAJE		
	GRIS	BLANCO	
0.00000 < A(I) <= 0.80000	5.00	5.00	
0.80000 < A(I) <= 1.00000	8.00	2.00	

# 8 - 9 HRS.

## CLIENTE NO PLANTA

# NUMERO ALEATORIO

# 0.12170 < A(I) < = 1

# TIPO DE PRODUCTO

0.00000	<	A(I)	<-	0.84940	ES	CEMENTO	GRIS
0.84940	<	A(I)	<-	0.91570	ES	CEMENTO	BLANCO
0.91570	<	A(I)	<-	1.00000	ES	CEMENTO	MIXTO

# TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CE	MEI	TONELAJE			
0.00000	<	A(I)	<-	0.02840	5.00
0.02840	<	A(I)	<-	0.25540	10.00
0.25540	<	A(I)	<=	0.49650	15.00
0.49650	<	A(I)	<-	0.79440	20.00
0.79440	<	A(I)	<-	0.81570	25.00
0.81570	<	A(I)	<-	0.89370	30.00
0.89370	<	A(I)	<=	0.96460	35.00
0.96460	<	A(I)	<=	1.00000	40.00

CEMI	ΣN.	TONELAJE			
0.00000	<	A(I)	<-	0.09090	1.00
0.09090	<	A(I)	<=	0.18180	2.00
0.18180	<	A(I)	<=	0.36360	3.00
0.36360	<	A(I)	<-	0.54540	15.00
0.54540	<	A(I)	<-	0.63630	20.00
0.63630	<	A(I)	<=	0.72720	32.00
0.72720	<	A(I)	<=	1.00000	40.00

# CEMENTO MIXTO

# TONELAJE

,					GRIS	BLANCO
0.00000	<	A(I)	<=	0.07140	16.00	1.00
0.07140	<	A(I)	<=	0.21430	16.00	2.00
0.21430	<	A(I)	<=	0.28570	20.00	20.00
0.28570	<	A(I)	<=	0.42850	1.00	2.00
0.42850	<	A(I)	<=	0.49990	14.00	4.00
0.49990	<	A(I)	<=	0.57130	38.00	2.00
0.57130	<	A(I)	<=	0.64270	19.00	1.00
0.64270	<	A(I)	<=	0.71410	17.00	2.00
0.71410	<	A(I)	<=	0.78550	14.00	2.00
0.78550	<	A(I)	<=	0.85690	15.00	2.00
0.85690	<	A(I)	<-	0.92830	15.00	15.00
0.92830	<	A(I)	<=	1.00000	25.00	10.00

# 9 - 10 HRS.

# CLIENTE PLANTA

# NUMERO ALEATORIO

0.00000 < A(I) <= 0.25310

# TIPO DE PRODUCTO

0.00000	<	A(I)	<-	0.82930	ES	CEMENTO	GRIS
0.82930	<	A(I)	<-	0.90240	ES	CEMENTO	BLANCO
0.90240	<	A(I)	<-	1.00000	ES	CEMENTO	MIXTO

# TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEI	4EI	NTO GE		TONELAJE	
0.00000	<	A(I)	<-	0.02860	5.00
0.02860	<	A(I)	<₩	0.45720	10.00
0.45720	<	A(I)	<=	0.54290	15.00
0.54290	<	A(1)	<=	1.00000	20.00

# CEMENTO BLANCO TONELAJE 0.00000 < A(I) <= 1.00000 10.00

CEN	4EI	M OT	TONE	LAJE			
					GRIS	BLANG	CO
0.00000	<	A(I)	<=	0.50000	9.	00	1.00
0.50000	<	A(I)	<≖	0.75000	20.	00	1.00
0.75000	<	A(I)	<=	1.00000	5.	00	5.00

# CLIENTE NO PLANTA

# NUMERO ALEATORIO 0.25310 < A(I) <= 1

# TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 0.83470 ES CEMENTO GRIS 0.83470 < A(I) <= 0.91730 ES CEMENTO BLANCO 0.91730 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO MIXTO

## TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEN	1E1	NTO GE	RIS		TONELAJE
0.00000	<	A(I)	<=	0.01000	5.00
0.01000	<	A(I)	<-	0.29710	10.00
0.29710	<	A(I)	<-	0.50500	15.00
0.50500	<	A(I)	<=	0.72280	20.00
0.72280	<	A(I)	<=	0.76240	25.00
0.76240	<	A(I)	<=	0.87130	30.00
0.87130	<	A(I)	<-	0.90100	35.00
0.90100	<	W(I)	<-	1.00000	40.00
СЕМ	ENT	O BLA	ANCO		TONELAJE
0.00000	<	A(I)	<=	0.30000	1.00
0.30000	<	A(I)	<*	0.40000	3.00
0.40000	<	A(I)	<=	0.50000	4.00
0.50000	<	A(I)	<=	0.70000	30.00
0.70000	<	A(I)	<=	0.80000	32.00
0.80000	<	A(I)	<=	0.90000	40.00

CEMENTO	MIXTO	TONELAJE

0.90000 < A(I) <= 1.00000 42.00

					GRIS	BLANCO
0.00000	<	A(I)	<=	0.10000	1.0	0 2.00
0.10000	<	A(I)	<=	0.20000	2.0	0 1.00
0.20000	<	A(I)	<=	0.40000	3.0	0 1.00
0.40000	<	A(I)	<=	0.50000	8.0	0 8.00
0.50000	<	A(I)	<=	0.60000	10.0	0 8.00
0.60000	<	A(I)	<=	0.70000	10.0	0 10.00
0.70000	<	A(I)	<=	0.80000	16.0	0 2.00
0.80000	<	A(I)	<=	0.90000	27.0	0 9.00
0.90000	<	A(I)	<=	1.00000	35.0	0 5.00

10 - 11 HRS.

CLIENTE PLANTA

NUMERO ALEATORIO 0.00000 < A(I) <= 0.15330

TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 0.90480 ES CEMENTO GRIS 0.90480 < A(I) <* 1.00000 ES CEMENTO BLANCO

# TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEMENTO (		TONELAJE	
0.00000 < A(I)	) < <b>-</b>	0.05260	5.00
0.05260 < A(I)	<b>&lt;=</b>	0.57890	10.00
0.57890 < A(I)	<b>&gt; &lt;=</b>	0.94730	20.00
0.94730 < A(I)	> <=	1.00000	35.00

CEMENTO BLANCO TONELAJE 0.00000 < A(I) <= 0.500008.00 0.50000 < A(I) <= 1.00000 10.00

CEMENTO MIXTO

TONELAJE

GRIS BLANCO

0.00000< A(I) <= 1.00000 0.00 0.00

# 10 - 11 HRS.

## CLIENTE NO PLANTA

# NUMERO ALEATORIO

0.15330 < A(I) < 1

## TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 0.87930 ES CEMENTO GRIS 0.87930 < A(I) <= 0.94830 ES CEMENTO BLANCO 0.94830 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO MIXTO

#### TIPO DE CARGA Y TONELAJE CEMENTO GRIS TONETATE

CE,P	ur.	ATO GL	112		TONETHRE
0.00000	<	A(I)	< ≈	0.01960	5.00
0.01960	<	A(I)	<≖	0.36270	10.00
0.36270	<	A(I)	<b>&lt;=</b>	0.63720	15.00
0.63720	<	A(I)	<≖	0.90190	20.00
0.90190	<	A(I)	<=	0.91170	25.00
0.91170	<	A(I)	<-	0.93130	30.00
0.93130	<	A(I)	<=	0.97050	35.00
0.97050	<	A(I)	<=	0.98030	40.00
0.98030	<	A(I)	<-	1.00000	45.00

CEME	N.	TONELAJE			
0.00000	<	A(I)	<=	0.12500	2.00
0.12500	<	A(I)	<=	0.25000	3.00
0.25000	<	A(I)	<=	0.50000	4.00
0.50000	<	A(I)	<≠	0.62500	5.00
0.62500	<	A(1)	<=	0.75000	10.00
0.75000 -	<	A(I)	<-	1,00000	20.00

#### CEMENTO MIXTO TONELAJE

					GRIS	BLA	NCO
0.00000	<	A(I)	<=	0.16670	10.0	00	2.00
0.16670	<	A(I)	<=	0.33340	20.0	00	5.00
0.33340	<	A(I)	<-	0.50010	20.0	00	10.00
0.50010	<	A(I)	<-	0.66680	14.0	00	4.00
0.66680	<	A(I)	<=	0.83350	19.0	00	1.00
0.83350	<	A(I)	<=	1.00000	27.0	00	3.00

# NUMERO ALEATORIO

0.00000 < A(I) < -0.10740

## TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 0.92310 ES CEMENTO GRIS 0.92310 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO BLANCO

# TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEMENTO GRIS	TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 0.08330	5.00
0.08330 < A(I) <= 0.33330	10.00
0.33330 < A(I) <= 0.91660	20.00
0.91660 < A(I) <= 1.00000	40.00

CEMENTO BLANCO TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 1.00000 10.00 10.00

CEMENTO MIXTO

TONELAJE

GRIS BLANCO

0.00000 < A(I) <= 1.00000 0.00 0.00

11 - 12 HRS.

## CLIENTE NO PLANTA

# NUMERO ALEATORIO

0.10740 < A(I) < -1

## TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 0.87960 ES CEMENTO GRIS 0.87960 < A(I) <= 0.96290 ES CEMENTO BLANCO 0.96290 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO MIXTO

# TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEM	Œ	NTO GE	RIS		TONELAJE
0.00000	<	A(I)	<=	0.06320	5.00
0.06320	<	A(I)	<-	0.42110	10.00
0.42110	<	A(I)	<=,	0.56850	15.00
0.56850	<	A(I)	<=	0.82110	20.00
0.82110	<	A(I)	<=.	0.84220	30.00
0.84220	<	A(I)	<=	0.91590	35.00
0.91590	<	A(I)	<=	0.97910	40.00
0.97910	<	A(I)	<=	1.00000	45.00

CEMENTO BLANCO					TONELAJE
0.00000	<	A(I)	<=	0.11110	2.00
0.11110	<	A(I)	<=	0.22220	5.00
0.22220	<	A(I)	<=	0.44440	10.00
0.44440	<	A(I)	<=	0.55550	12.00
0.55550	<	A(I)	<=	0.66660	20.00
0.66660	<	A(I)	<=	0.88880	40.00
0.88880	<	A(I)	<=	1.00000	42.00

# CEMENTO MIXTO TONELAJE GRIS BLANCO 0.00000 < A(I) < 0.250007.00 1.00 17.00 3.00 20.00 10.00 18.00 2.00 0.25000 < A(I) < 0.500000.50000 < A(I) <= 0.75000 0.75000 < A(I) <= 1.00000 12 - 13 HRS. CLIENTE PLANTA NUMERO ALEATORIO 0.00000 < A(I) < = 0.25240TIPO DE PRODUCTO 0.00000 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO GRIS TIPO DE CARGA Y TONELAJE TONELAJE CEMENTO GRIS 0.00000 < A(I) < 0.115405.00 0.11540 < A(I) < 0.65390 0.65390 < A(I) < 0.7693010.00 15,00 20.00 0.76930 < A(I) < 0.923100.92310 < A(I) <= 1.0000040.00 CEMENTO BLANCO TONELAJE 0.00000 < A(I) < 1.000000.00 CEMENTO MIXTO TONELAJE GRIS BLANCO 0.00000 < A(I) <= 1.000000.00 0.00 12 - 13 HRS. CLIENTE NO PLANTA NUMERO ALEATORIO 0.25240 < A(I) < = 1TIPO DE PRODUCTO 0.00000 < A(I) <= 0.90910 ES CEMENTO GRIS 0.90910 < A(I) <= 0.94810 ES CEMENTO BLANCO 0.94810 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO MIXTO TIPO DE CARGA Y TONELAJE CEMENTO GRIS TONELAJE 0.00000 < A(I) <= 0.028601.00 0.02860 < A(I) <= 0.071505.00

# CEMENTO GRIS 0.00000 < A(I) <= 0.02860 0.02860 < A(I) <= 0.07150 0.07150 < A(I) <= 0.25720 0.25720 < A(I) <= 0.40000 0.40000 < A(I) <= 0.74290 0.74290 < A(I) <= 0.75720 0.75720 < A(I) <= 0.85720 0.85720 < A(I) <= 0.90010 0.90010 < A(I) <= 1.00000 40.00

CEMENTO BLANCO	TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 0.33330	15.00
0.33330 < A(I) <= 1.00000	40.00
CEMENTO MIXTO	TONELAJE
	GRIS BLANCO
0.00000 < A(I) <= 0.25000 0.25000 < A(I) <= 0.50000	10.00 8.00 10.00 10.00
0.50000 < A(I) <= 0.75000	12.00 3.00
0.75000 < A(I) <= 1.00000	25.00 10.00
13 - 14 HRS. CLIENTE PLANTA	
NUMERO	
ALEATORIO 0.00000 < A(I) < =	0.25000
0.00000 \ A(1) \ =	0.25000
TIPO DE PRODUCTO	
0.00000 < A(I) <= 1.00000	ES CEMENTO GRIS
TIPO DE CARGA Y TONI	ELAJE
CEMENTO GRIS	TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 0.57140 0.57140 < A(I) <= 0.78570	10.00 15.00
0.78570 < A(I) <= 0.85710	20.00
0.85710 < A(I) <= 1.00000	35.00
CEMENTO BLANCO	TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 1.00000	0.00
CEMENTO MIXTO	TONELAJE
	GRIS BLANCO
0.00000 < A(I) <= 1.00000	0.00 0.00
13 - 14 HRS. CLIENTE NO PLAI	NTA
NUMERO	
ALEATORIO	
0.25000 < A(I) < =	1
TIPO DE PRODUCTO	0
0.00000 < A(I) <= 0.95240	
0.95240 < A(I) <= 1.00000	ES CEMENTO MIXTO
TIPO DE CARGA Y TON	
CEMENTO GRIS	TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 0.35000 0.35000 < A(I) <= 0.60000	10.00 15.00
0.60000 < A(I) <= 0.90000	20.00
0.90000 < A(I) <= 0.92500	25.00
0.92500 < A(I) <= 0.97500	35.00
0.97500 < A(I) <= 1.00000	40.00

CEMENTO BLANCO 0.00000 < A(I) <= 1.00000

TONELAJE 0.00

CEMENTO MIXTO

TONELAJE

GRIS BLANCO

0.00000 < A(I) <= 0.50000 16.00 2.00 0.50000 < A(I) <= 1.00000 25.00 10.00

14 - 15 HRS.

CLIENTE PLANTA

NUMERO

ALEATORIO

0.00000 < A(I) < = 0.05550

TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <- 1.00000 ES CEMENTO GRIS

TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEMENTO GRIS

TONELAJE

0.00000 < A(I) <= 0.50000 0.50000 < A(I) <= 1.00000

10.00 17.00

TONELAJE

CEMENTO BLANCO 0.00000 < A(I) <= 1.00000

0.00

CEMENTO MIXTO

TONELAJE

GRIS BLANCO

0.00000 < A(I) <= 1.00000 0.00 0.00

14 - 15 HRS.

CLIENTE NO PLANTA

NUMERO

ALEATORIO

0.05550 < A(I) < = 1

TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 0.97060 ES CEMENTO GRIS

0.97060 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO BLANCO

TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEMENTO GRIS

TONELAJE

0.00000 < A(I) <= 0.030300.03030 < A(I) < 0.48480

5.00 10.00

15.00

0.03030 < A(I) <= 0.78780 0.48480 < A(I) <= 0.78780 0.78780 < A(I) <= 0.87870

20.00

0.87870 < A(I) < 0.909000.90900 < A(I) <= 0.93940

30.00

0.93940 < A(I) <= 1.00000

35.00 40.00

0,00000 < A(I) <= 1.00000 TONELAJE

20.00

# CEMENTO MIXTO

TONELAJE

GRIS BLANCO

0.00000 < A(I) <= 1.00000

0.00 0.00

15 - 16 HRS.

CLIENTE PLANTA

NUMERO

ALEATORIO

0.00000 < A(I) < = 0.07810

TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO GRIS

TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEMENTO GRIS TONELAJE 0.00000 < A(I) <= 0.2000010.00 0.20000 < A(I) <= 0.3000013.00 0.30000 < A(I) < 0.5000020.00 0.50000 < A(I) <= 1.0000040.00

CEMENTO BLANCO TONELAJE CEMENTO BLANCO 0.00000 < A(I) <= 1.00000 0.00

CEMENTO MIXTO

TONELAJE

GRIS BLANCO

0.00000 < A(I) <= 1.00000

0.00 0.00

15 - 16 HRS.

CLIENTE NO PLANTA

NUMERO

ALEATORIO

0.07810 < A(I) < = 1

TIPO DE PRODUCTO

0,00000 < A(I) <= 0.86440 ES CEMENTO GRIS 0.86440 < A(I) <= 0.94070 ES CEMENTO BLANCO 0.94070 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO MIXTO

TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEM	1E)	ID OT	RIS		TONELAJE
0.00000	<	A(I)	<=	0.02940	5.00
0.02940	<	A(I)	<=	0.24510	10.00
0.24510	<	A(I)	<=	0.44120	15.00
0.44120	<	A(I)	<=	0.73530	20.00
0.73530	<	A(I)	<=	0.74500	25.00
0.74500	<	A(I)	<=	0.81360	30.00
0.81360	<	A(I)	<=	0.87240	35.00
0.87240	<	A(I)	<=	1.00000	40.00

CEMENTO BLANCO	TONELAJE
0.00000 < A(I) < 0.11110	1.00
0.11110 < A(I) <= 0.22220	3.00
0.22220 < A(I) <= 0.44440	30.00

0.44440	< A(I)	<= 0.66	660	35.	00
		<= 1.00		40.	
CEI	MENTO M	IXTO		Tonelaje Is Bl	
0.00000	< A(I)	<= 0.14		2.00	
0.14290	< A(I)	<= 0.28	580	7.00	2.00
0.28580	< A(I)	<= 0.42	870	18.00	2.00
0.42870	< A(I)	<= 0.57	160	20.00	
0.57160	< A(I)	<= 0.71	450	28.00	2.00
0.71450	< A(I)	<= 0.85	740 000	35.00 39.00	5.00
0.55740	< A(1)	<b>~=</b> 1.00	000	39.00	1.00
16 - 17 HRS.	c	LIENTE P	LANTA		
		NUMER	0		
		ALEATO			
	0.0000	0 < A(I	) < = 0.	11360	
	nt T	DO DE DD	ODII OMO		
0.0000		PO DE PR		CEMENTO	GRIS
	-	_		CEMENTO	
	- · · · · · ·	•	- + - <del>-</del> -		
			Y TONELA		
	MENTO G			TONELAJE	
0.0000	< A(1)	<= 0.40 <= 0.60	000	20. 35.	
0.40000	< A(T)	<= 1.00	000	40.	
2,33333	17,127	1			
	ENTO BL			TONELAJE	
0.00000	< A(I)	<= 1.00	000	ο.	00
CE	MENTO M	TXTO		TONELAJE	
-				IS BL	
0.00000	< A(I)	<= 0.60	000	38.00	2.00
		<= 0.80		35.00	
0.80000	< A(I)	<= 1.00	000	37.00	3.00
16 - 17 HRS.	C	LTENTE N	O PLANTA		
	J	NUMER			
		ALEATO			
	0.1136	0 < A(I	) < = 1		
	ጥፕ	PO DE PR	<u> በከተርሞ</u>		
0.0000				CEMENTO	GRIS
				CEMENTO	
				CEMENTO	

# TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEMENTO GRIS	TONELAJE
0.00000 < A(I) < 0.06250	5.00
0.06250 < A(I) <= 0.29690	10.00
0.29690 < A(I) <= 0.46880	15.00

•				
0.468	(I)A > 088	<= 0.71880	20.	00
			25.	
		<= 0.79690		
			35.	
			40.	
		•	45.	
	THENTO DI	4 N/CO	MONET A TE	
	EMENTO BL.		TONELAJE	
·		<= 0.10000	2,	
		<= 0.20000	3.	
0.200	00 < A(I)	<= 0.40000	4.	00
0.400	00 < A(I)	<= 0.60000	20.	00
0.600	100 < A(I)	<= 0.70000	30.0	00
0.700	(I)A > 00	<= 0.80000	35.4	
0.800	(I)A > 00	<- 1.00000	40.	
	CEMENTO M	IXTO	TONELAJE	
			GRIS BL	
0.000	00 - A(T)	<= 0.20000		
		<= 0.40000		
		<= 0.60000		
0.600	000 < A(I)	<= 1.00000	35.00	5.00
17 - 18 HRS.	C	LIENTE PLANTA	•	
		NUMERO		

0.00000 < A(I) < - 0.23940

TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO GRIS

TIPO DE CARGA Y TONELAJE

ALEATORIO

CEMENTO GRIS TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 0.11760 20.00
0.11760 < A(I) <= 1.00000 40.00

CEMENTO BLANCO TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 1.00000 0.00

CEMENTO MIXTO TONELAJE

GRIS BLANCO 0.00000 < A(I) <= 1.00000 0.00 0.00

17 - 18 HRS. CLIENTE NO PLANTA

NUMERO ALEATORIO 0.23940 < A(I) < = 1

TIPO DE PRODUCTO

0.00000 < A(I) <= 0.88890 ES CEMENTO GRIS

0.88890 < A(I) <= 0.94450 ES CEMENTO BLANCO

# 0.94450 < A(I) <= 1.00000 ES CEMENTO MIXTO

# TIPO DE CARGA Y TONELAJE

CEMENTO GRIS	TOWELAJE
0.00000 < A(I) < 0.02090	5.00
0.02090 < A(I) <= 0.20840	10.00
0.20840 < A(I) <= 0.33340	15.00
0.33340 < A(I) <= 0.54170	20.00
0.54170 < A(I) <= 0.58340	25.00
0.58340 < A(I) < 0.66670	30.00
0.66670 < A(I) <= 0.81250	35.00
0.81250 < A(I) <= 1.00000	40.00
CEMENTO BLANCO	TONELAJE
0.00000 < A(I) <= 0.33330	4.00
0.33330 < A(I) < 0.66660	30.00
0.66660 < A(I) <= 1.00000	35.00

## CEMENTO MIXTO TONELAJE

					GRIS	BLA	VCO
0.00000	<	A(I)	<≃	0.33330	18.	00	2.00
0.33330	<	A(I)	<=	0.66660	20.	00	20.00
0.66660	<	A(I)	<=	1.00000	25.	00	15.00

# II.4.1.2.- Distribución Empírica del Tiempo de Servicio (Máquinas).

Partiendo de la idea de que la máquina tiene el mismo patrón de comportamiento a cualquier hora y día de la semana, agrupamos toda la información de cada máquina en una distribución empírica.

Obteniendo las siguientes distribuciones:

Distribución del tiempo de servicio por tonelada para la máquina 6.

NUMERO ALEATORIO		NUMERO ALEATORIO				
0.00 < A(I) <= 0.07 < A(I) <= 0.75 < A(I) <= 0.89 < A(I) <= 0.95 < A(I) <= 0.98 < A(I) <=	0.75 entonces 0.89 entonces 0.95 entonces 0.98 entonces	t = A(I)/4.000 + 0.547 $t = A(I)/0.823 - 0.176$ $t = A(I)/0.353 - 1.614$ $t = A(I)/0.176 - 4.318$				

Distribución del tiempo de servicio por tonelada para la máquina 5.

NUMERO NUMERO ALEATORIO ALEATORIO 0.00 < A(I) <= 0.22entonces t = A(I)/1.100 + 0.3250.22 < A(I) < 0.68entonces t = A(I)/2.300 + 0.4290.68 < A(I) <= 0.85entonces t = A(I)/0.850 - 0.7500.85 < A(I) < 0.93entonces t = A(I)/0.400 - 1.2000.93 < A(I) <= 1.00entonces t = A(I)/0.175 - 4.184

Distribución del tiempo de servicio por tonelada para la máquina 3.

NUMERO

***************************************				, ,	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
ALEATORIO		ALEATORIO					
0.00 < A(I) <	0.04	entonces	t	=	A(I)/0.400	+	0.395
0.04 < A(I) < -	0.30	entonces	t	_	A(I)/2.600	+	0.480
0.30 < A(I) < -	0.69	entonces	t	*	A(I)/3.900	+	0.518
0.69 < A(I) < -	0.82	entonces	t	-	A(I)/1.300	+	0.163
0.82 < A(I) < 4	0.92	entonces	t		A(I)/1.000	-	0.250
0.92 < A(I) < =	0.96	<b>e</b> ntonces	t	==	A(I)/0.400	_	1.405
0.96 < A(1) < =	0.97	entonces	t	22	A(I)/0.100	_	8.600
0.97 < A(I) <=	0.99	entonces	t	=	A(I)/0.200	_	3.755
0.99 < A(I) < -	1.00	entonces	t	=	A(I)/0.100	_	8.700

NUMERO

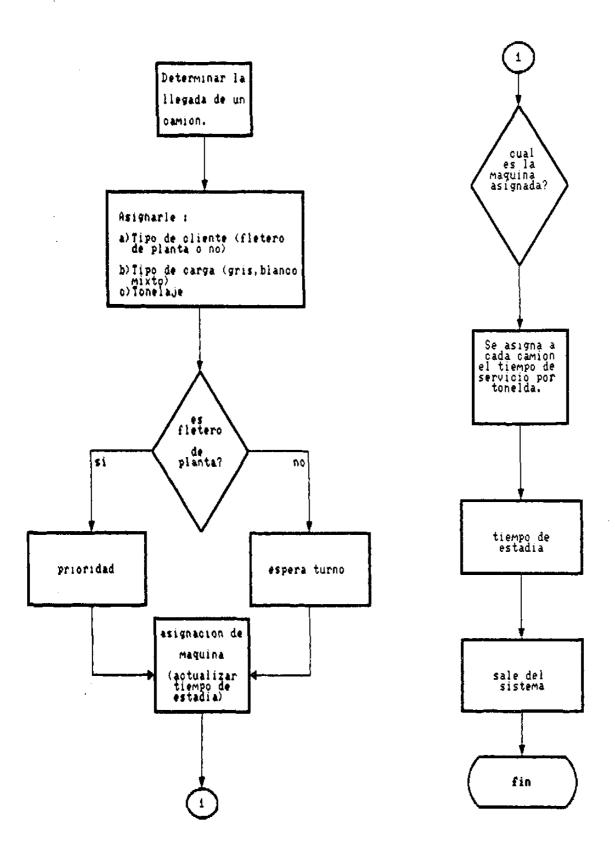
Para simplificar el modelo de simulación tomaremos como hipótesis:

- * La distribución del tiempo entre llegadas por hora es igual para todos los días de la semana.
- * Al iniciar la jornada a las 8:00 hrs. se observó que había uno o dos clientes esperando. Además la oficina de ventas comienza sus labores a las 8:00 A.M., por lo tanto, se tomaron como condiciones iniciales cero clientes en espera.
- * Para la máquina de cemento blanco ( máquina cuatro ) se supondrán las mismas distribuciones de tiempo de servicio por tonelada que tiene la máquina tres, puesto que sus condiciones técnicas son muy similares y no se obtuvieron datos suficientes para realizar su distribución.
- * Después de las 14:00 hrs. deja de funcionar una de las máquinas de cemento gris puede ser la máquina 5 o la 6. (Esto por política de la empresa)
- Las maquinas no se detienen por fallas.

# 11.5.- IMPLEMENTACION DEL MODELO DE SIMULACION

# II.5.1.- Diagrama de Flujo

El programa de computadora se realizara tomado como base el siguiente diagrama de flujo.



#### II.5.2 Descripción del Sistema de Simulación.

La simulación se inicia con un menú principal el cual está formado por las siguientes opciones:

- * Mantenimiento de archivos maestros.
- * Proceso de simulación.

La opción de mantenimiento de archivos tiene como finalidad manejar altas, bajas, modificaciones y consultas a los archivos maestros del sistema, esta formado por seis programas:

## * Tesis 01.

El cual sirve para realizar altas, bajas, modificaciones y consultas a la base de datos CLIENTE.

## * Tesis 02.

El cual sirve para realizar altas, bajas, modificaciones y consultas a la base de datos PRODUCTO.

## * Tesis 03.

El cual sirve para realizar altas, bajas, modificaciones y consultas a la base de datos CARGA.

## * Tesis 04.

El cual sirve para realizar altas, bajas, modificaciones y consultas a la base de datos TIEMPOS.

# * Tesis 05.

El cual sirve para realizar altas, bajas, modificaciones y consultas a la base de datos MAQUINA.

## * Tesis 06.

El cual sirve para realizar altas, bajas, modificaciones y consultas a la base de datos TIESER.

La segunda opción (proceso de simulación) consta de dos programas (tesis 21, tesis 23), el primero de ellos se utiliza para generar números aleatorios que son guardados en la base de datos NUMSALE.DBF.

El segundo programa es en si donde se ejecuta el proceso de simulación, en primera instancia se visualizan todas las máquinas del sistema con sus datos correspondientes:

- a) Número de máquina.
- b) Se encuentra o no habilitada.
- c) Hora de inicio de labores.
- d) Hora de fin de labores.
- e) Inicio del tiempo de receso para alimentos de estibadores.
- f) Duración del tiempo de receso ( 30 minutos).
- g) Tipo de cemento.

Esto con la finalidad de informar al usuario cuales son las condiciones iniciales de la simulación en ese momento y se le pregunta si desea iniciar la simulación, en caso de que la respuesta sea no. regresará al menú principal y podrá mediante la opción de mantenimiento de archivos cambiar las condiciones iniciales, en caso contrario, es decir, que la respuesta sea afirmativa en el archivo de máquinas se reemplazará por cero las variables:

- 1) Las variables clientes atendidos.
- 2) Toneladas despachadas.
- 3) Tiempo de ocio.

Además se seleccionarán únicamente las máquinas habilitadas para ese días de trabajo. Los archivos de resultados (RESUL, RESFIN, RES23) se limpiarán, es decir no quedará ningún registro en los archivos.

Posteriormente se procederá a ejecutar los siguientes pasos: Paso 1)

Se lee un número aleatorio el cual fue guardado en la base de datos NUMSALE.DBF, ésta es una base de datos secuencial cuyos datos son empleados en la simulación para determinar a que hora llegó el cliente, que tipo de cliente es(planta o no planta), cual es el tipo de producto que lleva, el tonelaje que va a cargar y el tiempo de servicio de cada cliente en máquinas.

#### Paso 2)

Se define el tiempo de llegada de cada cliente, en este paso se utiliza el archivo TIEMPOS.DBF (cuyas llaves son hora y ls), este archivo nos sirve para almecenar los intervalos de las distribuciones empíricas hora por hora que generan los tiempos entre llegadas de los clientes, comparando los intervalos de las distribuciones con el número aleatorio leído. Dicho tiempo entre llegadas está calculado en minutos.

# Paso 3)

Se verifica si ese tiempo de llegada es menor que las 18 horas, si esto ocurre se procede a realizar el paso 9.

## Pago 4)

Se lee un número aleatorio para definir si el cliente es un cliente de planta o no planta, comparando las distribuciones empíricas que se guardan en el archivo maestro CLIENTE. DBF con el número aleatorio leido. También se utiliza el archivo CLIENTE. IDX cuya llave es hora.

## Paso 5)

Para realizar este paso, se lee un número aleatorio que sirve para definir el tipo de producto que va a llevar el cliente comparándolo con la información almacenada en el archivo PRODUCTO.DBF la cual contiene las variables Lsgris, Lsblanco, Lsmixto que representan los intervalos de las distribuciones dependiendo de su hora de llegada y tipo de cliente.

## Pago 6)

Se lee un número aleatorio el cual se compara con la base de datos CARGA esta base de datos contiene la información que sirve para determinar en cada hora la carga que llevará cada tipo de cliente en toneladas de cemento gris y en toneladas de cemento blanco, la cual se determina mediante la hora en que llega el cliente y un número aleatorio que nos definirá su carga comparándolo con los intervalos de la distribución empírica correspondiente.

#### Paso 7)

Se graban los datos en el archivo RESUL.DBF .

#### Paso 8)

Se regresa al paso 1.

Hasta este momento ya se determinó el número total de clientes del día de trabajo. Posteriormente se seleccionarán todos aquellos clientes que cargarán cemento gris(inclusive mixtos).

## Paso 9)

Seleccionar cliente que carga cemento gris o mixto cuando no haya más, continuamos con el paso 11.

## Paso 10)

Asignar la máquina en la cual será atendido. Esto se realizará mediante el archivo MAQUINA.DBF en el cual se controlan las máquinas del sistema. Si la máquina está disponible, hora de inicio de labores, hora de comida, duración del receso, el paro de cualquiera de las máquinas, tipo de producto que sirve, tiempo de paro real, tiempo de ocio por máquina durante la jornada, los clientes atendidos y las toneladas despachadas. Las variables Disponible. Hora Disponible, Hora de Receso, Tiempo de Paro y Tiempo de Receso, son controladas por el usuario, el resto de ellas son obtenidas del proceso de simulación Para asignar la máquina debe ejecutarse lo siguiente:

Paso 10.1) En caso de que el tipo de cliente sea planta se procederá a calcular su tiempo de servicio utilizando la base de datos TIESER.DBF la cual contiene las ecuaciones que determina el tiempo de servicio dependiendo de la máquina asignada (máquina 3, máquina 4, máquina 5, máquina 6). Comparando un número aleatorio con el intervalo de las distribuciones del tiempo de servicio para cada máquina. Regresa a paso 10.4.

Paso 10.2) Si el cliente es no planta se procede a verificar si existe un cliente planta que puede entrar primero que éste y entonces se ejecuta el paso 10.1 . Puesto que el cliente no planta está esperando en la fila se procede a efectuar el paso 10

Paso 10.3) Si no existe un cliente planta esperando se procede a calcular el tiempo de servicio para el cliente no planta realizando el mismo procedimiento que para el cliente planta.

Paso 10.4) Regresar al paso 9.

Hasta aqui ya se asignaron y calcularon tiempos de servicio para clientes que cargan cemento gris(inclusive mixtos).

Ahora se seleccionan los clientes que cargan cemento blanco.

Paso 11)

Aqui se selecciona el cliente que va a cargar cemento blanco,

11.1 se acumulan las toneladas por cargar o bien los clientes esperando, cuando no existan se realiza el paso 19.

Paso 12)

Si las toneladas por cargar son mayores o iguales que 50 toneladas o bien, el número de clientes esperando es igual que 5 se calculan los tiempos de servicio para cada uno de los clientes que han estado esperando (paso 14).

Paso 13)

Regresar al paso 11.1

Paso 14)

Seleccionar los clientes esperando cuando no se realiza el paso 17.

Paso 15)

Calcular los tiempos de servicio.

Paso 16)

Regresar al paso 14.

Pago 17)

Seleccionar cliente en fila si su hora de llegada es menor o igual a la hora de salida, calcular su tiempo de servicio, si no, regresar al paso 12.

Paso 18)

regresar al paso 17.

Paso 19)

Fin de la simulación. En este paso se asignan los clientes atendidos, las toneladas despachadas y el tiempo de ocio a máquinas.

II.5.3 Codificación.

```
11111
          SISTEMA DE TESIS
                                                ****
  11111
          PROGRAMA: TESIS22 SIMULACION
                                                11111
  11111
          ELABORADO EN: DIC/91 POR NERF/JGBA
                                                *****
  · set escape on
  ************************
  *** ASIGNACION DE VARIABLES ***
  STORE O TO HORAIN, ACUM, VARIM, VARIM, VARIM
  STORE O TO SW. PAG, REN, NCTE, CLTEBCO, DIFEREN, HORAINI
  STORE 'NO' TO SING
  STORE 1 1 TO SN
  STORE 1 TO 1
  STORE SPACE(40) TO MENSAJE
  STORE SPACE(71) TO MENMAG
  DIMENSION REG(300), HORALL(300)
  *************************
  *** BASES DE DATOS ABIERTAS ***
  ***********************
  SELE 1
 USE NUMSALE
 60 TOP
 SFLE 2
 USE TIEMPOS INDEX TIEMPOS
 PEINDEX
  SELF 3
 USE CLIENTE INDEX CLIENTE
  REINDEX
 SELE 4
  USE PRODUCTO INDEX PRODUCTO
  REINDEX
  SELE 5
  USE CARGA INDEX CARGA
  REINDEX
  SELF 6
  USE TIESER INDEX TIESER
  USE MAQUINA INDEX MARUINA, MARINO, MAQTCE
  reindex
  go top
  DO WHILE .NOT. FOF()
              p = maquina $ 7 + 1
              MENMAQ = left(MENMAQ,p-1) + str(maquina,1,0)+'-'+|||F(disponible,'SI','NO')+substr(MENMAQ,p+5)
              skip
 enddo
 *** HORA INICIAL SON LAS 8:00
 HORAIN = 800
```

CLEAR

```
*** VENTANAS DEFINIDAS ***
DEFINE WINDOW MARCO FROM 04,00 TO 24,79 SHADOW DOUBLE TITLE ' PROCESO DE SINULACIÓN '
DEFINE WINDOW VENTAL FROM 07,10 TO 12,70 SHADOW DOUBLE TITLE ' GENERANDO TIEMPOS DE LLEGADA CLIENTES '
DEFINE WINDOW VENTAZ FROM 15,05 TO 21,75 SHADOW DOUBLE TITLE ' GENERANDO TIEMPOS DE SERVICIO CLIENTES'
DEFINE WINDOW MARCOI FROM 04,03 TO 20,77 SHADOW DOUBLE TITLE ' DATOS INICIALES DE MAQUINAS '
ACTIVATE WINDOW MARCOT
DO WHILE .1.
   SELF 10
   GO FOP
       € 00,00 SAY 1
       @ 01,00 SAY '
                              HABILITADA
                                                 HOPA
                                                          DΕ
                                                                   TIEMPO
                                                                            TIPO DE CEMENTO
       @ 02,00 SAY '
                        MAQ
                               ($1/NO)
                                           INICIO | FIN | RECESO
                                                                   RECESO
                                                                            1-GRIS 2-BLANCO
       @ 03,00 SAY 1 L
       J = 4
     DO WHILE .NOT. EOF()
           @ 1,03 SAY MAQUINA PICT '99'
           € I,12 SAY HIF(DISPONTBLE, 'SI', 'NO')
           @ 1,23 SAY HORADISP PI(T 199991
           € 1,31 SAY TPARO PICT '9999'
           @ 1,38 SAY HORARECESO PICT '9999'
           @ 1,47 SAY TRECESO PICT 199991
           @ I,59 SAV IIF(TIPOPROD = 1,'GRIS','BLANCO')
           [ = [ + 1
           SKIP
     ENDDO
     DO WHILE .NOT. SN$'SINO'
            @ 1+1,10 SAY 'EMPIEZA LA SINULACION (SI/NO) ' GET SN PICT '!!'
     ENDDO
     DEACTIVATE WINDOW MARCOI
     IF SN = 'NO'
          EXIT
     ENDIF
REPLACE ALL CTESATEND WITH O TONDESP WITH O TOCIO WITH O
SET FILTER TO DISPONIBLE
SELE 7
USE RESUL
DELETE ALL
PACK
SELE 8
USE RES23 INDEX RES23
DELETE ALL
PACK
SELE 9
USE RESFIN INDEX RECLTE
DELETE ALL
11111111111111111111111111111
### INICIO DE PROGRAMA ###
111111111111111111111111111111
] = [
ACTIVATE WINDOW MARCO
ACTIVATE WINDOW VENTAL
@ 00,01 say 'hora'
0 00,10 SAY 'cliente #'
```

*******************

₹ 00,20 SAY 'TIPO CLTF'

```
# ON,SO SAY PRODUCTO
@ 00,40 SAY TON GRIST
@ 00,50 SAY 'TON BCO.'
SELF !
DO WHILE .T.
                SW = SW + 1
                SELE 2
                GO TOP
                seek str(INT(HORAIN/100),2,0)
    ŧ
        BUSCANDO MINUTOS DE TIEMPO DE LLEGADA
                DO WHILE INT(HORAIN/100) = HORA
                    IF NUMSALE->NUMERO <= LS
                       EXIT
                    ENDIF
                    SKIP
                ENDOO
                HORAIN = HORAIN + MINUTOS
                ACUM = ACUM + MINUTOS
                IF ACUM > 59
                      HORAIN = ((INT(HORAIN/100))+1)#100+ACUM-59
                      ACUM = ACUM - 59
                ENDIF
                IF HORAIN > 1800
                      FXIT
                ENDIF
       DEFINIENDO TIPO DE CLIENTE PLANTA O NO PLANTA
    ţ
                SELE 1
                SKIP
                SELE 3
                SEEK INT(HOPAIN/100)
                STORE 'N' TO CLTE_MEM
                IF NUMSALE->NUMERO (# LSPLANTA
                      STORE 'S' TO CLIE_MEM
                ENDIF
        DEFINIENDO TIPO DE PRODUCTO (1-GRIS 2-BLANCO 3-MIXTO)
                SELE 1
                SKIP
                SELE 4
                SEEK STR(INT(HORAIN/100),2,0)+CLTE_MEM
                TIPCEM MEM = 2
                DO CASE
                   CASE NUMSALE->NUMERO (= LSGRIS
                              TIPCEN_MEM = 1
                   CASE NUMSALE->NUMERO > LSBLANCO
                              TIPCEN_MEM = 3
                ENDCASE
       DEFINIENDO TONELAJE DE CARGA
                SELE 1
                SKIP
                SELE 5
                SEEK STR(INT(HORAIN/100),2,0)+CLTE_MEM+STR(TIPCEM_MEM,1,0)
                DO WHILE INT(HORAIN/100)=HORA
```

```
ENDIF
                     SKIP
                  ENDDO
                  SELE 7
                 APPEND BLANK
                  ? 'grabando cliente numero', sw, 'hora ',horain
                 REPLACE HORA WITH HORAIN, TIPOCLTE WITH IIF (CLTE_MEM='S',.T.,.F.)
                 REPLACE TIPOPROD WITH TIPCEH MEN
                 REPLACE TONGRIS WITH CARGA->TONGRIS, TONBLANCO WITH CARGA->TONBLANCO
                 replace hentmag with O, tieserclte with O, healmag with O, cveafe with O
                 REPLACE NUMCLIENTE WITH SW
                 IF CLTE_MEN = 'S' .and. tipcem_men # 2
                        REG(I) = RECNO()
                        HORALL(I) = HORA
                        1 = 1 + 1
                 ENDIF
                 SELE 1
                 SKIP
                 @ 02,01 SAY HORAIN PICT '9999'
                 @ 02,10 SAY SW FICT '999'
                 @ 02,20 SAY IIF(CLTE_MEM='S', 'PLANTA ', 'NO PLANTA')
                 DO CASE
                      CASE TIPCEM NEM = 1
                           @ 02,30 SAY 'GRIS '
                      CASE TIPCEM_MEM = 2
                           e 02,30 SAY 'BLANCO'
                      CASE TIPCEN NEM = 3
                           @ 02,30 SAY 'MIXTO '
                 ENDCASE
                 € 02,40 SAY CARGA->TONGRIS
                 € 02,50 SAY CARGA->TONBLANCO
ENDDO
# DEACTIVATE WINDOW VENTAL
ACTIVATE WINDOW VENTA2
# DEFINIENDO TIEMPOS DE SERVICIO PARA LOS CLIENTES
HORALL(I) = 9999
clear
@ 00,02 SAY 'CLIENTE'
@ 00,40 SAY 'M A Q U I N A S'
@ 02.00 SAY 'H.E.' COLOR R+/N
@ 03,00 SAY 'H.S.' COLOR GR+/RB
SELE 10
1 = 1
SELE 7
# NCTE = 1
set filter to tipoprod#2
GO TOP
DO WHILE .NOT. EOF()
ŧ
          IF TIPOPROD = 1 .OR. TIPOPROD = 3
             SELE 10
             SET ORDER TO 3
1
             SEEK STR(RESUL->TIPOPROD,1,0)
             SEEK "1"
             IF RESUL->HORA > TPARO
                 REPLACE DISPONIBLE WITH .F.
```

```
CNDIF
             DO CASE
               CASE RESUL->TIPOCLTE .AND. RESUL->HSALMAQ = 0
               DO CALCULAG
               ] = [ + 1
               # CALCULAR TIEMPO DE SERVICIO PARA CLIENTE DE PLANTA
               CASE .NOT. RESUL->TIPOCLTE
                      IF HORALL(I) > HORADISP
                           DO CALCULAG
                           # CALCULAR TIENPO DE SERVICIO PARA CLIENTE QUE LLEGO
                        ELSE
                           SELE 7
                           # 04,01 say 'cliente # '
                           @ 04,13 say numcliente pict 1999
                           REGACT = RECNO()
                           GOTO REG(I)
                           @ 04,21 say 'pasa a # '
                           ● 04,33 say numcliente pict 1999!
$
                            wait 'teclee cr' window
                           t
                              VERIFICO QUE TIPO DE PRODUCTO SEA 1 0 3
                           If TIPOPROD = 1 .OR. TIPOPROD = 3
                                 DO CALCULAG
                                 * CALCULAR TIEMPO DE SERVICIO PARA CLIENTE
                                 * DE PLANTA CEMENTO GRIS
                                 ENDIF
                          I = I + i
                          GOTO REGACT
                          LOOP
                      ENDIF
             ENDCASE
 ŧ
          ENDIF
         SELE 7
         SKIP
          NCTE = NCTE + 1
1
ENDDO
SELE 10
SET ORDER TO 3
# ES 2 PORQUE EL TIPO DE CEMENTO BLANCO ES 2
SEEK 121
SELE 7
TONBLA = 0
CLTEBCO = 0
BET FILTER TO CVEAFE#2
GO TOP
MAYOR = HORA
HORAINI = HORA
DO WHILE .NOT. EOF()
          DO CASE
               CASE CLYEBCO = 5 .OR. TONBLA >=50
```

```
REPLACE MAQUINA->HORADISP WITH MAYOR
                   go top
                   DO WHILE RESUL->HORA <= MAQUINA->HORADISP .AND. .NOT. EDF()
1,
                         ? numcliente
                        DO CALCULAB
                        SKIP
                   ENDDO
                   set filter to
                   set filter to cyeafe#2 .and. cyeafe#3
                   CLTEBCO = 0
                   TONBLA = 0
                   MAYOR - HORA
1
                    HORAINI = HORA
                   LOOP
                OTHERWISE
                         TONBLA = TONBLA + TONBLANCO
                         CLTEBCO = CLTEBCO + 1
                         IF HORA > MAYOR
                               MAYOR = HORA
                         ENDIF
                         IF HSALMAQ > MAYOR
                               MAYOR = HSALMAG
                         ENDIF
                         SKIP
          ENDCASE
ENDDO
SELE 8
SET INDEX TO CLIETC
REINDEX
GO TOP
DO WHILE .NOT. EOF()
          SELE 9
          SEEK RES23->NUMCLIENTE
               IF .NOT. FOUND()
                  APPEND BLANK
                  REPLACE NUMCLIENTE WITH RES23->NUMCLIENTE, ;
                          HORALLEG WITH RES23->HORA,
                          TIPOPROD WITH RES23->TIPOPROD
                  DO CASÉ
                     CASE RES23->TIPOCEM = 1
                          REPLACE HORAEG WITH RES23->HENTMAQ
                          REPLACE TSERVG WITH RES23->TIESERCLTE
                          REPLACE HORASALG WITH RES23->HSALMAQ
                     CASE RES23-> TIPOCEM = 2
                          REPLACE HORAEB WITH RES23->HENTMAQ
                          REPLACE TSERVB WITH RES23->TIESERCLTE
                          REPLACE HORASALB WITH RES23->HSALMAQ
                   ENDCASE
               ELSE
                      REPLACE HORAEB WITH RES23->HENTMAQ
                      REPLACE TSERVB WITH RES23->TIESERCLTE
                      REPLACE HORASALB WITH RES23->HSALMAQ
                ENDIF
                SELE 8
                SKIP
ENDDO
sele 9
replace all tesperag with horaeg - horalleg for tipoprod = 1
REPLACE ALL TESPERAG WITH TESPERAG - INT((HORAEG/100)-INT(HORALLEG/100))#40 FOR TJPOPROD=1
replace all tesperab with horaeb - horalleg for tipoprod = 2
```

```
REPLACE ALL TESPERAB WITH TESPERAB - INT((HORAEB/100)-INT(HORALLEG/100))#40 FOR TIPOPROD=2
 replace all temperag with horaeg - horalieg for tipoprod = 3 .AND. HORAEG < HORAEB
 REPLACE ALL TESPERAG WITH TESPERAG - INT((HORAEG/100)-INT(HORALLEG/100))$40 FOR TIPOPROD=3 .AND. HORAEG < HORAEB
 1 ? tesperab
 # wait
 1 ? horaeb
 • wait
 # ? horalleg
 1 wait
 # ? tipoprod
 # wait
 1 ? HORAEG
 1 wait
 replace all tesperab with horaeb - horalleg for tipoprod = 3 .AND. HORAEG > HORAEB .AND. HORAEB#0
 REPLACE ALL TESPERAB WITH TESPERAB - INT((HORAEB/100)-INT(HORALLEG/100))$40 FOR TIPOPROD=3 .AND. HORAEG > HORAEB .AND. HORAEB#0
 replace all tesperab with horaeb - horasalg for tipoprod = 3 .AND. HORAEB >= HORAEG
REPLACE ALL TESPERAB WITH TESPERAB - INT((HORAEB/100)-INT(HORASALG/100))#40 FOR TIPOPROD=3 .AND. HORAEB >= HORAEG
 replace all tesperag with horaeg - horasalb for tipoprod = 3 .AND. HORAEG >= HORAEB
REPLACE ALL TESPERAG WITH TESPERAG - INT((HORAEG/100)-INT(HORASALB/100))#40 FOR TIPOPROD=3 .AND. HORAEG >= HORAEB
REPLACE ALL TESPERAS WITH HORASALG - HORALLEG FOR HORASALG > HORASALB
REPLACE ALL TESPERAS WITH TESPERAS - INT((HORASALG/100)-INT(HORALLEG/100))#40 FOR HORASALG > HORASALB
REPLACE ALL TESPERAS WITH HORASALB - HORALLEG FOR HORASALB > HORASALG
REPLACE ALL TESPERAS WITH TESPERAS - INT((HORASALB/100)-INT(HORALLEG/100))#40 FOR HORASALB > HORASALG
1 PROCEDINIENTO PARA CALCULAR TIEMPO DE OCIO EN MAQUINA 4
1
EXIT
ENDDO
sele 10
set filter to
REPLACE DISPONIBLE WITH .T. FOR HORADISP # 800
REPLACE ALL HORADISP WITH 800
CLOSE DATABASES
00 TOCIO
DEACTIVATE WINDOW VENTAL
DEACTIVATE WINDOW VENTA2
DEACTIVATE WINDOW, MARCO
WAIT 'fin de la simulacion' window
CLOSE ALL
RETURN
```

```
PROCEDURE CALCULAB
SELE 1
SKIP
SELE 6
60 TOP
SEEK STR(MAQUINA->MAQUINA,1,0)
0 01,00 say menmaq
0 01,MAQUINA#7 SAY MAQUINA pict 195 color gr+/r
```

```
UU WHILE MAUUINA-MAQUINA-SMAQUINA
                 IF numsale-)numero (= 15
                    EXIT
                 ENDIF
           SKIP
           ENDDO
  VARIM = VARI
  VAR2M = VAR2
  VAR3M = VAR3
  DO CASE
          CASE VARIM = 99,9999
               VARIM = NUMSALE->NUMERO
          CASE VAR2M = 99.9999
               VAR2M = NUMSALE->NUMERO
          CASE VAR3M = 99,9999
               VAR3M = NUMSALE->NUMERO
  ENDCASE
          A = STR(VARIM, 7, 4) + DPE1 + STR(VAR2M, 7, 4) + OPE2 + STR(VAR3M, 7, 4)
          B = Bt(resul->TONBLANCO)
          B = B + 1
  SELE 10
    IF (HORADISP + TRECESO > HORARECESO) .AND. (HORADISP + TRECESO < HORARECESO + TRECESO)
            B = B + TRECESO
    ENDIF
 SELE 7
 REPLACE MAQUINA WITH MAQUINA->MAQUINA
 IF MAQUINA->HORADISP > HORA
           REPLACE HENTMAQ WITH MAQUINA->HORADISP
    ELSE
           REPLACE HENTMAQ WITH HORA
 ENDIF
 REPLACE TIESERCLIE WITH B
 IF (HENTMAR+TIESERCLTE) >= (INT(HENTMAR/100)#100+60)
                REPLACE HSALMAQ WITH ((INT(HENTMAQ/100))+1)*100+(HENTMAQ+TIESERCLTE)-(INT(HENTMAQ/100)*100+60)
             ELSE
                REPLACE MSALMAQ WITH RESUL->HENTMAQ+RESUL->TIESERCLTE
 ENDIF
 SELE 8
 APPEND BLANK
 REPLACE HORA WITH RESUL->HORA, NUMCLIENTE WITH resul->NUMCLIENTE, ;
 TIPOCLTE WITH RESUL->TIPOCLTE, TIPOPROD WITH RESUL->TIPOPROD, ;
 TIPOCEM WITH 2.MAQUINA WITH RESUL-)MAQUINA. :
 TONELADAS WITH RESUL->TONBLANCO.TIESERCLTE WITH B
 IF MAQUINA->HORADISP > HORA
          REPLACE HENTMAQ WITH MAQUINA->HORADISP
   ELSE
          REPLACE HENTMAQ WITH HORA
ENDIF
IF (HENTMAQ+TIESERCLTE) >= (INT(HENTMAQ/100)*100+60)
               REPLACE HSALMAQ WITH ((INT(HENTMAQ/100))+1)*100+(HENTMAQ+TIESERCLTE)-(INT(HENTMAQ/100)*100+60)
            ELSE
               REPLACE HEALMAG WITH RESUL->HENTMAG+RESUL->TIESERCLTE
ENDIF
SELE 10
# 00,10 say resul-> numcliente PICT '999'
● 02,maguina#7 say horadisp
@ 03,maquina#7 say res23->hsalmaq
# WAIT 'TECLEE (CR)' WINDOW
# IF RESUL->HENTMAQ > HORAINI
```

```
04.50 say 'jorge ' + str(resul->hentmag,4,0)+' '+str(horaini,4,0)
              DIFEREN = RESUL->HENTMAQ - horaini - (INT(RESUL->HENTMAQ/100)-INT(horaini/100))#40
              DIFEREN = RESUL->HENTMAR - HORADINI - (INT(RESUL->HENTMAR/100)*60 + VAL(RIGHT(STR(RESUL->HENTMAR,4,0),2))):-;
                    (INT(HORAINI/100)#60 + VAL(RIGHT(STR(HORAINI,4,0),2)))
              REPLACE TOCIO WITH TOCIO + DIFEREN
              HORAINI = RESUL->HSALMAQ
ŧ
# ENDIF
REPLACE HORADISP WITH RESUL->HSALMAR, TPAROREAL WITH HORADISP,;
        CTESATEND WITH CTESATEND + 1, TONDESP WITH TONDESP + RESUL->TONBLANCO.;
        TPAROREAL WITH RESUL->HSALMAQ
· IF HORADISP > TPARO
          WAIT STR(MAQUINA,1,0) + ' SE PARA À LAS '+STR(HORADISP,4,0) WINDOW
          REPLACE DISPONIBLE WITH .F., TPAROREAL WITH HORADISP
ENDIF
SELE 7
     REPLACE CVEAFE WITH 3
RETURN
PROCEDURE CALCULAG
SELE 1
SKIP
SELE 6
GO TOP
SEEK STR(MAQUINA->MAQUINA,1,0)
0 01,00 say menmaq
@ 01,MAQUINA$7 SAY MAQUINA pict '9' color gr+/r
         DO WHILE MAQUINA=MAQUINA->MAQUINA
              IF numsale->numero <= LS
                 EXIT
              ENDIF
         SKIP
         ENDDO
 VARIM = VARI
 VAR2M = VAR2
 VAR3M = VAR3
 DO CASE
        CASE VARIM = 99.9999 -
             VARIM = NUMSALE~>NUMERO
         CASE VAR2M = 99.9999
              VAR2H * NUMSALE->NUMERO
         CASE VAR3M = 99.9999
              VAR3M = NUMSALE->NUMERO
 ENDCASE
         A = STR(VAR1M, 7, 4) + OPE1 + STR(VAR2M, 7, 4) + OPE2 + STR(VAR3M, 7, 4)
         8 = 6a
         B = B$(resul->tongris)
 SELE 10
    IF (HORADISP + B > HORARECESO) .AND. (HORADISP + B (= HORARECESO + B)
           B = B + TRECESO
    ENDIF
 SELE 7
 REPLACE HAGUINA WITH MAQUINA->MAQUINA
 IF MAQUINA->HORADISP > HORA
           REPLACE HENTHAQ WITH MAQUINA->HORADISP
    ELSE
           REPLACE HENTMAR WITH HORA
 ENDIF
```

```
REPLACE TIESERCLTE WITH B
  IF (HENTHAG+TIESERCLTE) >= (INT(HENTHAQ/100)#100+60)
                REPLACE HSALMAQ WITH ((INT(HENTMAQ/100))+1)*100+(HENTMAQ+TIESERCLTE)-(INT(HENTMAQ/100)*100+60)
                 REPLACE HSALMAG WITH RESUL->HENTMAQ+RESUL->TIESERCLTE
 ENDIF
 SELE 8
 APPEND BLANK
 REPLACE HORA WITH RESUL->HORA, NUMCLIENTE WITH resul->numcliente, ;
 TIPOCLIE WITH RESUL->TIPOCLIE, TIPOPROD WITH RESUL->TIPOPROD, ;
 TIPOCEM WITH 1, MAQUINA WITH RESUL->MAQUINA, ;
 TONELADAS WITH RESUL->TONGRIS, TIESERCLIE WITH B
 IF MAQUINA->HORADISP > HORA
           REPLACE HENTHAQ WITH MAQUINA->HORADISP
    ELSE
           REPLACE HENTMAR WITH HORA
 ENDIF
 IF (HENTMAQ+TIESERCLTE) >= (INT(HENTMAQ/100)#100+60)
                REPLACE HSALMAG WITH ((INT(HENTMAQ/100))+1)*100+(HENTMAQ+TIESERCLTE)-(INT(HENTMAQ/100)*100+60)
             ELSE
                REPLACE HEALMAQ WITH RESUL->HENTMAQ+RESUL->TIESERCLTE
 ENDIF
 SELE 10
 @ 00.10 say resul-> numcliente PICT '999'
 8 02,maquina#7 say horadisp
 # 03,maquina#7 say res23->hsalmaq
 # wait 'teclee (cr)' window
 # IF RESUL->HENTMAQ > HORADISP
              DIFEREN = RESUL->HENTMAQ - HORADISP - (INT(RESUL->HENTMAQ/100)- INT(HORADISP/100))$40
               DIFEREN = RESUL->HENTMAG - horaini - (INT(RESUL->HENTMAG/100)-INT(horaini/100))#40
              DIFEREN = RESUL->HENTMAQ - HORADISP - (INT(HENTMAQ/100)*60 + VAL(RIGHT(STR(HENTMAQ,4,0),2))) - ;
                     (INT(HORADISP/100)#60 + VAL(RIGHT(STR(HORADISP,4,0),2)))
              REPLACE TOCIO WITH TOCIO + DIFEREN
REPLACE HORADISP WITH RESUL->HSALMAQ, TPAROREAL WITH HORADISP, ;
        CTESATEND WITH CTESATEND + 1.TONDESP WITH TONDESP + RESUL->TONGRIS.:
        TPAROREAL WITH RESUL->HSALMAG
IF HORADISP > TPARO
          WAIT STR(MAQUINA,1,0) + ' SE PARA A LAS '+STR(HORADISP,4,0) WINDOW
          REPLACE DISPONIBLE WITH .F., TPAROREAL WITH HORADISP
ENDIF
SELE 7
IF TIPOPROD # 1
     REPLACE CVEAFE WITH 2
   ELSE
     REPLACE CVEAFE WITH 1
ENDIF
RETURN
PROCEDURE TOCIO
SELE 1
USE MAQUINA INDEX MAQUINA
SET FILTER TO DISPONIBLE
OO TOP
SELE 2
USE RES23 INDEX NYDIA
REINDEX
STORE O TO I HSALANT, ACUMOCIO, DIFER
BELE 1
```

```
DO WHILE NOT. EDF()
  HSALANT = HORADISP
  I = I + I
  SELE 2
  SET FILTER TO MAQUINA = MAQUINA->MAQUINA
    00 TOP
    IF MAQUINA->TIPOPROD = 2
       IF HENTHAR > MARUINA->HORARECESO
                    ACUMOCIO = 0 - MAQUINA->TRECESO
       ENDIF
     ENDIF
     DO WHILE .NOT. EOF()
           IF HSALANT < HENTHAG
                  DIFER = HENTMAR - HSALANT - (INT(HENTMAR/100) - INT(HSALANT/100))#40
                  ACUMOCIO = ACUMOCIO + DIFER
           ENDIF
           HSALANT = HSALMAQ
     SKIP
     ENDDO
     SELE 1
     REPLACE TOCIO WITH ACUNOCIO
     ACUMOCIO = 0
     SKIP
ENDDO
CLOSE DATA
RETURN
```

#### II.5.4 Validación.

Al haber concluido el programa de simulación, las condiciones de la empresa son diferentes. De donde, no es posible validar la simulación con un día de labores en la empresa. Por lo tanto, se contrastaron las corridas de la simulación con datos históricos obtenidos en muestreos realizados anteriormente.

Observamos que algunas corridas no tuvieron diferencias significativas en llegadas y tiempo de servicio por cliente.

Primeramente exponemos las pruebas estadísticas que se le aplicaron al generador de números aleatorios y posteriormente a los resultados de la simulación.

# II.5.4.1 Generación de Números Aleatorios.

Al generador de números aleatorios se le aplicaron las siguientes pruebas de aleatoriedad: Ji-Cuadrada, Kolmogorov-Smirnov y prueba de aleatoriedad.

Todas ellas se realizaron en el paquete STATGRAPHICS.

A continuación presentamos los resultados de cada prueba en las cuales se observa que si existe aleatoriedad en el proceso de generación de números aleatorios.

# Chisquare Test

Chisquare	Expected Frequency	Observed Frequency	Upper Limit	Lower Limit
1.61236	33	40	.03333	at or below
.56374	33	29	,06667	.03333
.21306	33	36	.10000	.06667
.16356	33	31	.13333	.10000
.33365	33	30	.16667	
.08316	33	35	.20000	.16667
1.61399	33	26	.23333	,2000
.56374	33	29	. 26667	,23333
.21306	33	36	.30000	.26667
5,60168	33	47	.33333	.30000
2.08406	33	. 25	.36667	
3.41209	33	44	.40000	.36667
.00337	33	33	.43333	.40000
.05346	33	32	.46667	,43333

Chisquare = 25.3906 with 27 d.f. Sig. level = 0.552581

# Tests for Randomness

# Data: numsale1

Median = 0.49508 based on 999 observations. Number of runs above and below median = 490 Expected number = 500.499 Large sample test statistic Z=-0.633058 Two-tailed probability of equaling or exceeding Z=0.526693

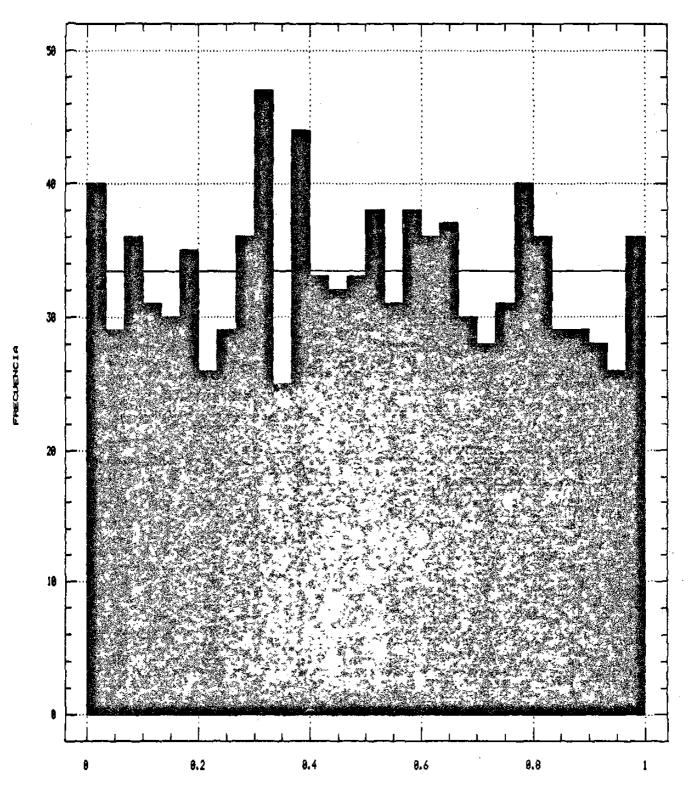
Number of runs up and down = 653 Expected number = 665.667 Large sample test statistic Z = -0.913786 Two-tailed probability of equaling or exceeding Z = 0.360828

NOTE: O adjacent values ignored.

Estimated KOLMOGOROV statistic DPLUS  $\approx$  0.0233294 Estimated KOLMOGOROV statistic DMINUS = 0.0153597 Estimated overall statistic DN = 0.0233294 Approximate significance level = 0.648452

FIGURA II.S. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

# Y AJUSTE A DISTRIBUCION UNIFORME



 $\begin{array}{c} \text{NUMEROS ALEATORIOS} \\ 76 \end{array}$ 

## 11.5.4.2 Tiempo Entre Llegadas.

De una corrida de la simulación, se obtuvieron los siguientes resultados en tiempo entre llegadas.

$$N = 119$$
  $X = 4.99$   $S = 6.65$ 

Del día 9 de Julio de 1991 se obtuvieron:

$$N \approx 109$$
  $X = 5.65$   $S = 6.63$ 

Primeramente hacemos la prueba de hipótesis para varianzas iguales, donde el estadístico es:

 $F = S1^2 / S2^2$  con N1 - 1, N2 - 2 grados de libertad.

$$F = (6.65)^2 / (6.63)^2 = 1.006 < 1.28$$

Donde 1.28 es el valor crítico con alfa = 0.05 de donde se concluye que las varianzas son iguales.

Como desconocemos la varianza poblacional, contrastaremos las medias muestrales de tiempo entre llegadas, aplicando la prueba t de Student, donde el estadístico es:

$$t = (X1 - X2) / Sp (1/N1 + 1/N2)$$

donde: 
$$Sp^2 = ((N1 - 1)S1^2 + (N2 - 1)S2^2) / (N1 + N2 - 2)$$

luego: 
$$Sp^2 = ((119-1)(6.65)^2 + (109-1)(6.63)^2)/(119+109-2)$$

$$Sp^2 = 44.096$$
 De donde  $Sp = 6.64$ .

entonces t = 
$$(4.99 - 5.65) / 6.64(1/199 + 1/109) = -0.7497$$

como /t/ < 1.96 se acepta que las medias son iguales con alfa = 0.05.

A continuación contrastamos las proporciones de choferes de planta, donde en una corrida de la simulación se tiene que:

$$N = 113$$
  $P = 0.16$   $X = 18$ 

y el día 8 de julio de 1991:

$$N = 104$$
  $P = 0.15$   $X = 16$ 

$$Z = (P1 - P2) / (P1(1 - P)(1/N1 + 1/N2))$$

luego

$$z = (0.16 - 0.15) / ((0.157)(1 - 0.157)(1/113 + 1/104)) =$$

7 = 0.202 < 1.96

Por lo tanto se acepta la hipótesis de que las proporciones son iguales con alfa * 0.05

II.5.4.3 Tiempo de Servicio.

En esta sección contrastaremos tiempo de servicio por cliente.

Para la máquina cinco la simulación generó los siguientes valores:

$$N = 41$$
  $X = 14.41$   $S = 9.60$ 

El día 4 de junio de 1991 se obtuvieron los siguientes datos:

$$N = 17$$
  $X = 13.06$   $S = 7.07$ 

Probamos las hipótesis de que las varianzas son iguales:

$$F = (9.60)^2 / (7.07)^2 = F = 1.84 < 2.15$$

donde 2.15 es el valor en tablas para F con 40 y 16 grados de libertad con alfa = 0.05. Se acepta la hipótesis de que las varianzas son iguales.

Ahora podemos aplicar la prueba t de Student para contrastar la hipótesia de que las medias son iguales.

Tenemos que:

$$Sp^2 = ((41-1)(9.6)^2 + (17-1)(7.07)^2) / (41+17-2) =$$
  
 $Sp^2 = 80.11$  de donde  $Sp = 8.95$ 

luego 
$$t = (14.41 - 13.06) / 8.95(1/41 + 1/17) = 0.52$$
  
 $t = 0.52 < 1.96$ 

por lo tanto se concluye que las medias del tiempo de servicio por cliente son iguales. (1.96 es el valor de Z para alfa = 0.05).

Para la máquina seis la simulación generó los siguientes valoras:

$$N = 40$$
  $X = 15$   $S = 8.53$ 

El 25 de junio se obtuvieron los siguientes datos:

$$N = 17$$
  $X = 10.76$   $S = 6.09$ 

Probaremos la hipótesis de que las varianzas son iguales:

$$F = (8.53)^2 / (6.09)^2 = 1.96 < 2.15$$

donde F40.16 = 2.15 con alfa = 0.05, donde se concluye que las varianzas son iguales.

Ahora podemos aplicar la prueba t de Student para contrastar la hipótesia de que las medias son iguales.

Tenemos que:

$$Sp^2 = ((40-1)(8.53)^2 + (17-1)(6.09)^2) / (40+17-2) =$$

$$Sp^2 = 62.38$$
 de donde  $Sp = 7.90$ 

luego 
$$t = (15 - 10.76) / 7.90(1/40 + 1/17) = 1.85$$

$$t = 1.85 < 1.96$$

por lo tanto se concluye que las medias del tiempo de servicio por cliente son iguales. (1.96 es el valor de Z para alfa = 0.05).

Con las pruebas anteriores se demostró que no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos de la simulación y los datos históricos obtenidos en la planta.

III DISEÑO DE EXPERIMENTOS DE SIMULACION.

III.1 Análisis de Sensibilidad.

El análisis de sensibilidad se realizó con una misma serie de números aleatorios los cuales generan los mismos clientes con sus mismas horas de llegadas a la planta. Esto con la finalidad de hacer comparaciones de los resultados con los mismos clientes pero con diferentes condiciones en máquinas que a continuación enumeramos:

Condición A: Es la condición normal de máquinas .

- a) Inician a las 8 hrs.
- b) En todas las máquinas hay un receso de 30 minutos que inicia a las 9:30 hrs.
- c) La máquina 6 para a las 14:30 hrs para paletizar.
  Para resultados ver tabla A.

Condición B: a) Todas las máquinas inician a las 8 hrs.

- b) Receso en todas las máquinas de 30 minutos inciando a las 9:30 hrs.
- c) Ninguna máquina para en la tarde.

### Para resultados ver tabla B.

- Condición C: a) Todas las máquinas inician a las 8 hrs.
  - b) Receso escalonado de 30 minutos para alimentos.

Máquina 3 y 4 a las 9:30 Máquina 5 a las 10:00 Máquina 6 a las 10:30.

- c) La maquina 6 para a las 14:30 para paletizar para resultados ver tabla C.
- Condición D: a) Todas la máquinas inician a las 8 hrs.
  - b) Receso escalonado como en C.
  - c) Ninguna máquina para en la tarde.
     Para resultados ver la tabla D.
- Condición E: a) Todas inician a las 8 hrs.
  - b) Receso para todas las máquinas a las 9:30
  - c) Para la máquina 6 a las 14:30 hrs.
  - d) Se anexa la máquina 7. Para resultados ver la tabla E.

REPORTE DE SIMULACION × NUMERO DE CLIENTE

Pagina # 1

Fecha del Reporte 04/05/92

	Bett of Mile 196			TIEMPO		LADAS
CLTE.	CLTE	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	SISTEMA minutos	CEMI GRIS	ENTO   BLANCO
1	ИÞ	B03	826	23	35.00	<u> </u>
i ^m ijo idina	NP	805	816	1 1	20.00	
hiya pijil	NP	<b>60</b> 5	815	10	10.00	
4	NP	806	823	17	10.00	
ing.	NP	80 Z	938	91	17,00	2.00
6	NP	808	838 .	3Ô	20.00	
7	NP	808	836	28	20,00	
8	NP	814	839		20.00	
9	NP	816	94Q	84		1.00
10	NP	921	914	55	25.00	
1.1	NP	832	957	85	15.00	15.00
1.22	NP	رسم موسر رسم رکان اگریا کا	852	žō	20.00	+
13	ΝP	832	859	27	15.00	
14	Nβ	834	90a	30	15.00	
1.55	NP	935	907	32	10.00	
16	NF	841	910	29	10.00	
17	NP .	⊜ब.ब.	927	43	35.00	
1.8	NP	845	921	36	15.00	
19	NP	ŝŝō	1015	85	35.00	
20	N₽	851	1005	74	10.00	
7.4	. NP	857	tojs	91	15.00	
one of the state o	NP	857	1030	ŠŠ	5.00	
2.3	NP	903	1046	103	30.00	
24	NP	904	1035	91	10.00	
one the	NP	910	1040	90	10.00	
26	p>	<b>912</b>	924	12	10.00	
27	p P	915	959	aa	9.00	1.00
2=	NP	916	1042	86	10.00	4 8 5. 2
Sec.	NP	918	1048	90	10.00	
ŝo	NΡ	จริส	1104	100	30.00	
31	(a)	925	1005	40	10.00	
37.2	NP	927	1057	90	10.00	
7 7	NP	432	1059	87	10.00	
34	NP	AND THE REAL	1024	49		30.00
3.6	Mb	<b>935</b>	1113	98	10.00	
36	NΡ	936	1119	103	30.00	
37	p	936	1017	41	15.00	
T (A)	ΝF	939	1129	110	35.00	5.00
34	NE	ýā.ó	1126	106	30.00	-1 -7 11 m'
(15)	NP	953	1136	103	25.00	
4 <b>t</b>	Mb	988	1031	36		3.00
42	NP	100%	1132	87	10.00	an ar ar sar
Medit galge gage tran Made com	NP	1009	1137	88	10.00	
44	NP	1010	1143	93	15.00	
45	NB ME	1010	1147	97	15.00	
46	b Mm	1010	1021	11	10.00	
47	NP L	1011	1152	101	10.00	
48	NP	1012	1155	103	10.00	

REPORTE DE SIMULACION × NUMERO DE CLIENTE

Pagina # 2

Fecha del Reporte 04/05/92

#	TIPO	HORA	HORA	TIEMPO SISTEMA	1	LADAS ENTO
CLTE.	CLTE	LLEGADA	SALIDA	minutos	GRIS	BLANCO
49	þ	1013	1027	14	20.00	. <u> </u>
50	P	1016	1025	9	10.00	
51	ΝP	1017	1201	104	15.00	
	NP	1020	1206	106	15.00	
53	NP	1020	1212	112	20.00	
54	NP	1020	1212	112	10.00	
55	ΝP	1021	1237	136	20.00	5.00
56	ΝP	1023	1228	125	10.00	
57	NP	1026	1232	126	15.00	
58	NP	1034	1238	124	10.00	
59	NP	1043	1301	138	20.00	5.00
<b>60</b>	þ	1043	1052	9	10.00	
61	NP	1051	1308	137	20.00	10.00
62	NP	1109	1247	78	5.00	
6.3	ИP	1116	1336	140		40.00
64	P	1133	1149	16	20.00	
<b>₽</b>	ΝP	1144	1302	7⊜	20.00	
66	p	1150	1201	1.1	10.00	
<b>6</b> 7	NP	1202	1338	96	40.00	
68	P	1202	1220	18	20.00	
6.9	NP	1203	1403	120		40.00
70	P	1208	1221	13	15.00	
71	NP	1211	1315	64	20.00	
72	NP	1212	1312	60	20.00	
73	NP	1213	1315	62	5.00	
74	NP	1214	1336	82	35.00	
75	NP	1217	1332	75	35.00	
76	NP	1219	1344	85	20.00	
77	NP	1225	1413	108	40.00	
76	P	1227	1243	16	20.00	
79	NP	1231	1354	83	30.00	
e:o	NP	4 52 75 50	1424	112	30.00	
81	þ	1234	1243	9	10.00	
<b>9</b> 2	ΝP	1238	1416	98	20.00	
83	ЧM	1244	1425	101	20.00	
용4	NP	1244	1422	98	10.00	
95	NP	1247	1423	96		15.00
86	NP	1258	1438	100	25.00	
87	NP	1301	1436	95	20.00	
	NP	1302	1432	90	10.00	
<b>89</b>	NP	1321	1451	90	16.00	2.00
90	NP	1330	1455	85	20.00	•
91	NP	1331	1503	92	20.00	
92	NP	1343	1505	82	20.00	
93	P	1344	1352	8	10.00	
94	P	1347	1359	12	10.00	
95	NP	1348	1507	79	10.00	
96	P	1351	1402	<b>i 1</b>	10.00	

REPORTE DE SIMULACION × NUMERO DE CLIENTE Pagina # 3 Fecha del Reporte 04/05/92

# CLTE.	TIPO CLTE	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	TIEMPO SISTEMA minutos		LADAS ENTO   BLANCO
97	NP	1351	1519	88	15.00	<u> </u>
98	NΡ	135a	1524	90 20	25.00	
99	NP	1406	1539	93	35.00	
100	NP	1425	1549	84	40.00	
101	NP	1437	1546	69	10.00	
102	NP	1449	1601	72	20.00	
103	NP	1 1 1 1	1616	65	10.00	
104	ΝP	1517	1622	A.5	20.00	
<b>1</b> O#	NP	1520	1635	75	20.00	
106	NP	1525	1751	146		30.00
107	NP	1525	1628	63	10.00	
108	NP	1527	1708	101	40.00	
109	ИP	153 t	1647	76	10.00	
110	NP	1533	1654	81	10.00	
111	NP	1543	1703	80	20.00	
112	NP	1545	1722	97	20.00	
113	NP	1545	1806	1 4 1	20.00	20.00
114	p	1.546	1610	24	40.00	
115	NP	1548	1755	127	30.00	
1.16	p	15564	1609	1.5	10.00	
117	ΝÞ	1556	1752	114	20.00	
118	NP	1,604	1816	132	35.00	
119	NP	1612	1814	122	30.00	
120	NP	1613	1829	136	20.00	
121	ЧN	1626	1829	123	15.00	
4 mg mg de die Mil	NP	1639	រៈខាងរ	122	20.00	
125	NP	1642	1837	115	15.00	
174	NP	1645	1809	84		3.00
1.25	Иlэ	1657	1847	110	15.00	
126	ΝP	1657	1941	164	40.00	
127	NP	1702	1925	143	40.00	
128	NP	1703	1943	160	30.00	
129	NP	1704	1955	171	20.00	
130	NP	1707	1954	167	15.00	
131	P	1707	1738	31	40.00	
132	NP	1746	2005	139	15.00	
	NF	1746	2010	1 4 4	20.00	
1 "54	NP	1749	2022	153	25.00	
1.35%	NP	1757	2028	151	30.00	
136	NP	1756	2057	179	40.00	

05/ABR/1992 11:35:02 am

## SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACOS CEMENTOS MEXICANOS

# MAG	HABILITADA <si no=""></si>	INTOIO	ORA   FIN	D E RECESO	TIEMPO RECESO	TIPO DE CEMENTO 1-GRIS 2-BLANCO
1	NO	800	9999	930	30	GRIS
(*)) (*)	NG/	800	9999	930	30	GRIS
3	51	800	9999	930	30	GRIS
4	SI	800	9999	930	30	BLANCO
5	\$1	BQO	9999	930	30	GRIS
6	<b>\$</b> I	SOO	1430	930	30	GRIS
7	NO	800	9999	930	30	GRIS
8	NO	800	Ó	0	0	GRIS
<b>4</b> )	NO	800	0	٥	O	GRIS

05/ABR/1992 11:37:04 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE <CR>

# M	T I P CEM	HOF	₹A  FIN	CTES ATEN	TONS DESP	TMPO OCIO		OS TMPOS. VICIO TONS.		IPICA RVICIO × TON.
3 4 5 6	G B G G	800 800 800	20 <b>5</b> 7 1809 2028 1432	49 17 52 27	1029.0 227.0 933.0 490.0	396	15.18 10.76 13.71 13.22	0.7230 0.8061 0.7642 0.7285	9.62 9.70 10.49 8.30	0.43 0.43 0.31 0.59

05/ABR/1992 11:38:18 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE (CR)

procession of the cliente ----PROMEDIO TIPO 1 NUMERO TIEMPO CLIENTE DE CLTES. ENTRE LLEG. κ. *3 PLANTA 14.70% 25.00 20 NO PLANTA 85.29% 116 4.57 TOTAL GRAL 136 100.00% 4.40 TIEMPO PROMEDIO EN COLA GENERAL ... 77.33 DESV. TIPICA GENERAL ...... 5.4852 05/ABR/1992 11:29:09 am

## SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACUS CEMENTOS MEXICANOS

# MAQ	HABILITADA <si no=""></si>	1NICIO H	ORA   FIN	D E RECESO	TIEMPO RECESO	TIPO DE CEMENTO 1-GRIS 2-BLANCO
1	NÜ	8:00	4999	<b>930</b>	30	GR 1 S
2	NÜ	≅00	9999	930	30	GRIS
3	8 I	800	9999	930	35 <b>0</b>	GRIS
4	SI	800	9999	930	30	BLANCO
5	81	900	9999	930	30	GRIS
6	SI	800	9999	930	20	GRIS
7	NO	800	9999	930	30	GRIS
8:	NO .	800	0	O	0	GF18
Э	NO	800	O	Ó	O	GRIS

05/ABR/1992 11:30:30 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE <CR>

REPORTE DE MAQUINAS GENERAL .....

# M	TIP	HO INI.	RA  FIN	CTES ATEN	TONS DESP	TMPD	1	IOS TMPOS. RVICIO   TONS.		(IPICA RVICIO x TON,
3 4 5 6	G B G G	800 800 800	1838 1710 1828 1900	43 17 43 42	834.0 227.0 797.0 821.0	337 5	14.07 10.76 13.79 14.88	0.7300 0.8100 0.7400 0.7600	9.31 9.71 9.58 9.87	0.47 0.44 0.32 0.49

05/ABR/1992 11:31:42 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE <CR>

	<u>, ang katang mga katang ka</u>	≕ CONSULTAS × TI	PO DE CLIENTE	
1 2	TIPO CLIENTE	NUMERO DE CLTES.	*	PROMEDIO TIEMPO ENTRE LLEG.
5	PLANTA NO PLANTA TOTAL GRAL	20 116 136	14.70% 85.29% 100.00%	25.00 4.57 4.40
		PO PROMEDIO EN C . TIPICA GENERAL		11

05/ABR/1992 11:40:32 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACOS CEMENTOS MEXICANOS

# MAQ	HABILITADA <si no=""></si>	INICIO	O R A	D E RECESO	TIEMPO RECESO	TIPO DE CEMENTO 1-GRIS 2-BLANCO
1	NO	800	9999	930	30	GF IS
2	NO	800	9999	930	30	GRIS
3	SI	800	9999	930	30	GRIS
4	SI	800	9999	930	30	BLANCO
5	SI	800	9999	1000	30	GRIS
6	SI	800	1,430	1030	30	GRIS
7	NÜ	800	9999	930	30	GRIS
8	NÖ	800	Ö	O	0	GRIS
9	NÖ	800	0	Ō	Ö	GRIS

05/ABR/1992 11:42:02 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE CORE

## = REPORTE DE MAQUINAS GENERAL ==

# M	TIP CEM	HC INI.	)RA  FIN	CTES ATEN	TONS DESP	TMPO OCIO		IOS TMPOS. RVICIO TONS.		IPICA RVICIO × TON.
3 4 5 6	6 8 6 6	800 800 800 800	2030 1810 2106 1435	49 17 49 30	969.0 227.0 978.0 505.0	397 5	14.63 10.76 15.32 12.00	0,7399 0,8061 0,7678 0,7128	9,29 9,70 10,34 8,14	0.45 0.43 0.48 0.56

05/ABR/1992 11:43:13 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE COR>

	TIPO	NUMERO DE CLTES.	*	PROMEDIO TIEMPO ENTRE LLEG.
Programme and the second secon	PLANTA	20	14.70%	25,00
TOTAL GRAL 136 100.00% 4.40	NO PLANTA	er	WI 701 41 ANY 1 4 Y	, 4 20 1
	TOTAL GRAL	136	100.00%	4.40
TIEMPO PROMEDIO EN COLA GENERAL 76.72	TIEM	PO PROMEDIO EN C	OLA GENERAL .	76.72

05/ABR/1992 11:44:46 am

## SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACOS CEMENTOS MEXICANOS

# MAG	HABILITADA <si no=""></si>	INICIO	ORA   FIN	D E RECESO	TIEMPO RECESO	TIPO DE CEMENTO 1-GRIS 2-BLANCO
1	NO	800	9999	930	,", 5 (_,) 	GRIS
2	NÜ	800	9999	930	30	GRIS
3	SI	800	9999	930	30	GRIS
4	SI	800	9999	930	30	BLANCO
5	SI	800	9999	1000	30	GRIS
6	81	800	9999	1030	30	GRIS
7	NO	800	9999	930	30	GRIS
용	NO	800	Ö	Q	0	GRIS
9	NO	600	¢	0	O	GRIS

05/ABR/1992 11:46:15 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE KOR>

# M	TIP CEM	HC INI.	IRA  FIN	CTES ATEN	TONS DESP	TMP0 0010	1	IOS TMPOS. RVICIO TONS.		TPICA RVICIO × TON.
3 4 5 6	G B G	800 800 800	1908 1711 1844 1837	48 17 39 41	864.0 227.0 797.0 791.0	338	13.22 10.76 15.61 14.68	0.7349 0.8061 0.7641 0.7610	8.25 9.70 9.85 10.83	0.45 0.43 0.52 0.50

05/ABR/1992 11:47:17 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE <CR>

TIPO CLIENTE	NUMERO DE CLTES.	*	PROMEDIO TIEMPO ENTRE LLEG.
			Agency in a management of a market hand of the following a highly claim and a series of the special process.
PLANTA	20	14.70%	25.00
NO PLANTA	116	85,29%	4.57
TOTAL GRAL	136	100.00%	4.40
TIFM	PO PROMEDIO EN C	OLA GENERAL .	58.91
•	. TIPICA GENERAL		

05/ABR/1992 11:53:26 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACOS CEMENTOS MEXICANOS

# MAG	HABILITADA <si no=""></si>	INICIO H	ORA   FIN	D E RECESO	TIEMPO RECESO	TIPO DE CEMENTO   1-GRIS D-BLANCO
1	NO	800	9999	930	30	CRIS
2	NO	800	9999	930	30	GRIS
3	51	800	9999	930	30	GRIS
4.	SI	800	9999	930	30	BLANCO
5	SI	800	9999	930	ತ೦	GRIS
6	SI	800	1430	930	30	GRIS
7	SI	800	9999	930	. 30	GRIS
문	NO	800	O	O	Ö	GRIS
9	NO	800	O	٥	Ō	GRIS

05/ABR/1992 11:54:56 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE CORS

--- REPORTE DE MAQUINAS GENERAL -

# M	TIP CEM	HO INI.	RA  FIN	CTES ATEN	TONS DESP	TMPO OCIO		OS TMPOS. VICIO TONS.		IPICA RVICTO × TON.
3	G	800	1847	36	695.0	102	14.30	0.7410	10.05	0.63
4	$\mathbb{B}$	800	1702	17	227.0	329	10.76	0.8061	9.70	0.43
5	G	800	1824	40	744.0	104	12.25	0.6566	6.95	0.51
6	G	800	1427	20	396.0	44	15.65	0.7904	11.25	0.70
7	G	800	1821	32	617.0	94	15.53	0.8055	9.85	0.50

05/ABR/1992 11:56:02 am SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO EN SACO CEMENTOS MEXICANOS

TECLEE CORS

Ţ		≡ CONSULTAS × T.	PO DE CLIENTE		
1 2 3	TIPO CLIENTE	NUMERO DE CLTES.	*	PROMEDIO TIEMPO ENTRE LLEG.	
4 5		20 116 136 Po p <del>r</del> omedio en C . Tipica general			

#### III.2 Conclusiones y Recomendaciones.

Considerando que el tiempo de servicio en máquinas debe ser similar en todas las condiciones, pondremos nuestra atención en el tiempo de ocio en máquinas y del tiempo de espera en la cola.

Estos parámetros se tomarán como referencia para comparar resultados en las condiciones A.B.C.D.E.

	TIEM	PO DE OCI	O EN MINU	TOS		TEC(MIN)
	мз	M4	M5	м6	M7	
A	3	396	5	5		77.33
В	3	337	5	5		58.76
С	3	397	5	5		76.72
D	3	338	5	5		58.91
E	102	329	104	44	94	29.88

TEC - Promedio de Tiempo de Espera en la Cola.

De la tabla anterior se obtienen los siguientes comentarios:

Condición B: Si la planta no para la máquina 6, el promedio del tiempo de espera en la cola se reduce en 18.57 minutos. de 77.33 a 58.76 minutos.

Condición C: Si se escalonan los recesos para comer no se obtiene una reducción significativa en el tiempo de espera en la cola, ya que varía de 77.33 a 76.72 minutos.

Condición D: El resultado es similar a la condición C.

Condición E: Aquí disminuye considerablemente el tiempo de espera en la cola que varía de 77.33 minutos a 29.88, es decir 47.45 minutos de recucción. Pero se observa un incremento en los tiempos de ocio los cuales no consideramos significativos puesto que en la simulación no se consideran los paros por fallas en máquinas.

Por consiguiente algunas sugerencias son:

- 10. Implementar la condición E
- 20. Si lo anterior no es costeable, entonces se debe implementar la condición B. Debiendo paletizar después de haber atendido al último cliente llegado antes de las 18 horas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Coss Bu Raúl. Simulación un enfoque práctico. Limusa 1991.
- Gross Harris, Fundamentals of Queuing Theory, Wiley 1975.
- Hillier Lieberman, Introducción a la Investigación de Operaciones, McGraw Hill 1991.
- Kleinrock, Queueing Systems Volume I Theory, Wiley 1975
- Kreyszig Erwin, Introducción a la Estadística Matemática Principios y Métodos, Limusa 1983
- Levin Kirkpatrick, Enfoques Cuantitativos a la Administración CECSA 1983
- Mendenhall Scheaffer Wackerly, Estadística Matemática con aplicaciónes, Grupo Editorial Iberoamérica 1986.
- Montgomery Douglas C. , Design and Analysis of Experiments Wiley 1984.
- Salomon, Simulation of Waiting Line Systems, Prentice Hall 1983.
- Walpole Myers, Probabilidad y Estadística, Mc. Graw Hill, 1992.

# GLOSARIO

Bascula
Canal
Semento Mixto
Cola, Linea de Espera
Chofer de Planta,
Chofer no Planta22
octrina6
isciplina de la Cola
stado Estacionario
'ase
,, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
.q.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
Método Científico
atios
rioridad No perentoria8
rioridad Perentoria
imulación
'eoria
liempo de Estadía,
liempo de Servicio del Vigilante (Patios)23
liempo de Servicio de Máquinas24
ariable Endógena
ariable Exógena
1
lg