

308917



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

29  
2e5

**SIMULACION POR COMPUTADORA DE LINEAS DE ESPERA APLICADA AL  
HOSPITAL ANGELES DEL PEDREGAL**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PRESENTA**

**ELVA MARIA LARA PALOMARES**

**DIRECTOR: DR. STANISLAW RACZYNSKI GAWIN**

**MEXICO, D. F., 1993**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

## INTRODUCCION

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1	Situación actual respecto al sistema de admisión del hospital.	1
1.2	Análisis probabilístico y líneas de espera.	6
1.3	Definición del problema.	14
2	CALIDAD EN EL SERVICIO	16
2.1	Cambios que está viviendo el mercado en el sector salud.	16
2.2	Nuevo enfoque de los hospitales hacia el servicio.	19
3	SIMULACION POR COMPUTADORA	21
3.1	Fundamentos de la simulación por computadora	21
3.2	Propiedades de los modelos para la simulación	26
3.3	Implementaciones de simulación por computadora en el sector salud.	27
3.4	Lenguajes de simulación	29

4	PASION	35
4.1	Correspondencia entre modelos y programas en Pasion.	36
4.2	El medio de Pasion.	37
4.3	Generación de un modelo de líneas de espera.	38
4.4	Generación de modelos continuos	39
4.5	Implementaciones en PC y RISC	40
5	PRESENTACION DEL PROGRAMA	42
5.1	Descripción del Modelo	42
5.1.1	Componentes	42
5.1.2	Variables descriptivas	42
5.1.3	Reglas de interacción	42
5.2	Editor del programa	44
5.2.1	Cambios	45
5.2.2	Resultados en forma numérica	45
5.2.3	Resultados en forma animada	45
5.3	El programa	46
5.3.1	Proceso GEN	46
5.3.2	Proceso CLI	47
5.3.3	Proceso LSTAT	50
5.3.4	Proceso STOR	50
5.3.5	Proceso ANIM1	51
5.3.6	Programa	53

6	SOLUCION DEL PROBLEMA	75
6.1	Simulación del sistema actual	75
6.2	Simulación del sistema modificando el registro	107
6.3	Simulación del sistema modificando la enfermera	115
6.4	Simulación del sistema modificando la salida	123
6.5	Simulación del sistema modificando el horario de caja	131
6.6	Simulación del sistema aumentando una caja	139
6.7	Simulación del sistema aumentando una caja y modificando el horario de caja	147
6.8	Cambios propuestos para mejorar el servicio	155

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

Ahora más que nunca es extraordinariamente importante elevar las eficiencias en el sector salud, sector que es el fundamental en la salud y en la vida del hombre.

En las empresas privadas, dedicadas a este giro, se está buscando un mayor enfoque en el servicio al paciente, trayendo consigo un mejor y más rápido servicio, además de que aparece una mayor competencia entre los hospitales.

La nueva perspectiva que surge en todos los servicios consiste esencialmente en una alta calidad, la cual se logra con la plena satisfacción de los clientes, que es el único parámetro que nos mide las mejorías, y para lograrlo actualmente contamos con una nueva tecnología como es la simulación por computadora.

Esta herramienta viene a resolver satisfactoria y económicamente el primero y el más importante de los problemas que padecen los nosocomios de nuestro país, que consiste en el congestionamiento que se presenta en la admisión del paciente.

Es decir, el paciente al llegar al hospital tiene que esperar a ser atendido, en momentos en que siempre la urgencia es el factor esencial para una adecuada atención médica, ya que cuando se trata de la atención a la salud en cualquiera de sus formas, siempre requerimos además de la calidad, la inmediatez en el servicio.

En los hospitales de los Estados Unidos de Norte América, se está resolviendo esta problemática tal y como los hospitales del Estado de Michigan, donde han logrado reducir el siempre tan molesto tiempo de espera para la admisión de los pacientes. Este gran adelanto en bien de los pacientes se ha logrado en forma óptima y económica merced a los sistemas de simulación por computadora.

El presente estudio se realizó, gracias a la cooperación del Sr. Olegario Vázquez Raña en el Hospital Angeles del Pedregal, uno de los más importantes en América, mediante un análisis de todos los pasos que tiene que realizar un paciente en el hospital, desde su ingreso hasta el momento en que es dado de alta. Para realizar este estudio se analizaron todas las líneas de espera o las ocasiones en que el paciente tiene que esperar su turno para su atención.

Para el estudio integral del problema se construyó un programa de simulación en el lenguaje de cómputo llamado "PASION". Esta importante herramienta de trabajo la tenemos a partir de 1985, gracias a la inventiva del notable científico Dr. Stanislaw Raczynski, y está diseñado para los usuarios del lenguaje PASCAL, pero además proporciona todas las facilidades indispensables para lograr secuencias aleatorias de eventos, líneas de espera y procesos casi paralelos, ambos discretos o continuos.

Por lo anterior el objetivo general de este trabajo fue el de solucionar la problemática que inside en todos los momentos donde el paciente está obligado a esperar su turno para ser atendido.

Para lo anterior se requirió de localizar los momentos de espera, su duración y sus causales.

El programa contempla dos procesos, uno con nueve eventos que efectúa el paciente al estar en el hospital tomando en cuenta su admisión hasta su salida, y en el estudio se encontraron tres líneas de espera, que impiden tener un flujo continuo de pacientes.

El proceso uno, consiste en generar pacientes. El Dos simula actividades de los pacientes en el hospital. este proceso consta de nueve eventos.

El evento uno, prevé la sección que ocupará el paciente en el hospital.

El evento dos, aparece cuando el paciente se registra en la oficina de admisión del hospital, tomando en cuenta que debe de formarse para poder ser registrado.

El evento tres, ocurre cuando se desocupa la persona que atendió al paciente y verifica si existe otro paciente esperando, en caso afirmativo se activa el evento dos.

El evento cuatro, surge cuando al paciente se le asigna su cuarto, dependiendo de las ocho secciones de que consta el hospital, teniendo que esperar a que haya cupo en su sección y además de que una enfermera lo traslade a su cuarto.

El evento cinco, consiste en todo el tiempo de estancia del paciente en la habitación, este tiempo varía dependiendo la sección.

El evento seis, se considera cuando termina el tiempo de recuperación del paciente

El evento siete, se efectúa cuando el paciente va a pagar a la caja. Para este evento se toma en consideración el horario de la caja, y la existencia de tres ventanillas de pago.

El evento ocho, se desocupa la persona que atendió al paciente, y verifica si existe otro paciente en la línea de espera.

El evento nueve y último ocurre cuando el paciente una vez realizado el pago, se dirige a su cuarto para desocuparlo. El programa toma en cuenta que no todos los pacientes tardan el mismo tiempo para desocupar la habitación.

Después de que el paciente sale del cuarto (se considera también como salida del hospital), se llama a mantenimiento para que limpie el cuarto. Una vez limpio el cuarto se considera como cuarto libre.



Las líneas y tiempos de espera más importante se localizaron mediante nuestro programa de trabajo en los eventos dos, cuatro y siete.

Si algún mérito puede tener la presente investigación se deberá al Dr. Stanislaw Raczynski y al Sr. Olegario Vázquez Raña quienes permitieron que se trabajara en bases y problemas verídicos por lo que el presente trabajo tiene la ventaja de poder corroborarse con datos y experiencias reales.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE ADMISION EN EL HOSPITAL.

El Hospital Angeles del Pedregal, presenta un problema en la calidad de su servicio, este se traduce en no poder admitir a sus pacientes que no son de emergencia en un corto tiempo, teniendo consecuentemente un malestar en el paciente, en el momento más importante, que es el de su admisión. Lo anterior ocasiona una desventaja competitiva, ya que hoy en día para todas las empresas es fundamental lograr una excelente calidad de servicio al cliente.

El cliente no solo busca la mejor atención médica posible, ya que esto lo paga en los honorarios del doctor, si no que también busca buena atención y además sin demoras. El cliente busca un servicio.

El sistema de admisión del Hospital Angeles del Pedregal, se puede dividir en cuatro partes:

- Llegada del paciente al Hospital
- Registro del paciente
- Ocupación del cuarto
- Pago y salida del Hospital

Todos los pacientes que llegan al hospital tienen que pasar por estos cuatro pasos que se explican a continuación con detalle.

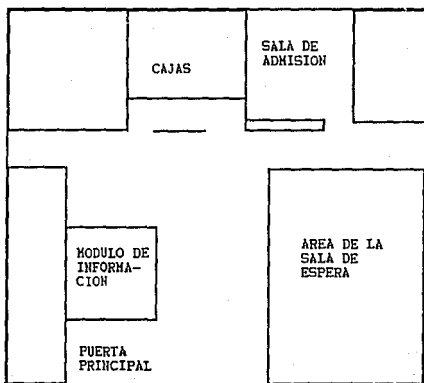


FIGURA 1

#### LLEGADA DEL PACIENTE

El paciente puede llegar al hospital a cualquier hora, ya que las oficinas de admisión laboran las 24 horas del día.

Al llegar el paciente al hospital, se dirige a la Sala de Admisión, la cual se localiza enfrente de la puerta principal, a un lado de las cajas. Enfrente de la Sala de Admisión se encuentra una sala de espera y un módulo de información. ver figura 1.

La capacidad de la Sala de Admisión es para nueve personas y, cuenta con tres cubículos con un área de 3 X 4 m (ver fig 2.) que funcionan las 24 horas del día.

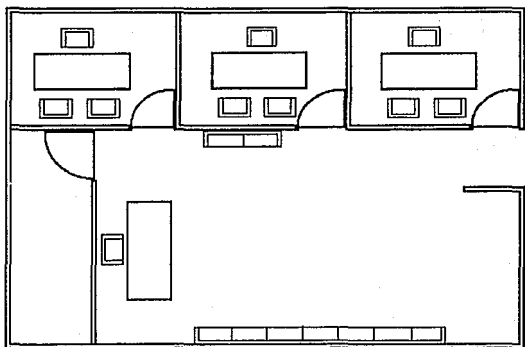
Entrando a la Sala de Admisión el paciente, pide información sobre su admisión o informa de su llegada a una señorita que se encuentra en dicha sala. Se le pide al paciente que tome asiento y la señorita avisa a las personas que atienden en los cubículos para la atención del paciente.

#### REGISTRO

Se atiende a los pacientes según el turno de llegada, si está desocupado algún cubículo, se le pide al paciente que pase para tomar sus datos.

Para que el paciente pueda registrarse debe de traer consigo una orden de admisión por parte del doctor, dando indicaciones del tipo de padecimiento del paciente para poder ubicar al paciente en su sección correspondiente. Existen en el Hospital seis secciones las cuales son:

- Coronarias
- Cuidados intensivos
- Gineco obstetricia
- Pediatría
- Medicina interna
- Cirugía



**DISTRIBUCION DE LA SALA DE ADMISION**

**FIGURA 2**

Después de haber enseñado su orden de admisión, se toman los datos al paciente en una computadora, y se le pide su depósito, en caso de que esté asegurado el paciente, se verifica si puede usar su seguro.

Posteriormente se le dá al paciente el reglamento interno del hospital, mientras lee el reglamento, se imprime su factura, se contesta cualquier duda que tenga, y finalmente sale el paciente del cubículo.

Posteriormente se pide al paciente que se dirija a la Sala de Espera, a donde irá a buscarlo una enfermera para conducirlo a su cuarto.

#### OCUPACION DEL CUARTO

Después de que al paciente le tomaron los datos para su registro inicial, se busca un cuarto disponible de la sección que le corresponde, si existe, la enfermera guía al paciente a su cuarto.

En caso de que no haya cuartos disponibles, el paciente debe de esperar en la Sala de Admisión hasta que exista alguno.

#### SISTEMA DE PAGO Y SALIDA DEL HOSPITAL

El paciente, después de que ha utilizado el cuarto para su recuperación, para salir del hospital, debe pagar en la caja.

Existen tres cajas de pago que se localizan en la planta baja a un lado de la Sala de Admisión, su sistema es tener una sola línea de espera para la atención de los pacientes.

El horario de las cajas es de 8:00 A.M. a 6:00 P.M. La hora de salida del hospital, está indicada en el reglamento, la cual debe de ser antes de las 11:00 A.M. De no descupar el cuarto a las 12:30 A.M. se cobra medio día extra.

Después de haber pagado, el paciente se dirige a su cuarto, recoge sus cosas y sale del cuarto y del

Hospital.

Cada vez que un cuarto se desocupa se avisa a mantenimiento para que limpien el cuarto y se pueda recibir otro paciente.

## 1.2 ANALISIS PROBABILISTICO Y LINEAS DE ESPERA

Para realizar un análisis probabilístico de este sistema se debe de recopilar datos que describan las diferentes variables de entrada, identificar los límites del sistema, definir los componentes del sistema y sus interrelaciones.

Con estos datos se deben de plantear un modelo y definir los procedimientos estadísticos que se utilizarán en el modelo.

El objetivo de hacer un análisis probabilístico, es asegurar que el problema se abordó en forma adecuada desde el punto de vista probabilístico y estadístico, es decir el número de condiciones y casos del modelo que se estudien, sean el número suficiente para poder tener inferencias estadísticas válidas a partir de los resultados obtenidos.

Dadas las características anteriores, nos damos cuenta de la necesidad de un generador de proceso, para desarrollar nuestro modelo. El generador de proceso es generar números aleatorios los cuales correspondan a una distribución probabilística conocida (como las que se explicarán posteriormente).

Para generar números aleatorios tomemos como base lo que expone el Dr. Raczynski en su libro de "Simulación por computadora" "Para realizar una simulación que necesita el uso de unas variables aleatorias hay que disponer de las secuencias de números aleatorios con cierta distribución de probabilidad. Uno de los métodos anteriores que se usaban hace tiempo fue sacar los números aleatorios en forma preparada y grabada de

antemano. Ahora, casi siempre, estos números se generan dentro de la computadora. Se usan dos métodos: generación por medio de procesos físicos aleatorios y generación por medio de una relación de recurrencia. Como un proceso físico aleatorio podemos usar, por ejemplo, el ruido térmico en un circuito con semiconductores, que, convertido en un número binario, representa un valor especial de "hardware". La generación por medio de una relación de recurrencia es una realización por "software" y por esto se aplica más frecuentemente.

Un buen generador de los números aleatorios con distribución uniforme en  $[0,1]$  debe de cumplir con los siguientes requisitos:

1. La distribución de los números debe ser uniforme en el intervalo  $[0,1]$ .
2. Los números deben de ser independientes dentro de toda la serie generada.
3. El ciclo del generador debe ser bastante grande, esto es, si ocurre la repetición de los números, entonces debe ocurrir después de generar muchos números distintos.
4. Toda serie debe de ser repetible. Hay que tener la posibilidad de correr el mismo programa otra vez con la misma serie de números aleatorios.
5. El generador debe ser rápido y ocupar poco espacio en la memoria operativa.



Siempre el mejor generador es el que fue diseñado para la computadora en la cual se usa, y rara vez el usuario puede mejorar a un generador que proporciona el producto de "software" para una computadora concreta."

#### GENERACION DE VARIABLES ALEATORIAS DISCRETAS

Se dice que existe una variable aleatoria discreta cuando es tomada de un conjunto numerable de valores. Esto lo podemos ejemplificar al abrir la página de un libro.

La distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta se puede representar por una fórmula, una tabla o una gráfica que indique las probabilidades que tenga cada elemento de un conjunto para ser escogida.

#### Distribución de probabilidad Binomial

La característica principal de esta distribución es que solamente puede tener dos resultados. Las características de un experimento binomial son las siguientes:

1. El experimento consta de  $n$  pruebas idénticas.
2. Cada prueba tiene dos resultados posibles.
3. La suma de las probabilidades de cada elemento es uno  $1 = p + q$
4. Las pruebas son independientes.
5. La variable aleatoria bajo el estudio es  $Y$ , el número de éxitos observados en las  $n$  pruebas.

La distribución de un conjunto de números aleatorios está dada por la siguiente fórmula:

$$p(y) = \frac{n!}{y!(n-y)!} p^y q^{n-y}, \quad y = 0, 1, 2, \dots, n$$

La distribución de probabilidad binomial tiene muchas aplicaciones, ya que el experimento binomial ocurre en el muestreo de productos defectuosos en un control de calidad industrial, en el muestreo de preferencias del consumidor o poblaciones de votantes y en muchas otras situaciones del mundo real.

#### Distribución de probabilidad Geométrica

La variable aleatoria que tiene distribución geométrica se define para un experimento que es muy similar al experimento binomial, ya que también tiene dos tipos de resultados (éxito y fracaso), la probabilidad de cada elemento es constante, y la única diferencia es que el experimento termina al obtener el primer éxito.

La probabilidad de la intersección de los resultados del experimento independientes, da lugar a la distribución de probabilidad geométrica:

$$p(y) = p q^{y-1}, \quad y = 1, 2, 3, \dots, n \quad 0 < p <= 1$$

La distribución de probabilidad geométrica se usa frecuentemente como modelo para las distribuciones de la longitud de tiempos de espera.

#### Distribución de probabilidad de Poisson

La distribución de Poisson proporciona muchas veces un buen modelo para la distribución de probabilidad para

el número de un conjunto de variables aleatorias de eventos raros que no ocurren con frecuencia en el espacio, tiempo, volumen o cualquier otra dimensión.

Las pasos para realizar un experimento tipo Poisson son las siguientes:

1. Identificar la longitud del periodo, T.  
Inicializar a cero un contador de número de llegadas, n, y un contador de tiempo entre llegadas, t.
2. Generar el tiempo entre llegadas para una de ellas utilizando el generador de proceso exponencial negativo.
3. Sumar a t el tiempo entre llegadas obtenido en el paso 2; sumar 1 al contador de número de llegadas, n.
4. Si  $t > T$  en el paso 3, entonces descartar la última llegada, restar 1 a n, y proceder con el paso 5, si no es así, ir al paso 2.
5. El valor de n es un resultado aleatorio para la distribución de Poisson.

La distribución de la probabilidad de Poisson está dada por :

$$p(y) = \frac{\lambda^y e^{-\lambda}}{y!}$$

$$y = 0, 1, 2$$

## GENERACION DE VARIABLES ALEATORIAS CONTINUAS

En la práctica podemos encontrar que no todas las variables aleatorias corresponden a la definición de variables aleatorias discretas. El intervalo en que se definen estas variables, pueden tomar cualquier valor, dicho intervalo se llama continua, de ahí el nombre de variables aleatorias continuas.

### La Distribución Uniforme

En términos matemáticos los factores que pueden existir son, la función de densidad probabilística (pdf, de sus siglas en inglés) y función de densidad acumulada (cdf, también se sus siglas en inglés ).

La función de densidad probabilística para la distribución uniforme se define como sigue:

$$p(x) = \frac{1}{b - a} \quad \text{para } a \leq x \leq b$$

En la función acumulada puede expresarse de la siguiente forma:

$$p(x) = \frac{x - a}{b - a}$$

### La Distribución Exponencial Negativa

Puede determinarse un generador de proceso para esta distribución utilizando la técnica de la transformación inversa.

La función de densidad probabilística (pdf) para la distribución exponencial negativa se define matemáticamente como sigue:

$$p(x) = \mu e^{-\mu x} \quad \text{para } 0 \leq x < \infty$$

En donde  $\mu$  es la tasa de servicio, o número promedio de unidades a las que se les da servicio por intervalo de tiempo.

Para obtener el generador de proceso, debe calcularse primero la función acumulada de densidad:

$$P(x) = 1 - e^{-\mu x}$$

Despejando  $x$ :

$$x = (-1/\mu) \ln(1-R)$$

Donde  $R$  es un número aleatorio. Dado que la variable aleatoria  $R$  es simétrica y tiene una distribución uniforme entre 0 y 1, la distribución probabilística para  $(1-R)$  equivale a la de  $R$ ; por otro lado, puede reemplazarse  $(1-R)$  por  $R$ . Entonces, un generador de proceso igualmente válido para la distribución exponencial negativa es:

$$x = (-1/\mu) \ln R$$

#### La Distribución Normal

Esta distribución se caracteriza por su forma acampanada, contiene dos parámetros los cuales son  $\mu$  y  $\sigma$ .

La función de densidad de probabilidad normal es la siguiente:

$$f(x) = \frac{e^{-(y-\mu)^2/2\sigma^2}}{\sigma \sqrt{2\pi}} \quad \begin{matrix} \sigma > 0, -\infty < \mu < \infty \\ -\infty < y < \infty \end{matrix}$$

## LINEAS DE ESPERA

El sistema de líneas de espera que se presenta en el Hospital, es un modelo M/M/s expresado en notación Kendall esto es, entrada aleatoria, tiempo de servicio aleatorio, y "s" es un número entero mayor que uno, que indica el número de canales de servicio.

Este tipo de modelo supone que todos los tiempos entre llegadas son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo a una distribución exponencial, que todos los tiempos de servicio son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo a otra distribución exponencial y que el número de servidores es "s". En el caso del hospital podemos observar que existen tres servidores en la sala de admisión, un servidor en el traslado al cuarto, y finalmente cuatro servidores al momento de pagar.

En este tipo de sistemas, la tasa media de llegadas al sistema de líneas de espera y la tasa media de servicio por servidor ocupado son constantes.

Para este sistema, el modelo para generar pacientes se debe de considerar la tasa media de llegadas al hospital, en este caso se hará de acuerdo a la tabla 1.1 y a lo mencionado anteriormente sobre la distribución exponencial, y para la tasa media de servicio por servidor se tomarán en cuenta los tiempos actuales del sistema, los cuales son:

<u>SERVIDOR</u>	<u>MEDIA</u>	<u>DESVIACION</u>	<u>LIM1</u>	<u>LIM2</u>
Registro	17 min	5 min	1 min	2 min
Enfermera	7 min	1 min	5 min	10 min
Caja	5 min	10 min	30 min	60 min

Una línea de espera se empieza a generar cuando la tasa media de servicio máxima excede a la tasa media de llegadas.

Se debe de tomar en cuenta que siempre este tipo de modelo pasa por una etapa de transición, en este caso será el tiempo en el que el los cuartos son ocupados y comienza a actuar como sucede en el Hospital.

### 1.3 DEFINICION DEL PROBLEMA

En el sistema descrito anteriormente, se observa que existen tres diferentes cuellos de botella, que impiden un flujo continuo de los pacientes, los cuales son:

- 1) La admisión
- 2) La estancia del cuarto
- 3) La caja

Las características de estos tres procesos son:

- 1) La admisión: En este proceso, se encuentra el problema de que solamente existen tres cubículos para poder registrar a los pacientes, y como la distribución de la llegada de pacientes no es uniforme, se crea una fila de espera en la hora pico.
- 2) La estancia en el cuarto: El promedio de la estancia en cada cuarto no es igual para todas las secciones, así como tampoco su capacidad. Como se puede apreciar en el tabla 1.1

- 3) La caja: Se tiene tres cajas para atender a los pacientes, aquí el problema consiste en que la mayoría de los pacientes, esperan la hora de salida para pagar, ocasionando una larga fila de espera a las 11:00 A.M.

SECCION	PROMEDIO DE ESTANCIA	CAPACIDAD DE LA SECCION
coronarios	4 días	14 camas
cuidados intensivos	7 días	20 camas
ginecobstetricia	3 días	35 camas
pediatría	2 días	64 camas
cirugía	3 días	35 camas

TABLA 1.1

La demanda de todas las secciones es casi igual, exceptuando el de gineco obstetricia, que tiene una demanda mayor que las demás secciones.



## CAPITULO 2

### GRAN CALIDAD EN EL SERVICIO

#### 2.1 CAMBIOS QUE ESTAN SURGIENDO EN EL MERCADO DE EL SECTOR SALUD

Ultimamente el sector salud, está teniendo cambios en relación al servicio, esto es porque requiere darle un mejor servicio al paciente.

Estos cambios han surgido mediante el arribo de la ingeniería industrial en los hospitales, la cual ha introducido la calidad total en la dirección, como posteriormente se explicará.

Primero aclararemos que para tener una óptima perspectiva del mercado, se requiere de su análisis, siendo su objetivo desarrollar un perfil de la naturaleza y los posibles cambios de estrategia que cada competidor podría adoptar.

Solamente se mencionarán los puntos que se deben de considerar para realizar un análisis de mercado, ya que es un punto bastante amplio, y nos desviaría del tema medular.

Un buen análisis del competidor, se basa en cuatro puntos:

1. Objetivos futuros.
2. La estrategia actual.
3. Los supuestos.
4. Las capacidades.

#### OBJETIVOS FUTUROS:

El objetivo de este punto es saber si el competidor está satisfecho o no con su posición actual, y esto nos

puede informar, que las probabilidades de que los competidores cambien sus estrategias.

#### ESTRATEGIA ACTUAL:

Consiste en el conocimiento de los objetivos de la competencia, esto es como va a competir la empresa y su participación en el mercado.

Igualmente es la información de las fuerzas y debilidades de la competencia, dichas fuerzas son: La rivalidad entre los competidores existentes, el poder negociador de los clientes (en este caso pacientes), amenaza de nuevos competidores y la capacidad negociadora de los proveedores.

#### LOS SUPUESTOS

Este punto consiste en el conocimiento de como reaccionaría la competencia en determinado caso.

#### CAPACIDADES

En este punto se habla respecto de las capacidades de respuesta rápida, esto es el responder con rapidez los cambios existentes en el mercado, la capacidad de adaptarse al cambio, la habilidad para poder crecer, y la capacidad para resistir una lucha prolongada que pueda presionar en las utilidades o en el flujo de efectivo.

El sector salud de América es el más costoso en el mundo, dando una estimación, en Estados Unidos, este sector consume el 14% de lo que este país produce, y se calcula que será el 20% para el año 2000, si continúa la misma tendencia. Hasta ahora, tiene un costo altísimo teniendo como consecuencia adversas expectativas sobre el nivel de vida.

Los problemas de salud en América, han persistido por décadas, esto es, los pacientes tienen que pagar fuertes

precios y además se encuentran insatisfechos con el sistema actual.

Actualmente se ha descubierto que para lograr un progreso en este sector se tienen que atacar específicamente tres áreas:

- Capacidad en el manejo de la información.
- Una organización que busque el mejoramiento del sistema.
- La estructura organizacional.

Si se tiene una buena dirección y un control de los costos se puede asegurar que lo que se ha hecho está correcto. Hasta ahora, ha sido muy difícil acoplar estos dos puntos en el sector salud, ya que existen muchas variables que dificultan cualquier estudio para evaluar correctamente el costo de una atención médica hospitalaria.

Esto es debido a que los tratamientos médicos son increíblemente complicados por la intervención de múltiples factores como son: los pacientes en si mismo, la variedad de enfermedades, la edad, sexo, raza, la condición mental y física del paciente y además las complicaciones que aparezcan. Esto provoca que el análisis requiera mucho tiempo e información para su realización.

Para resolver estos problemas de análisis, se debe hacer un estudio muy amplio, bien estructurado, y que soporte el estudio de muchos factores no lineales y que interactúen entre si. Desafortunadamente, pocas veces se ha logrado realizar un estudio con tales características.

La aparición de las bases de datos en computadoras, ha transformado lo anterior. Al menos en los Estados Unidos, treinta estados utilizan ahora bases de datos en computadoras las cuales tienen registradas, su cantidad de pacientes, el diagnóstico, el tratamiento que se les está

aplicando, el tiempo de estancia, y toda la información indispensable para la admisión de nuevos pacientes.

Los beneficios que están obteniendo los hospitales con estas bases de datos, son el que conocen sus costos reales, pueden estandarizar sus planes de tratamiento y conocer los tiempos de duración de cada tratamiento clínico.

La implantación de estas bases de datos fueron realizada por ingenieros industriales, quienes hicieron previamente los análisis y el estudio de los pacientes.

Actualmente se ha acrecentado la presencia de ingenieros industriales en los hospitales con la introducción de la "Calidad Total en la Dirección" (TQM), teniendo que interpretar los datos de análisis e implementar nuevos sistemas.

Al implementar los hospitales, la nueva estrategia "TQM" han tenido que definir procesos, analizar las mejoras, controlar la calidad, simular procesos, e integrar los sistemas de salud.

En cuanto a los costos, se tienen controlados de acuerdo al presupuesto.

Esto es una solución en los hospitales ya que se han identificado los procesos que se requieren en un tratamiento, y el conocimiento del costo por proceso.

## 2.2 NUEVO ENFOQUE DE LOS HOSPITALES HACIA EL SERVICIO.

La ingeniería industrial en los hospitales, logró un nuevo enfoque de servicio para el paciente.

Ultimamente se tiene como uno de los objetivos que el paciente quede satisfecho con el servicio médico hospitalario. Esto se ha logrado mediante un mejoramiento global del sistema. No como anteriormente se hacía, cuando cada departamento independientemente intentaba mejorar su área.

Cada especialidad de un hospital tiene diferentes tipos de clientes, los clientes más comunes son los pacientes, pero existen otros como los de radiología, los de emergencia, o los de ortopedia, etc.

Cuando se habla de mejorar el servicio a un cliente, se debe de considerar que cuando la gente adquiere un producto no lo compra por lo que es, si no por las funciones que realiza.

Una cuestión importante del servicio es que si se proporciona una buena calidad, el comprador del servicio se convertirá en un cliente. Al referirnos al servicio se debe de entender que es la satisfacción de las expectativas.

Para lograr esto se debe de considerar la capacidad de atención a los clientes, por lo tanto prever el límite de crecimiento posible. Esto es por que cada cliente debe de tener un buen servicio. Se tiene que pensar en todos, y no únicamente en una mayoría.

Se han realizado estudios que mencionan lo costoso que es el perder a un cliente o bien el reemplazarlo por otro. En estos se afirma es cinco veces más costoso el tratar de reemplazar un cliente. Pero no termina en el costo, si no también en la mala publicidad que sufre la empresa de donde se estima que por cada cliente que queda insatisfecho lo informa por lo menos a siete personas, teniendo una proporción de 1 a 7 de mala propaganda.

Para poder enfocar un buen servicio al cliente se deben de describir sus necesidades reales, sus expectativas, y los puntos de posible "agregación al negocio" esto es todo aquello que contribuye a la mejoría de los procesos operativos.

Satisfechos estos puntos se debe de llegar a un nuevo sistema, el cual debe de vigilarse que se cumpla. Esta mejoría debe de ser constante, y siempre se debe de iniciar a partir del cliente externo.

## CAPITULO 3 SIMULACION POR COMPUTADORA

### 3.1 FUNDAMENTOS DE LA SIMULACION POR COMPUTADORA

El fundamento racional para usar la simulación en cualquier disciplina (sea economía o investigación de operaciones) es la búsqueda constante del hombre por adquirir conocimientos relativos a la predicción precisa y fundamentada del futuro.

Tal búsqueda es tan vieja como la historia de la humanidad. Antes del siglo XVII, esa indagación estaba casi limitada a métodos puramente deductivos de los filósofos como Platón, Aristóteles, Euclides y otros. Hans Reichenbach en una apreciación crítica de la metodología de estos filósofos, la denominó filosofía especulativa.

Sin embargo en 1620 Sir Francis Bacon se convirtió en el primero de los filósofos que reconocían las limitaciones de la filosofía especulativa como una metodología para predecir el futuro titulado *Novum Organum*.

Ciertamente, Bacon fue el padre de la filosofía científica. La filosofía científica actual o método científico, como se llama frecuentemente, consiste de cuatro puntos muy conocidos:

1. Observación de un sistema físico.
2. Formulación de una hipótesis (en nuestro caso de un modelo matemático) que intente explicar las observaciones hechas al sistema.

3. Predicción del comportamiento del sistema con base en la hipótesis formulada mediante el uso de la deducción lógica o matemática esto es, por la obtención de soluciones del modelo matemático.
4. Realización de experimentos para probar la validez de la hipótesis o del modelo matemático.

Sin embargo estos cuatro pasos en muchas ocasiones pueden llegar a ser demasiado costosos o simplemente imposibles de realizar, por lo que la simulación por computadora puede ser un medio para facilitar las dificultades al implantar el método científico.

La simulación por computadora se remonta hasta fines de 1940, cuando Von Neuman y Ulam acuñaron el término "análisis de Monte Carlo" para aplicarlo a una técnica matemática que usaban entonces para resolver ciertos problemas de protección nuclear que eran, o demasiado costosos para resolverse experimentalmente o demasiado costosos para ser tratados analíticamente.

El análisis Monte Carlo involucraba la solución de un problema matemático no probabilístico, mediante la simulación de un proceso estocástico cuyos momentos o distribuciones de probabilidad satisfacen las relaciones matemáticas del problema no probabilístico.

Al principio de 1950 la simulación tomó otro significado aún, ya que surgió la posibilidad de experimentar con modelos matemáticos en una computadora.

Al crearse la simulación en computadora surgieron incontables aplicaciones y con ello un número de problemas teóricos y prácticos.

C. West Churchman dice como definición estrictamente formal de simulación:

" X simula a Y" si y solo si: (a) X y Y son sistemas formales; (b) Y se considera como el sistema real; (c) X se toma como una aproximación del sistema real; (d) las reglas de validez en X no están exentas de error.

Shubik dá también otra definición no tan precisa, y dice que simulación de un sistema (o de un organismo) es la operación de un modelo que puede estudiarse y con ello, inferirse las propiedades concernientes al comportamiento del sistema o subsistema real.

La simulación es, esencialmente, una técnica que enseña a construir el modelo de una situación real aunada a la realización de experimentos con el modelo.

A continuación podemos enumerar algunas de las características de la simulación:

1. La simulación hace posible estudiar y experimentar con las complejas interacciones que ocurren en el interior del sistema dado, ya sea una empresa, industria, economía o un subsistema de cualquiera de ellas.
2. A través de la simulación se pueden estudiar los efectos de ciertos cambios informativos de organización y ambientales, en la operación de un sistema, al hacer alteraciones en su modelo y observar los efectos de éstas en el comportamiento del sistema.
3. La observación detallado del sistema que se está simulando, conduce a un mejor entendimiento del mismo y proporciona, sugerencias para mejorarlo, que de otro modo no podría obtenerse "Hay y en realidad, una buena evidencia de que los seres humanos tienen una gran capacidad para entender el funcionamiento de los sistemas complicados y pueden encontrar reglas de decisión casi óptimas, procedimientos de operación,



etc., si tienen bastante experiencia con el sistema y éste es lo suficientemente estable"

4. La simulación puede ser usada como recurso pedagógico para estudiantes y practicantes, al enseñarles los conocimientos básicos en el análisis teórico, el análisis estadístico y en la toma de decisiones. Entre las disciplinas en que la simulación ha sido utilizada con éxito para el mencionado propósito, pueden incluirse la administración de empresas, la economía, la medicina y el derecho.
5. Los juegos operacionales "Han demostrado constituir un medio excelente para simular el interés y el entendimiento de la parte del participante y son particularmente útiles en la orientación de las personas con experiencia en la disciplina relativa al juego"
6. La experiencia que se adquiere al diseñar un modelo de simulación en si misma, y el conocimiento que se obtiene al diseñar un estudio de simulación sugiere, frecuentemente, cambios en el sistema en cuestión. Los efectos de estos cambios pueden probarse entonces, a través de la simulación, antes de implantarlos en el sistema real.
7. La simulación de sistemas complejos puede producir un valioso y profundo conocimiento acerca de cuales variables son mas importantes que otras en el sistema y como ellos actúan entre si.
8. La simulación puede emplearse para experimentar con situaciones nuevas acerca de las cuales tenemos muy poca o ninguna información, con el objeto de estar preparados para alguna eventualidad.
9. La simulación puede servir como una prueba de preservicio para ensayar nuevas políticas y reglas de decisión en la operación de un sistema, antes de tomar el riesgo de experimentar en el sistema real.

10. "Las simulaciones son valiosas algunas veces, ya que proporcionan una forma conveniente de dividir un sistema complicado en subsistemas, cualquiera de los cuales pueden ser modelados por un analista o un equipo de expertos en esa idea".
11. Para ciertos tipos de problemas estocásticos, la secuencia de los eventos puede ser muy importante, pues la información acerca de los valores esperados y de los momentos, puede ser no suficiente para describir el proceso. En estos casos los métodos de Monte Carlo, pueden construir la única forma satisfactoria de obtener la información requerida.
12. La simulación de Monte Carlo pueden realizarse para verificar soluciones analíticas.
13. La simulación permite estudiar los sistemas dinámicos, ya sean en tiempo real, tiempo comprimido o tiempo expandido.
14. Cuando se presentan nuevos componentes de un sistema, la simulación puede emplearse para ayudar a describir los obstáculos y otros problemas que resulten de operación del sistema.
15. "La simulación convierte a los especialistas en técnicos generales. Se obliga a los analistas a hacer una apreciación, y a entender todos los aspectos del sistema, como el resultado de que las conclusiones serán menos susceptibles a la parcialidad, por inclinaciones particulares y menos susceptibles de volverse impracticables dentro de la configuración del sistema".
16. Finalmente, señalamos que por medio de la simulación, mediante la información del comportamiento histórico de un juego de azar como por ejemplo La Lotería Nacional, podemos prever, qué números serán premiados en determinado sorteo.

### 3.2 PROPIEDADES DE LOS MODELOS PARA SIMULACIÓN

Conviene especificar lo que entendemos exactamente por un modelo para simulación.

La importancia de los modelos y su construcción, como una parte integral de la investigación científica, ha sido expuesta de manera muy sucinta por Rosenblueth y Wiener.

"Ninguna parte substancial del universo es tan simple como para comprenderse y controlarse sin abstracción. Esta consiste en reemplazar la parte del universo bajo consideración, por un modelo de estructura similar, para mas simple. Los modelos, constituyen entonces una necesidad central del procedimiento científico".

Es posible definir el modelo científico como una abstracción de algún sistema real, que tiene la posibilidad de emplearse para propósitos de predicción y control.

Para que un modelo científico sea útil, debe necesariamente incorporar elementos de dos atributos en conflicto: realismo y simplicidad.

Por un lado, el modelo ha de servir como una aproximación razonable al sistema real y debe de incorporar la mayor parte de los aspectos importantes de éste; por otro, no es conveniente que el modelo resulte tan complejo y por ende imposible de entenderlo o de manipularlo.

Desafortunadamente los modelos realistas rara vez son simples y estos a su vez rara vez son realistas.

### 3.3 IMPLEMENTACIONES DE LA SIMULACIÓN POR COMPUTADORA EN EL SECTOR SALUD

Ultimamente se han realizado muchas implementaciones de simulación por computadora en el sector salud, en el presente capítulo se mencionarán solamente algunas.

#### SIMULACION DE UN MODELO PARA FACILITAR LA APLICACION DE RAYOS X

Con el fin de aumentar la calidad y minimizar el tiempo de espera de los pacientes en los rayos x, se realizó este modelo. Este modelo se realizó por los señores James W. Kleckey y Brenda L. Killingsworth en 1991, aplicandolo en el hospital "Washington Country Hospital".

La aplicación de este modelo se hizo mediante la introducción de computadoras, para la realización de la simulación dentro del hospital y además ampliaron el estudio para los hospitales que se encuentran cerca de él.

El propósito de hacer estos dos modelos fue el de unirlos para : 1) hacer un modelo de rayos X el cual propusiera cambios que tuviera más facilidades que el sistema actual, y 2) tener un modelo externo el cual nos pueda dar información del mercado y tener la facilidad de evaluar los posibles cambios en la demanda en el servicio de los hospitales.

#### SIMULACION DE COMPUTADORA PARA ASESORAR LAS DECISIONES CLINICAS.

Este estudio fue hecho con el objetivo de desarrollar una metodología para poder asesorar las decisiones que tienen los doctores, tomando en cuenta los factores que influyen.

La simulación fue hecha para el Hospital de Indiana, y fue dirigido por James G. Anderson y Christine Beville.

Para realizar el estudio utilizaron tres computadoras, en las cuales almacenaron los datos de 46 pacientes de las áreas de emergencia, medicina interna y prácticas familiares.

Se utilizaron cuestionarios para recolectar información sobre como se habían manejado las decisiones en cada area en tres años consecutivos, el resultado de estos cuestionarios fue que no había mucha diferencia en las decisiones tomadas para cada paciente de cada área, pero la diferencia consistía en como se había llevado a cabo el diagnóstico.

Este estudio sirvió para probar que la simulación puede ser usada para asesorar las decisiones médicas, y para identificar los factores que intervienen en cada caso.

#### SIMULACION DE LA ACTIVIDAD REALIZADA EN LOS DEPARTAMENTOS DE EMERGENCIA

Este estudio fue hecho en el hospital "Bethesda Hospital" en Ohio.

El objetivo de este trabajo fue el de poder modelar el departamento de emergencia, para ver el movimiento de los pacientes y del personal en el departamento, esto trae como ventaja el poder hacer decisiones acerca del personal, la designación del área donde se va a poner en tratamiento algún paciente, y en general el movimiento de los pacientes.

El trabajo consistió en identificar el flujo de pacientes común, de los tres departamentos de emergencia con los cuenta el hospital, teniendo al final tres modelos distintos.

Este trabajo ahora ha servido de mucho al hospital, ya que puede manipular al personal de acuerdo a las

necesidades de los pacientes, además que pueden evaluar rápidamente cual es la alternativa que más les conviene en un momento dado.

### 3.4 LENGUAJES DE SIMULACION

Para realizar el presente trabajo se tuvo que buscar el lenguaje, adecuado que cubriera todas las necesidades que requería el mismo.

Existe una amplia variedad de lenguajes de simulación. En la revista "Directory of Simulation Software" mencionan todos los lenguajes que existen de simulación, con una pequeña descripción, con quien se puede contactar para adquirirlo, en qué máquina puede ser utilizado, y su costo aproximado.

En dicha revista encontramos 116 lenguajes distintos, de los cuales, solamente los siguientes cubrían mas o menos las necesidades:

-AHEAD, THE INTELLIGENT MODELING ENVIROMENT.- Este paquete maneja la simulación orientada al objeto, combinado con eventos discretos y continuos, es mas bien para personas expertas en sistemas. La ventaja de este paquete es que es un modelo interactivo. Se maneja por medio de un menú tiene un sistema de ventanas, y ademas de ser orientado al objeto, tiene la capacidad de multiples herencias de datos, y cuenta con librerías.

Este paquete se puede manejar en máquinas IBM PC/XT/AT/PS/" y compatibles con MS-DOS.

-CETRA.- Es un lenguaje orientado al objeto, tiene capacidad de simular plantas nucleares, tiene la capacidad de que los ingenieros puedan construir plantas completas con este lenguaje.

Se puede utilizar este lenguaje en máquinas como DEC y VAX

**-EXTEND.-** ES capaz de manejar modelos dinámicos lineales, no lineales, continuos, eventos discretos y combinados. Tiene una extensión para una programación orientada al objeto. Tiene gráficos y tabuladores.

Puede ser utilizado en máquinas como las Macintosh Plus o mayores.

**-FORTRAN/AD.-** Es un lenguaje para los usuarios de FORTRAN, el cual da muchísimas facilidades gracias a su procesador ultra rápido y su flexibilidad.

Puede ser manejado en máquinas SYSTEM 100, IBM PC/286/386 o compatibles. La máquina debe de tener disco duro.

**-GPSS/H.-** Este paquete es fácil de usar, flexible y poderoso. Soporta toda la variedad que existe en hardware. la nueva versión ofrece una mayor rapidez en cuanto a su ejecución en modelos de MS-DOS.

Puede ser utilizado en IBM PC y compatibles, IBM main-frames, DEC, VAX y microVAX, H-P, y UNIX.

**-Student GPSS/HTM.-** Incluye el "Getting started with GPSS/H", un libro del lenguaje GPSS/H, el cual contiene ejemplos y ejercicios en cada capítulo.

**-GPSS/PC.-** Es un lenguaje para implementación en computadoras personales. Cuenta con cinco ventanas de gráficos, tiene capacidad de dar una simulación animada. Puede simular cosas reales si se utiliza el lenguaje al 100%.

Se puede utilizar en máquinas como IBM PC/XT/AT/PS-2 MS DOS+.

-GPSS/PCTM EMS VERSION.- Esta versión está diseñada para usuarios de LOTUS. Permite el acceso de más de 32 megabytes de memoria LIM.

Diseñada para IBM o compatibles de PC,XT,AT, PS-2. Se recomienda memoria LIM EMS.

-HOCUS.- Diseñado para modelos ya sean continuos o discretos. Puede ser utilizado para telecomunicaciones, procesos químicos, hospitales, bancos, aeropuertos etc. Cuenta con animación a color, se maneja por medio de "mouse".

Es diseñado para máquinas 286/386 con sistema operativo de DOS o Xenix. Se debe de tener monitor a color VGA, mouse, 3MB de Ram.

-Micro SAINT and Animation.- Es un lenguaje que no requiere conocimientos en simulación, o habilidades para escribir un programa en un lenguaje específico. El usuario puede hacer modelos en cualquier aplicación: manufactura, factor humano, factores, líneas de espera, distribución y muchos mas.

Puede utilizarse en IBM PC y compatibles, Macintosh.

-MODSIM II with SIMGRAPHICS.- Este lenguaje es programable orientado a objetos, el cual tiene las siguientes ventajas: Es orientado en su totalidad a objetos, con múltiples herencia, poliformismo. Interface por módulos.

Soporta la simulación para eventos discretos.

Se puede utilizar en PC DOS, OS/2, SPARCstation, SUN-3, MIPS, SUN-1, Data General, VAXstation, ULTRIX, IBM RS6000, AT&T 382.

-PASION.- Es un lenguaje orientado a objetos, para usuarios de PASCAL. PASION maneja objetos ya sean



discretos o continuos o bien ya sean combinados. El lenguaje, está diseñado para poder realizar programas para sistemas de líneas de espera y soportar una simulación interactiva, tener herencia de datos, gráficos etc.

Se puede utilizar en IBM PC, XT, AT y compatibles. Se necesita el compilador de pascal de 512K.

-PCModel.- Se pueden simular eventos discretos, es un lenguaje el cual puede ser aplicado en manufactura. Las ventajas de PCModel son su velocidad, la interacción del usuario dinámico, archivos I70, interface en procesos de tiempo-real, soporte EMS y programas de base de datos.

Se utiliza en máquinas IBM PS/2 o compatibles, 256KB, pantalla de color, DOS y 1MB disponible.

-QPS TOOLSET.- Es un lenguaje para modelos estocásticos basado en líneas de espera. Tiene gran soporte matemático.

Se utiliza en SUN, DEC y HP.

-SIMAN.- Es un lenguaje diseñado especialmente para modelos de manufactura. SIMAN puede ser utilizado para modelos discretos continuos o bien combinados. Tiene un procesador interactivo, fácilmente de usar. SIMAN tiene muchas ventajas para modelos complejos, además de que puede ser utilizado en gran número de plataformas de hardware.

La mayoría de las computadoras micros Workstation y main-frames puede utilizar el lenguaje.

-SIMNON.- puede utilizarse para simular cualquier modelo, puede utilizarse en medios de MS-DOS VAX/VMS y UNIX.

Es usado en diferentes campos como control, ingeniería, ciencias, economía, matemáticas y medicina.

Se puede utilizar en máquinas como VAX/VMS, UNIX, MS-DOS, coprocesador numérico y disco duro.

-SIMSCRIPT II.5 with SIMGRAPHICS.- Es un lenguaje el cual fué diseñado para simplificar la programación de los modelos de simulación.

En promedio los programas realizados en SIMSCRPT II.5 son 75% menores que los programas realizados en FORTRAN, además de que requieren menos tiempo y dinero para realizarlos, modificarlos y mantenerlos. Es compatible para la mayoría de main frame, micros y PC.

Es fácil de entender para las personas que no saben programar, y se puede modificar para las personas que programan.

-SIMULA.- Es un lenguaje de simulación con propósitos generales, tiene el concepto de ser orientado al objeto. Puede ser utilizado para eventos discretos de simulación.

Este lenguaje es apto para CDC, DEC, IBM, ND-500, UNISYS, VAX, IBM, PC y compatibles.

-TURBOSIM.- Es un paquete de Turbo Pascal, que sirve para simular eventos discretos. Contiene un reporte final con reportes e histogramas.

Puede generar números aleatorios, y funciones de probabilidad inversa.

Tomando en cuenta las características de los lenguajes anteriores, podemos ver claramente, que el lenguaje que cubre mejor nuestras necesidades para el presente trabajo es PACION, ya que es para usuarios de PASCAL, puede simular líneas de espera, tiene animación, librerías donde se puede sacar estadísticas, tiene gráficos, los cuales se pueden utilizar para las

diferentes trayectorias. Además de ser un lenguaje orientado a objetos, esto nos da una mayor facilidad para programar.

## CAPITULO 4

### PASION

Primero recordemos en éste capítulo, ciertos conceptos básicos del proceso orientado en simulación.

Para describir una secuencia de eventos, tenemos que especificar las operaciones de los eventos y además describir la dependencias que éste tenga con el tiempo y entre los otros eventos del modelo que se quiera simular.

Definamos una estructura como un grupo de eventos que tienen diferentes procesos. Un proceso se define generalmente como un segmento del programa en el cual se declaran las propiedades de un objeto, dicho objeto puede ejecutar eventos en relación con el tiempo del modelo. Con las definiciones anteriores podemos tener una corrida de tiempo.

Esta aproximación hace que la simulación esté orientada al objeto. Recordemos que un lenguaje orientado al objeto, debe de soportar cierta información oculta, datos abstractos, manejar la información en espera y la herencia de datos. PASION no hace totalmente todos estos conceptos. Tiene un soporte dinámico en la creación de los objetos, maneja la información en espera y tiene alguna extensión a los datos abstractos por los mecanismos predefinidos y la herencia de datos.

Un programa de PASION puede tener mas de 50 declaraciones de procesos (tipo de objetos) y arriba de 400 eventos en cada proceso. El número de objetos generados en una corrida de tiempo depende de lo complejo de los objetos. Existen modelos con mas de 4500 objetos que corren muy bien en una máquina IBM XT. La implementación de PASION en una máquina IBM RISC 600

pueda correr modelos arriba de 80,000 objetos con notable fluidez.

#### 4.1 CORRESPONDENCIA ENTRE MODELOS Y PROGRAMAS EN PASION

De acuerdo con la terminología comúnmente utilizada en simulación, una simulación de cualquier modelo, trae consigo sus componentes (v.g. los clientes en una tienda). El estado de cada componente está descrito por la correspondencia del grupo de variables descriptivas y sus actividades se realizan dependiendo de las reglas de interacción entre los componentes.

Los marcos experimentales definen lo que hoy se usa como el grupo de variables descriptivas y determinan la complejidad del modelo.

El lenguaje PASION tiene todos los elementos básicos.

Los componentes de un modelo son los objetos, las especificaciones de los componentes son dadas por la declaración del proceso, las variables descriptivas son atributos del proceso y las reglas de interacción son los eventos.

La herencia puede utilizarse en los programas donde se crean clases y así mismo objetos que son especializaciones de otros objetos. Esta posibilidad hace que el programador pueda hacer modelos complejos usando el código creador.

La herencia en PASION puede ser aplicada usando unas declaraciones que son predefinidas en algunos procesos.

## 4.2 EL AMBIENTE DE PASION

Existen muy pocos lenguajes de programación los cuales puedan ser eficientes para cualquier medio. PASION está equipado con un "ambiente mínimo" para su medio (MPPE) el cual consiste en una librería de procesos predefinidos y de algunos módulos. Esto soporta tener interacciones, gráficos, análisis de resultados estadísticos modelos dinámicos continuos y modelos de líneas de espera.

Lo principal de MPPE consiste en la librería de procesos predefinidos de PASION. Esta librería está compuesta de segmentos de programas genéricos que generan declaraciones de procesos (no objetos). Los procesos predefinidos están escritos en PASION y son extendidos por un simple "meta-lenguaje" el cual permite que un proceso tenga un parámetro formal. Los usuarios llaman a un proceso predefinido por su nombre y especifica los parámetros, los cuales son pasados por la correspondiente declaración en el programa del usuario, antes de que el programa sea traducido a PASCAL.

Estos parámetros pueden representar no sólo nombres de variables sino que también algunos tipos, expresiones completas, instrucciones, comentarios etc. El usuario puede preparar su propia aplicación orientada predefinida y poderla aumentar en la librería.

La librería base de PASION "LIB4.PAS" contiene los siguientes procesos:

INTERP para poder graficar las interacciones de simulación.

INTERB para poder graficar las interacciones de simulación con barras.

INTERN saca el valor numérico de las interacciones.

SHOWP gráfica que nos muestra el instante de tiempo.

STOR ( el cual tiene un programa llamado VARAN4) son gráficas que se muestran después de que la simulación ha terminado, y nos muestra el promedio de las trayectorias, el análisis de varianza y los intervalos de confianza.

MONIT despliega los objetos existentes en forma gráfica.

DYNAM simula los sistemas dinámicos continuos.

LSTAT para estadísticas de colas.

BRDEA genera procesos de "muertes y nacimientos" con distribuciones arbitrarias en el tiempo de vida.

ANIM1 animación gráfica para modelos de líneas de espera.

WDOW ventana para un proceso manejable.

#### 4.3 GENERACION DE UN MODELO DE LINEAS DE ESPERA

PASION tiene predefinido un tipo de línea de espera el cual puede ser tipo FIFO (primeras entradas primeras salidas), LIFO (primeras entradas últimas salidas) o bien tipo aleatorio, dando la facilidad de tener un sistema de líneas de espera más manejable. Esto hace que el usuario pueda declarar algunas líneas de espera y un código de operación en ellos.

Otra forma para poder simular modelos de líneas de espera es utilizando el módulo de MPPE y llamando el generador de sistema de colas QMG el cual puede hacer esto posible para simular sistemas con líneas de espera sin la necesidad de programar, usando una descripción del modelo en forma gráfica dada por el usuario. Cuando se aplica un modelo de líneas de espera, QMG no ofrece algo más comparado con el GPSS o SLAMII. Sin embargo se puede observar que en algunas situaciones se tienen algunas ventajas. Por ejemplo, los sistemas flexibles de manufactura (FMS) son controlados por algunos algoritmos

complejos y su corrida se efectúa en un medio computacional complejo. Consecuentemente, cualquier paquete usado para la simulación FMS debe de encajar en el medio adecuado. QMG cumple con este requisito, perteneciendo la relación a un lenguaje algorítmico, orientado al objeto.

#### 4.4 GENERADOR DE MODELOS CONTINUOS.

Este programa fue diseñado con el objetivo de facilitar la simulación en sistemas dinámicos continuos. El generador de modelos continuos (CMG) es un generador de programas el cual genera la compilación de PASCAL Y/O PASCAL, a las especificaciones dadas por el usuario en la forma gráfica.

La forma de salida del CMG fue creada con las declaraciones de los procesos de los modelos de PASCAL (continuas, discretas o combinadas). CMG también puede generar un programa completo de PASCAL el cual puede correrse utilizando el compilador de PASCAL. La entrada del CMG está formulada en términos de diagramas gráficos los cuales describen el dinamismo de los modelos de los sistemas. El diagrama gráfico está compuesto por nodos y uniones directas. Los nodos representan señales y las uniones representan funciones de transferencia.

CMG permite los siguientes tipos de uniones: Líneas estáticas, sistemas no lineales estáticos, sistemas lineales dinámicos, tiempo de espera y complejos sistemas dinámicos que son dados por una super unión.

El último mencionado, permite, incluir todo el modelo dinámico al modelo que se va a crear.

Esta ventaja es útil ya que puede crearse un modelo complejo, compuesto por submodelos creados y estudiados por separado.



Cuando en la simulación se combinan sistemas continuos y discretos es posible declararlos con un "evento de estado" ej. cuando ocurren eventos continuos que tienen variables que alcanzan cierto nivel.

#### 4.5 LAS IMPLEMENTACIONES EN PC Y RISC.

El traductor de PASION a PASCAL corre en una IBM PC y compatibles. La versión "6000" está hecha para computadoras IBM RISC RS-6000.

La compilación se produce por el traductor y debe de compilarse en el compilador de PASCAL. La actual implementación a un a PC es compatible con la versión de turbo pascal Borland, la versión 6. El resultado de una dinámica expansión del programa donde nuevos objetos aparecen y este número de objetos los cuales pueden correr simultáneamente dependen del monto de la capacidad de memoria cuando es la corrida y del tamaño de los bloques de datos (atributos ) de los objetos.

La implementación en la RISC V está basada en el Pascal XL para computadora. El compilador XLP tiene pocas restricciones impuestas en el tamaño de las estructuras, comparándolas con el Borland de Turbo 6 en una PC. Es interesante el comparar las ventajas de PASION en una PC y en una RISC.

Considerando por ejemplo, en un simple modelo de población de gatos, usado como un ejemplo de herencia en PASION.

El programa tiene declaraciones hechas hacia el gato, como es el de comer, dormir, nacer o morir. Otras declaraciones son las del gato y las de la gata, tomando en cuenta que ambos tienen las anteriores declaraciones de un gato, mas las de las suyas propias, como las de que él puede pelear con otros gatos y ella puede tener gatitos.

Cuando se corre en una IBM AT el número de gatos alcanza cerca de 4500 siendo cada gato un objeto en la memoria operativa, en un tiempo aproximado de 5 minutos. Luego ocurre una sobre carga en la memoria de la computadora. En una RISC el mismo programa puede generar mas de 80000 gatos en un tiempo aproximado de tres minutos sin tener ninguna dificultad. Después de esto, el programa corre en su modo virtual de memoria el cual causa una notable lentitud en la computadora, pero no se detiene.

Nótese que cada objeto siempre tiene muchos eventos incluidos, por lo que una cola de eventos crece con mensajes de eventos. Los modelos con eventos grandes de colas muestran que el reloj del mecanismo de PASION es ciertamente eficiente. En esto la implementación en la versión en una RISC es implementada en una árbol binario.

PASION ha sido usado satisfactoriamente en la docencia de métodos de simulación. Es importante el tener una herramienta facil la cual pueda ser usada para ilustrar los conceptos de las declaraciones de procesos, objetos, eventos, herencia, preprocesos, y animaciones, cuando los estudiantes tienen algún conocimiento en la estructura del programa en PASCAL y no tiene experiencia en simulación.

## CAPITULO 5 PRESENTACION DEL PROGRAMA

### 5.1 DESCRIPCION DEL MODELO

#### 5.1.1 COMPONENTES

El modelo desarrollado, para esta problemática, consiste en tres procesos esencialmente:

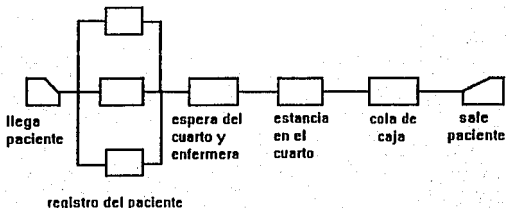
- 1) El paciente
- 2) El generador de pacientes
- 3) El generador de resultados y procesos auxiliares

#### 5.1.2 VARIABLES DESCRIPTIVAS

A las características de los pacientes les llamaremos atributos, así pues, el atributo principal es: el padecimiento que presente el paciente (gineco-obstetricia, cuidado intensivo, medicina interna, pediatría, cirugía o coronarios). Los atributos auxiliares son: el cubículo de admisión destinado para su atención y, la ventanilla en la cual deba realizar su trámite de pago.

#### 5.1.3 REGLAS DE INTERACCION

El modelo tiene la siguiente secuencia:



Primero se genera y activa un objeto generador de pacientes. Este objeto empieza a generar a los pacientes. Para asignar a cada paciente su padecimiento, se genera un número aleatorio, y se relaciona con la distribución empírica que se tenga de las seis diferentes secciones del hospital (gineco-obstetricia, cuidado intensivo, medicina interna, pediatría, cirugía o coronarios).

Posteriormente se forma en una línea de espera tipo FIFO (primeras entradas primeras salidas). Si es el primero en la línea de espera, y además si existe algún cubículo desocupado de los tres instalados, se procede a su registro, y se simula el tiempo en que está en el registro. Este tiempo puede variar, dependiendo del promedio, desviación y límites que se asignen.

Una vez terminado el registro, el cubículo que lo atendió se desocupa nuevamente y el paciente se forma en otra línea de espera tipo FIFO.

Si existe algún cuarto desocupado de la sección que le corresponde, y la enfermera que lo va a conducir a su cuarto está disponible, el paciente es conducido por la enfermera. Este tiempo también se simula de acuerdo al promedio, desviación y límites que tenga. Pasando este tiempo de traslado el paciente ocupa su cuarto. Ocurrendo esto, la enfermera está otra vez disponible para el siguiente paciente, y la cantidad de cuartos disponibles en dicha sección disminuye.

El tiempo de la estancia en el cuarto depende del padecimiento, generalmente, los padecimientos que pertenecen a la misma sección, ocupan el cuarto con un tiempo similar. En el modelo, se consideró así, por lo que dependiendo del atributo (padecimiento del paciente) que tenga el paciente es el tiempo que se simula.

Los tiempos tomados en el modelo, se tomaron del hospital en el departamento de estadística.

Una vez que el paciente se recupera, debe de pagar su cuenta, antes de desocupar el cuarto. Para pagar, debe hacerlo dentro del horario de las cajas. El horario es de 8:00 A.M. a 6:00 P.M., pero se debe de considerar que si el paciente no ha desocupado el cuarto antes de las 12:00 P.M. se cobra medio día extra, por lo que la mayoría paga entre 8:00 A.M. y 12:30 P.M. Esto implica que el paciente debe de formarse en una línea de espera tipo FIFO, hasta que una de las tres cajas con las que cuenta el hospital, lo pueda atender.

Cuando existe una caja desocupada y es el primero, se ocupa una caja y se simula el tiempo de pago.

Una vez que paga el paciente, se desocupa la caja, y el paciente se dirige a su cuarto para desocuparlo.

Cuando se desocupa el cuarto se llama a mantenimiento para que limpie el cuarto y pueda estar disponible para otro paciente.

Por otro lado, cuando el paciente desocupa el cuarto sale del sistema.

## 5.2 EDITOR DEL PROGRAMA

El programa está diseñado para que simule 10 días de trabajo del hospital, de los cuales para su estudio estadístico se toman 3 días de tiempo de transición y a partir del día 4 se comienza el estudio estadístico. El objetivo del programa es que sea flexible, para poder hacer cambios en el sistema, simularlos y compararlos con los resultados anteriores.

Tomando esto en cuenta, el programa en su inicio proporciona tres opciones:

- 1) cambios de las variables.
- 2) dar la simulación en forma numérica.
- 3) dar la simulación en forma animada.

### 5.2.1 CAMBIOS

En esta opción uno puede variar lo siguiente:

- 1) El tiempo de llegada. Por tiempo de llegada entendemos al número de pacientes que llegan en una hora. En esta opción se debe de dar el promedio, la varianza y los límites.
- 2) El tiempo de registro. Aquí se puede variar la velocidad con la cual se atiende al paciente en su registro, se dá el promedio, varianza y límites.
- 3) El tiempo de la enfermera. Es el tiempo en que la enfermera se tarda en trasladar al paciente a su cuarto. También se requieren los datos antes mencionados.
- 4) Tiempo de caja. Es el tiempo en el que tarda un paciente en pagar. Se varían los datos ya mencionados.
- 5) El tiempo de salida. Es el tiempo que se tarda generalmente un paciente en salir más el tiempo que se tarda el hospital en hacer el mantenimiento. Se dan los mismos datos.
- 6) La capacidad de cada sección y el promedio que existe para que un paciente pertenezca a cada sección.

### 5.2.2 RESULTADOS EN FORMA NUMÉRICA

Con esta opción, el programa muestra numéricamente, como va aumentando las líneas de espera del registro, cuando esperan a que los lleven a su cuarto, y en la caja, para ser atendidos, también muestra el número de cuartos ocupados en cada sección.

### 5.2.3 RESULTADOS EN FORMA ANIMADA

Aquí se da la misma información que en la forma numérica, la diferencia es que dibujan las líneas de espera con hombrecitos.

### 5.3 EL PROGRAMA

El programa se realizó en el lenguaje Pasion, porque nos cubre todas las necesidades que requerimos, es decir, tiene la facilidad de estar diseñado para usuarios de PASCAL, está dirigido a objetos, y maneja líneas de espera, además que tiene gráficos y que compara los resultados de una simulación con todas las simulaciones antes realizadas.

El apoyo de los gráficos nos da la facilidad de hacer un análisis estadístico, manejar tiempos promedios e intervalos de seguridad. También podemos observar donde se acumulan más pacientes y cual es la diferencia con las demás líneas de espera. Otra facilidad es que también se maneja la capacidad del hospital.

Como ya mencionamos el objeto que se maneja es el paciente, en el programa que se denominó CLI.

Existen dos procesos por los cuales pasa CLI, los cuales son:

PROCESS GEN - Generador de pacientes

PROCESS CLI - Un paciente

El proceso GEN es en el cual se genera el CLI y cuenta con un evento.

El proceso CLI tiene nueve eventos y la descripción de todos los eventos que el paciente tiene en el hospital.

Ayudándonos con la librería que cuenta Pasion, tomamos los procesos predefinidos LSTAT, STOR y ANIM1.

#### 5.3.1 PROCESO GEN

Como ya mencionamos anteriormente, este proceso cuenta con un solo evento, llamado EVENT UNO.

El evento uno, crea a los pacientes con una distribución negativa exponencial para el intervalo entre las llegadas. Este proceso, está funcionando todo el

tiempo que dura la simulación. En éste caso genera pacientes los diez días de simulación.

La distribución de entrada de pacientes fue tomada por observación, y de acuerdo a la hora del día que esté simulando será el número de personas que genere.

Debemos de tener presente, que gracias a que Pasion es un lenguaje dirigido a objetos, los pacientes que genera son pacientes con características propias, por lo que nos ayuda bastante a tener una simulación aproximada a la realidad.

### 5.3.2 PROCESO CLI

#### EVENTO UNO

En este evento se le da a cada paciente sus características personales. Para la finalidad de la simulación, consideramos que sólo es importante darle la característica de la sección hospitalaria que le debe de corresponder. A éstas características les llamaremos atributos.

La manera en que a cada paciente le damos este atributo es conforme al número de pacientes que se presentan a las diferentes secciones del hospital. Tal y como quedó mencionado en la explicación correspondiente al editor.

Una vez dado este atributo se forma en una línea de espera tipo FIFO y en ese momento pasa al evento dos.

#### -EVENTO DOS

Si existe algún paciente en la línea de espera uno, se busca un cubículo que esté libre y que pueda registrarlo. A los cubículos los llamamos servidores y son: serv1, serv2 y serv3.

Cuando un paciente se registra, el programa ocupa al servidor, y el paciente tiene el atributo de cuál servidor lo atendió, dependiendo de esto pasa al evento tres.



El tiempo que puede durar en este evento, está calculado en base a lo que ocurre en la realidad. Este tiempo puede ser modificado por el editor, como ya se mencionó anteriormente.

#### -EVENTO TRES

Dependiendo del paciente que sea atendido, el servidor se desocupa.

Se verifica si existe alguien más esperando en la línea de espera uno para que sea atendido, en caso afirmativo, se activa el evento dos, pasando por los mismos pasos.

Mientras se forma el paciente en la línea de espera dos, se procede a activar el evento cuatro.

#### -EVENTO CUATRO

Se verifica se existe un cuarto libre de la sección que corresponde al paciente, y además se verifica que la enfermera está desocupada.

Si se cumple con estas dos condicionantes, sale de la línea de espera dos, y lo atiende la enfermera encargada de la conducción a su cuarto.

Después se activa el evento cinco, dependiendo del tiempo que se tarde la enfermera en llevar al paciente a su cuarto.

#### -EVENTO CINCO

En este momento el número de cuartos ocupados de la sección aumenta, y la enfermera regresa a la sala de admisión.

Este evento dura dependiendo de la sección que corresponda. Para su duración se toma en cuenta una distribución exponencial negativa, utilizando el tiempo promedio, la varianza, el límite superior y el límite inferior del tiempo del padecimiento.

Verifica si existe alguien en la línea de espera 2. En caso afirmativo tiene que checar si hay capacidad para la sección correspondiente, si es así, se activa el evento cuatro.

-EVENTO SEIS

Se forma el paciente para poder pagar en la línea de espera tres.

-EVENTO SIETE

Para poder pagar primero se verifica si se encuentra entre el rango de hora de 8:00 A.M. a 12:30 P.M., si no es así, se activa este evento hasta que esté en el rango.

En caso contrario, se busca una caja que esté libre y lo pueda atender.

Luego que pagó, el tiempo puede variar como se mencionó en el editor, se activa el evento ocho.

-EVENTO OCHO

Se desocupa la caja que atendió al paciente, se verifica si existe otro paciente esperando para atenderlo, si es el caso se activa el evento siete.

Mientras se simula el tiempo de salida del paciente que ya pagó, el tiempo del mantenimiento del cuarto.

-EVENTO NUEVE

Salen el paciente del cuarto y se hace el mantenimiento, aumenta el número de cuartos disponibles en la sección.

En este evento, desaparece el paciente del sistema.

En el caso que se haya pedido los resultados en forma numérica, se pide cuantas personas existen en las líneas de espera uno, dos y tres, también cuántos cuartos hay

ocupados en todas las secciones. Estas cantidades se van escribiendo en la pantalla a lo largo de la simulación.

En el caso de que se haya pedido en forma animada, se dibuja la cantidad de los cuartos ocupados. La cantidad de personas formadas aquí no se realiza, ya que se ocupó el proceso predefinido ANIM1 de la librería que cuenta PASION, LIB4.

Como ya se mencionó, se tomaron tres procesos predefinidos, los cauales son LSTAT, STOR; y ANIM1, y su utilización es la siguiente:

### 5.3.3 PROCESO LSTAT

Este proceso, calcula y despliega en la pantalla algunos datos estadísticos de utilidad de las líneas de espera. Para utilizarse se deben de dar los siguientes parámetros formales:

Parámetros del uno al diez.- Aquí se da el nombre de las líneas de espera para su identificación en el programa.

Parámetro once.- Aquí se define el tiempo que trabajará LSTAT. El tiempo inicial será el tiempo actual mas el valor de este parámetro. En éste momento el proceso empieza a observar el comportamiento de las líneas de espera citadas.

Para que este proceso actúe en toda la simulación se le debe de dar el valor cero.

Parámetro doce.- Aquí se dá el tiempo final de LSAT el cual será el tiempo actual más el valor de este parámetro. Al final este proceso dará el reporte.

### 5.3.4 PROCESO STOR

Este proceso actua junto con el programa VARAN4, ambos calculan el análisis de varianza, muestran los intervalos de confianza, el promedio de las trayectorias, y los puntos por los cuales pasaron las trayectorias de sistemas estocásticos dinámicos.

El proceso STOR crea los archivos TRAJ.SIM y XTRAJ.SIM los cuales los utiliza el programa VARAN4, que se corre después de la simulación.

Para poder tener acceso a esta información, se debe de hacer más de una simulación del modelo, ya que todas las trayectorias de cada simulación son grabadas en el archivo TRAJ.SIM.

### 5.3.5 PROCESO ANIM1

Este proceso muestra las líneas de espera en forma gráfica, ANIM1, está diseñado para poder estudiar hasta ocho líneas de espera. Cada línea de espera, aparece en tercera dimensión, dándole los parámetros que requiere:

Parámetro 1 al 16- Aquí se dan las posiciones de las coordenadas X y Y de las cajas de los servidores, cada servidor tiene una dimensión de 640x200 en una pantalla CGA. El proceso automáticamente se adapta a los diferentes tipos de pantallas.

Parámetro 17 al 24.- En estos parámetros se da los nombres de las líneas de espera dados en el programa de simulación.

Parámetros 25 al 32.- Estos parámetros son los nombres de los archivos de las imágenes que se manejan:

MAN.IC0.- es un hombre

WMAN.IC0.-es una mujer

CAR.IC0.- es un carro

PLAIN.IC0.-es un avión

SHIP.IC0.-es un barco

TRUCK.IC0.-es un camión

Los archivos de estas figuras son archivos de ASCII, el usuario puede crear sus propias figuras, usando cualquier editor.

Parámetros 33 al 40.- Aquí se dan los ángulos de las líneas de espera, es decir la inclinación que tendrá la línea de espera en la pantalla. Estos ángulos son dados en radianes.

Parámetro 41.- se da la distancia entre las figuras de las líneas de espera.

Parámetro 42.- se da el tiempo en que se deba de desplegar, cada múltiplo de éste valor en el tiempo será actualizado.

### 5.3.6 PROGRAMA

PROGRAM admisión;

TYPE DATOS=RECORD

```
    ptreg,ptenf,pcto,pcja,ptsal:real;  
    dtreg,dtenf,dcto,dcja,dtsal:real;  
    l1treg,l1tenf,l1cto,l1cja,l1tsal:real;  
    l2treg,l2tenf,l2cto,l2cja,l2tsal:real;  
    cap:array[1..6] of integer;  
    prob:array[1..6] of real;
```

END;

CONST

```
PCORO=4; DCORO=1;  
PCUID=7; DCUID=2;  
PGINE=3; DGINE=1;  
PPED =2; DPED=0.5;  
PMED =3; DMED=1;  
PCIR =3; DCIR=1;  
BASE=144;  
L1=0; L2=9;
```

VAR

```
OPC,KEY:CHAR;  
tiempos:datos;  
Adatos:file of datos;  
i,numren,C1A,C2A,C3A,C4A,C:INTEGER;  
COLA1,COLA2,COLA3,COLA4: QUEUE;  
HAZ,SALIDA,SERV1,serv2,serv3,ENFERMERA,CAJA1,CAJA2,CAJA3,  
CAJA4:BOOLEAN;  
pREG,pASIG,pENF,pCAJA,psal:REAL;  
dREG,dASIG,dENF,dCAJA,dsal:REAL;  
l1REG,l1ASIG,l1ENF,l1CAJA,l1sal:REAL;  
l2REG,l2ASIG,l2ENF,l2CAJA,l2sal:REAL;  
OCUP:ARRAY[1..7] OF INTEGER;  
cuarto,capacidad:array[1..7] of integer;
```

```

acumulado:array[1..7] of real;

FUNCTION PENTRADA(HORA:INTEGER):REAL;
VAR NK:INTEGER;

BEGIN
{nk personas que llegan}
  IF (hora>=0) and (hora<35) THEN BEGIN
    nk:=round(1+random*28);Pentrada:=125/nk;END;
  IF (hora>=35) and (hora<39) THEN BEGIN
    nk:=round(3+random*49);Pentrada:=4/nk;END;
  IF (hora>=39) and (hora<54) THEN BEGIN
    nk:=round(8+random*84);Pentrada:=15/nk;END;
  IF (hora>=54) and (hora<144) THEN BEGIN
    nk:=round(1+random*28);Pentrada:=125/nk;END;
  END;

(*$I TIEMPO6.PAS*)
(*$I ENTRADA1.PAS*)

PROCESS XXX LIKE
LSTAT(COLA1,COLA2,COLA3,,,,,,,,,720,1440.1),1;
PROCESS YYY LIKE STOR(NR(COLA1),NR(COLA2),NR(COLA3),
CUARTO[1],CUARTO[2],CUARTO[3],CUARTO[4],CUARTO[5],CUARTO[6]
,,14.0,1440.1),1;

PROCESS MOVIL LIKE ANIM1(20,20,20,40,20,60,,,,,,,,,
COLA1,COLA2,COLA3,,,,,,,,MAN,MAN,MAN,,,,,3.14159,3.14159,3.1415
9,,,,,8,5.0),1;

PROCESS GEN,1;

```

```

EVENT UNO;
VAR P:REAL;HORA:INTEGER;
BEGIN
  HORA:=ROUND(TIME) mod 144;
  P:=PENTRADA(HORA);
  IF P=0 THEN BEGIN
    UNO:= TIME + 0.5;
    ABAND;
  END;
  UNO:= TIME + NEGEXP(p);
  IF TIME>1441 THEN begin
    closegraph;HALT end;
  NEWPR PCLI;
  g:=g+1;
  PCLI.UNO:=TIME;
  ENDEV;

```

```

PROCESS CLI,1000;
atr ns,nc,secc:integer;

```

```

EVENT UNO;
var x:real;
    e:integer;

```

```

BEGIN
  x:=random;
  e:=1;
  salida:=false;
  REPEAT
    IF(x > acumulado[e]) and (x <= acumulado[e+1]) then
      BEGIN
        secc:=e;
        salida:=true;
      END
    ELSE

```



```

        E:=E+1;
UNTIL SALIDA;
WAIT(COLA1,I);
DOS:=TIME;
ENDEV;

EVENT DOS;
VAR
    N:INTEGER;
BEGIN
    IF (GIVE(COLA1,1,'F')=I) AND SERV1 THEN
        BEGIN
            OUT(COLA1,N,'F');
            SERV1:=FALSE;
            ns:=1;
            TRES:=TIME + DIS1(pREG,dREG,L1REG,L2REG);
        END;
    IF (GIVE(COLA1,1,'F')=I) AND SERV2 THEN
        BEGIN
            OUT(COLA1,N,'F');
            ns:=2;
            SERV2:=FALSE;
            TRES:=TIME + DIS1(pREG,dREG,L1REG,L2REG);
        END;
    IF (GIVE(COLA1,1,'F')=I) AND SERV3 THEN
        BEGIN
            OUT(COLA1,N,'F');
            ns:=3;
            SERV3:=FALSE;
            TRES:=TIME + DIS1(pREG,dREG,L1REG,L2REG);
        END
    ENDEV;

EVENT TRES;
VAR
    N:INTEGER;

```

```

BEGIN
    if ns=1 then serv1:=true;
    if ns=2 then serv2:=true;
    if ns=3 then serv3:=true;
    IF NOT EMPTY(COLA1) THEN
        N:=GIVE(COLA1,1,'F') ELSE N:=0;
        IF N>0 THEN CLI[N].DOS:=TIME;
        WAIT(COLA2,I);
        cuatro:=time;
ENDEV;

EVENT CUATRO;
var n,k:integer; B:BOOLEAN;
BEGIN
    IF (CUARTO[SECC]<CAPACIDAD[SECC]) AND ENFERMERA THEN
        BEGIN
            OUTN(COLA2,I); ENFERMERA:=FALSE;
            CINCO:=TIME +DIS1(pENF,dENF,L1ENF,L2ENF);
            END
ENDEV;

EVENT CINCO;
VAR N,K,SC:INTEGER; B:BOOLEAN;
BEGIN
    CUARTO[SECC]:=CUARTO[SECC]+1;
    CASE SECC OF

1:SEIS:=TIME+DIS1(PCORO*BASE,DCORO*BASE,L1*BASE,L2*BASE);

2:SEIS:=TIME+DIS1(PCUID*BASE,DCUID*BASE,L1*BASE,L2*BASE);

3:SEIS:=TIME+DIS1(PGINE*BASE,DGINE*BASE,L1*BASE,L2*BASE);

4:SEIS:=TIME+DIS1(PPED*BASE,DPED*BASE,L1*BASE,L2*BASE);

5:SEIS:=TIME+DIS1(PMED*BASE,DMED*BASE,L1*BASE,L2*BASE);

```

```

6:SEIS:=TIME+DIS1(PCIR*BASE,DCIR*BASE,L1*BASE,L2*BASE);
  END;
  ENFERMERA:=TRUE;
  IF NOT EMPTY(COLA2) THEN BEGIN
    K:=0; B:=TRUE;
    WHILE B AND (K<NR(COLA2)) DO BEGIN
      K:=k+1;
      N:=GIVE(COLA2,K,'F');
      if n>0 then SC:=CLI[N].SECC else sc:=1;
      IF (N>0) AND (CUARTO[SC]<CAPACIDAD[SC]) THEN BEGIN
        B:=FALSE;
        CLI[N].cuatro:=TIME END END ENDEV;
    END;
  END;

EVENT SEIS;
BEGIN
  WAIT(COLA3,I); SIETE:=TIME ENDEV;

EVENT SIETE;
VAR N:INTEGER;HORA:INTEGER; x:real;
BEGIN
  HORA:=ROUND(TIME) MOD 144;
  IF (HORA>75) OR (HORA<48) THEN BEGIN
    IF HORA<48 THEN X:=48-HORA+0.1;
    IF HORA>120 THEN X:=144-HORA+48+0.1;
    SIETE:=TIME+X; ABAND END;
  IF (GIVE(COLA3,1,'F')=I) AND CAJA1 THEN
    BEGIN
      OUT(COLA3,N,'F');
      CAJA1:=FALSE;
      NC:=1;
      OCHO:=TIME +DIS1(pCAJA,DCAJA,L1CAJA,L2CAJA);
    END;
  IF (GIVE(COLA3,1,'F')=I) AND CAJA2 THEN
    BEGIN
      OUT(COLA3,N,'F');

```

```

        CAJA2:=FALSE;
        NC:=2;
        OCHO:=TIME +DIS1(pCAJA,DCAJA,L1CAJA,L2CAJA);
    END;
    IF (GIVE(COLA3,1,'F')=I) AND CAJA3 THEN
    BEGIN
        OUT(COLA3,N,'F');
        CAJA3:=FALSE;
        NC:=3;
        OCHO:=TIME +DIS1(pCAJA,DCAJA,L1CAJA,L2CAJA);
    END;
    IF (GIVE(COLA3,1,'F')=I) AND CAJA4 THEN
    BEGIN
        OUT(COLA3,N,'F');
        CAJA4:=FALSE;
        NC:=4;
        OCHO:=TIME +DIS1(pCAJA,DCAJA,L1CAJA,L2CAJA);
    END;
ENDEV;

EVENT OCHO;
VAR
    N: INTEGER;
BEGIN

    CASE NC OF
        1:CAJA1:=TRUE;
        2:CAJA2:=TRUE;
        3:CAJA3:=TRUE;
        4:CAJA4:=TRUE;
    end;
    IF NOT EMPTY(COLA3) THEN
        N:=GIVE(COLA3,1,'F') ELSE N:=0;
    IF N>0 THEN CLI[N].SIETE:=TIME;
        NUEVE:=TIME +DIS1(pSAL,DSAL,L1SAL,L2SAL);
    ENDEV;

```

```

EVENT NUEVE;
BEGIN
    CUARTO[SECC]:=CUARTO[SECC]-1;
    KILL THIS ENDEV;

PROCESS RESUL,1;

EVENT RX;
VAR FS,CX,IE:INTEGER;
BEGIN
    IF TIME < 1441 THEN
BEGIN
    RX:=TIME + 10;

IF OPC='N' THEN BEGIN
    WRITELN(TIME:9:2,NR(COLA1):11,NR(COLA2):11,
NR(COLA3):11,CUARTO[1]:10,CUARTO[2]:4,CUARTO[3]:4,CUARTO[4]:4,
    CUARTO[5]:4,CUARTO[6]:4) end;
IF OPC='G' THEN BEGIN
    outtextxy(10,200,'TERAPIA INTENSIVA');
    outtextxy(10,245,'CUIDADOS INTENSIVOS');
    outtextxy(10,290,'GINECO OBSETRICIA');
    outtextxy(10,335,'PEDIATRIA');
    outtextxy(10,380,'MEDICINA INTERNA');
    outtextxy(10,425,'CIRUGIA');
    setviewport(0,0,maxx,maxy,true);
    setcolor(15);
    cx:=210;
    FOR IE:=1 TO 6 DO
    BEGIN
        IF (OCUP[IE]=0) OR (OCUP[IE]<CUARTO[IE]) THEN
        begin
            setfillstyle(10,maxcolor);
            BAR(0,CX,Capacidad[IE]*10,CX+20);

```

```

        end;
        setfillstyle(1,maxcolor);
        BAR(0,CX,CUARTO[IE]*10,CX+20);
        CX:=CX+45;
        ocup[ie]:=cuarto[ie];
    END;
END;
END
ENDEV;

START
    SALIDA:=FALSE;
    SERV1:=TRUE;SERV2:=TRUE;SERV3:=TRUE;
    CAJA1:=TRUE;CAJA2:=TRUE;CAJA3:=TRUE,CAJA4:=TRUE;
    enfermera:=true;
        C:=0;
    FOR I:=1 TO 7 DO
    BEGIN
        ACUMULADO[I]:=0;
        CUARTO[I]:=0;
        OCUP[I]:=0;
    END;
    NEWPR PGEN;
    NQUE COLA1;
    NQUE COLA2;
    NQUE COLA3;
    PGEN.UNO:=TIME;
    NEWPR PRESUL;
    PRESUL.RX:=TIME;
    PANTALLA;
    if opc='N' then begin
        ENTRADA1;
        NEWPR PXXX; PXXX.INIT:=0.1;
        NEWPR PYYY; PYYY.INIT:=0.0;
    end;

```

```
IF OPC='G' THEN BEGIN
initialize;
  NEWPR PMOVIL; PMOVIL.INIT:=0.0;
END;
randomize;
```

\$

```

PROCEDURE ENTRADA1;
VAR I:INTEGER;
BEGIN
CLRSCR;
TEXTCOLOR(12);
FOR I:=1 TO 79 DO
BEGIN
GOTOXY(I,1);WRITE(#205);GOTOXY(I,24);WRITE(#205);
GOTOXY(I,4);WRITE(#205);
END;
FOR I:=1 TO 24 DO
BEGIN
GOTOXY(1,I);WRITE(#186);GOTOXY(80,I);WRITE(#186);
END;
GOTOXY(1,1);WRITE(#201);GOTOXY(80,1);WRITE(#187);
GOTOXY(1,24);WRITE(#200);GOTOXY(80,24);WRITE(#188);
GOTOXY(1,4);WRITE(#204);GOTOXY(80,4);WRITE(#186);
TEXTCOLOR(7);
GOTOXY(30,2);WRITE('* A D M I S I O N *');
GOTOXY(5,3);WRITE(' MINUTO S1/2/3/4 C. Y/O ENF.
CAJA C. OCUPADOS en las SECCIONES ');
WINDOW(2,5,79,23);
END;

```



```

FUNCTION DIS1(PROM,EST,LIM1,LIM2:REAL):REAL;
VAR X:REAL;
BEGIN
REPEAT
X:=NORM(PROM,EST);
UNTIL (X<LIM2) AND (X>LIM1);
DIS1:=X END;

```

```

PROCEDURE lee(VAR car:char);
BEGIN
    REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
    CAR:=READKEY;
    IF ORD(CAR)=0 THEN CAR:=READKEY;
END;

```

```

PROCEDURE opcion(op:byte);
BEGIN
    case op of
        1: BEGIN gotoxy(30,7); write('1) CAMBIOS');
END;
        2: BEGIN gotoxy(30,9); write('2) RESULTADO
NUMERICO'); END;
        3: BEGIN gotoxy(30,11); write('3) RESULTADO
GRAFICO'); END;
        4: BEGIN gotoxy(10,1); write('SALIDA'); END;
        5: BEGIN gotoxy(10,6); write('REGISTRO'); END;
        6: BEGIN gotoxy(10,7); write('ENFERMERA'); END;
        7: BEGIN gotoxy(10,8); write('CAJA'); END;
        8: BEGIN gotoxy(10,9); write('SALIDA'); END;
        9: BEGIN gotoxy(10,14); write('CORONARIOS');
END;
        10: BEGIN gotoxy(10,15); write('C. INTENSIVOS');
END;

```

```

11: BEGIN gotoxy(10,16); write('G.
OBSTETRICIA'); END;
12: BEGIN gotoxy(10,17); write('PEDIATRIA');
END;
13: BEGIN gotoxy(10,18); write('MED.INTERNA');
END;
14: BEGIN gotoxy(10,19); write('CIRUGIA'); END;

END;
END;

```

```

PROCEDURE SUBE(SON, EMPIEZA:INTEGER; VAR NUMREN:INTEGER);
VAR

```

```

    NANT:BYTE;
BEGIN
    NANT:=NUMREN;
    IF NUMREN=EMPIEZA THEN
        NUMREN:=SON+EMPIEZA;
        NUMREN:=NUMREN-1;
        TEXTBACKGROUND(0);
        TEXTCOLOR(7);
        opcion(NANT);
        TEXTBACKGROUND(12);
        TEXTCOLOR(7);
        opcion(NUMREN);

```

```

END;

```

```

PROCEDURE BAJA(SON, EMPIEZA:INTEGER; VAR NUMREN:INTEGER);
VAR

```

```

    NANT:BYTE;
BEGIN
    NANT:=NUMREN;
    IF NUMREN=(SON+EMPIEZA-1) THEN
        NUMREN:=EMPIEZA-1;
        NUMREN:=NUMREN+1;
        TEXTBACKGROUND(0);
        TEXTCOLOR(7);

```

```

opcion(NANT);
TEXTBACKGROUND(12);
TEXTCOLOR(7);
opcion(NUMREN);

END;
PROCEDURE marco;
VAR J:INTEGER;
PROCEDURE LINEAH(X1,X2,Y:INTEGER;Q:CHAR);
VAR
EE:INTEGER;
BEGIN
FOR EE:=X1 TO X2 DO
BEGIN
GOTOXY(EE,Y);WRITE(Q);
END;
END;
PROCEDURE LINEAV(X,Y1,Y2:INTEGER;Q:CHAR);
VAR EE:INTEGER;
BEGIN
FOR EE:=Y1 TO Y2 DO
BEGIN
GOTOXY(X,EE);WRITE(Q);
END;
END;

BEGIN
FOR J:=1 TO 6 DO
BEGIN
lineav(12*J-3,3,11,#179);
END;
LINEAV(9,3,21,#179);
LINEAV(69,3,21,#179);
LINEAH(10,69,3,#196);
LINEAH(10,69,5,#196);
LINEAH(10,69,11,#196);
LINEAH(10,69,13,#196);

```

```

        LINEAH(10,69,21,#196);
FOR I:=1 TO 6 DO
BEGIN
    GOTOXY(12*I-3,3);WRITE(#194);
    GOTOXY(12*I-3,5);WRITE(#197);
    GOTOXY(12*I-3,11);WRITE(#193);
END;
FOR I:=1 TO 3 DO
BEGIN
    LINEAV(I*15+9,12,20,#179);
    GOTOXY(I*15+9,11);WRITE(#194);
    GOTOXY(I*15+9,13);WRITE(#197);
    GOTOXY(I*15+9,21);WRITE(#193);
END;
GOTOXY(9,3);WRITE(#218);GOTOXY(9,21);WRITE(#192);
GOTOXY(69,3);WRITE(#191);GOTOXY(69,21);WRITE(#217);
GOTOXY(9,5);WRITE(#195);GOTOXY(69,5);WRITE(#180);
GOTOXY(9,11);WRITE(#195);GOTOXY(69,11);WRITE(#180);
GOTOXY(9,13);WRITE(#195);GOTOXY(69,13);WRITE(#180);

END;

VAR VACIO:BOOLEAN;

PROCEDURE ABRIR;
BEGIN
    {$I-}
    Assign(Adatos,'Datos5.dat');
    Reset(Adatos);
    {$I+}
    VACIO:=FALSE;
    if Ioresult <> 0 then BEGIN
        VACIO:=TRUE;
        rewrite (Adatos) END;
end;

```

```

PROCEDURE LEEA(Q:STRING);
BEGIN
    textbackground(0);
    opcion(numren);
    WITH TIEMPOS DO
        BEGIN

            IF Q='REG'THEN BEGIN
                GOTOXY(25,6);READ(PTREG);
                GOTOXY(38,6);READ(dtreg);
                GOTOXY(50,6);READ(L1TREG);
                GOTOXY(60,6);READ(L2TREG);
            END;

            IF Q='ENF'THEN BEGIN
                GOTOXY(25,7);READ(PTENF);
                GOTOXY(38,7);READ(DTENF);
                GOTOXY(50,7);READ(L1TENF);
                GOTOXY(60,7);READ(L2TENF);
            END;

            IF Q='CAJ' THEN BEGIN
                GOTOXY(25,8);READ(PCJA);
                GOTOXY(38,8);READ(DCJA);
                GOTOXY(50,8);READ(L1CJA);
                GOTOXY(60,8);READ(L2CJA);
            END;

            IF Q='SAL' THEN BEGIN
                GOTOXY(25,9);READ(Ptsal);
                GOTOXY(38,9);READ(Dtsal);
                GOTOXY(50,9);READ(L1tsal);
                GOTOXY(60,9);READ(L2tsal);
            END;

            IF Q='1' THEN BEGIN
                GOTOXY(31,14);WRITE(' ');
                GOTOXY(46,14);WRITE(' ');
                GOTOXY(61,14);WRITE(' ');
                GOTOXY(31,14);READ(CAP[1]);
            END;
        END;
END;

```

```

GOTOXY(46,14);READ(PROB[1]);
acumulado[2]:=acumulado[1]+prob[1];
GOTOXY(61,14);WRITE(ACUMULADO[2]:2:2);
END;
IF Q='2' THEN BEGIN
GOTOXY(31,15);WRITE(' ');
GOTOXY(46,15);WRITE(' ');
GOTOXY(61,15);WRITE(' ');
GOTOXY(31,15);READ(CAP[2]);
GOTOXY(46,15);READ(PROB[2]);
acumulado[3]:=acumulado[2]+prob[2];
GOTOXY(61,15);WRITE(ACUMULADO[3]:2:2);
END;
IF Q='3' THEN BEGIN
GOTOXY(31,16);WRITE(' ');
GOTOXY(46,16);WRITE(' ');
GOTOXY(61,16);WRITE(' ');
GOTOXY(31,16);READ(CAP[3]);
GOTOXY(46,16);READ(PROB[3]);
acumulado[4]:=acumulado[3]+prob[3];
GOTOXY(61,16);WRITE(ACUMULADO[4]:2:2);
END;
IF Q='4' THEN BEGIN
GOTOXY(31,17);WRITE(' ');
GOTOXY(46,17);WRITE(' ');
GOTOXY(61,17);WRITE(' ');
GOTOXY(31,17);READ(CAP[4]);
GOTOXY(46,17);READ(PROB[4]);
acumulado[5]:=acumulado[4]+prob[4];
GOTOXY(61,17);WRITE(ACUMULADO[5]:2:2);
END;
IF Q='5' THEN BEGIN
GOTOXY(31,18);WRITE(' ');
GOTOXY(46,18);WRITE(' ');
GOTOXY(61,18);WRITE(' ');
GOTOXY(31,18);READ(CAP[5]);

```

```

GOTOXY(46,18);READ(PROB[5]);
acumulado[6]:=acumulado[5]+prob[5];
GOTOXY(61,18);WRITE(ACUMULADO[6]:2:2);
END;
IF Q='6' THEN BEGIN
GOTOXY(31,19);WRITE(' ');
GOTOXY(46,19);WRITE(' ');
GOTOXY(61,19);WRITE(' ');
GOTOXY(31,19);READ(CAP[6]);
GOTOXY(46,19);READ(PROB[6]);
acumulado[7]:=acumulado[6]+prob[6];
GOTOXY(61,19);WRITE(ACUMULADO[7]:2:2);
END;
END;
textbackground(12);
opcion(numren);
haz:=false;
END;

```

```

PROCEDURE CAMBIOS;

```

```

BEGIN

```

```

  clrscr;
  MARCO;
  GOTOXY(23,4);WRITE('PROMEDIO');
  GOTOXY(38,4);WRITE('DESV. ');
  GOTOXY(49,4);WRITE('LIM 1');
  GOTOXY(60,4);WRITE('LIM 2');
  GOTOXY(12,12);WRITE('SECCION');
  GOTOXY(26,12);WRITE('CAPACIDAD');
  GOTOXY(41,12);WRITE('PROBABILIDAD');
  GOTOXY(57,12);WRITE('ACUMULADO');
  for i:=4 to 15 do
  begin
    OPCION(i);
  end;

```

```

IF NOT VACIO THEN
BEGIN
    seek(Adatos,0);
    read(Adatos,tiempos);
WITH TIEMPOS DO
BEGIN
    GOTOXY(25,6);WRITE(PtREG:4:2);
    GOTOXY(25,7);WRITE(PtENF:4:2);
    GOTOXY(25,8);WRITE(PCJA:4:2);
    GOTOXY(25,9);WRITE(PTSAL:4:2);
    GOTOXY(38,6);WRITE(DtREG:4:2);
    GOTOXY(38,7);WRITE(DtENF:4:2);
    GOTOXY(38,8);WRITE(DCJA:4:2);
    GOTOXY(38,9);WRITE(DtSAL:4:2);
    GOTOXY(50,6);WRITE(L1tREG:4:2);
    GOTOXY(50,7);WRITE(L1tENF:4:2);
    GOTOXY(50,8);WRITE(L1CJA:4:2);
    GOTOXY(50,9);WRITE(L1tSAL:4:2);
    GOTOXY(60,6);WRITE(L2tREG:4:2);
    GOTOXY(60,7);WRITE(L2tENF:4:2);
    GOTOXY(60,8);WRITE(L2CJA:4:2);
    GOTOXY(60,9);WRITE(L2tSAL:4:2);
    FOR I:=1 TO 6 DO
    BEGIN
        GOTOXY(31,13+I);WRITE(CAP[I]);
        GOTOXY(46,13+I);WRITE(PROB[I]:2:2);
        acumulado[1+i]:=acumulado[i]+prob[i];
        GOTOXY(61,13+I);WRITE(ACUMULADO[1+I]:2:2);
    END;
END;
end;
seek(Adatos,0);
NUMREN:=4;
haz:=false;
textbackground(12);
opcion(numren);

```



```

SALIDA:=FALSE;
REPEAT
    Repeat
        LEE(KEY);
        case key of
            #72:SUBE(11,4,numren);
            #80:BAJA(11,4,numren);
            #13:HAZ:=true;
        end;
    UNTIL haz;
textbackground(0);
CASE NUMREN OF
    4: SALIDA:=TRUE;
    5: LEEA('REG');
    6: LEEA('ENF');
    7: LEEA('CAJ');
    8: LEEA('SAL');
    9: LEEA('1');
    10: LEEA('2');
    11: LEEA('3');
    12: LEEA('4');
    13: LEEA('5');
    14: LEEA('6');
END;
UNTIL SALIDA;
write(Adatos,tiempos);
NUMREN:=1;
HAZ:=FALSE;
END;

PROCEDURE PANTALLA;
var i:integer;
BEGIN
    textcolor(7);
    abrir;
    read(Adatos,tiempos);

```

```

REPEAT
  haz:=false;numren:=1;
  clrscr;
  FOR I:=1 TO 80 DO
  BEGIN
    GOTOXY(I,1);WRITE(#205);
    GOTOXY(I,24);WRITE(#205);
  END;
  for i:=1 to 24 DO
  BEGIN
    GOTOXY(1,I);WRITE(#186);
    GOTOXY(80,I);WRITE(#186);
  END;
  GOTOXY(1,1);WRITE(#201);GOTOXY(1,24);WRITE(#200);
  GOTOXY(80,1);WRITE(#187);GOTOXY(80,24);WRITE(#188);
  GOTOXY(35,3);WRITE('ADMISION');

  opcion(1);
  opcion(2);
  opcion(3);
  gotoxy(20,20);write('usa las flechas y <Enter> para
escoger');
  textbackground(12);
  opcion(numren);
  Repeat
    LEE(KEY);
    case key of
      #72:SUBE(3,1,numren);
      #80:BAJA(3,1,numren);
      #13:Hz:=true;
    end;
  UNTIL haz;
  textbackground(0);
  if numren=1 then CAMBIOS;
  UNTIL numren <> 1;

```

```

WITH tiempos DO
begin
Preg:=PtREG;
Penf:=PtENF;
Pcaja:=PCJA;
psal:=ptsal;
dreg:=dtREG;
denf:=dtENF;
dcaja:=dCJA;
dsal:=dtsal;
l1reg:=l1tREG;
l1enf:=l1tENF;
l1caja:=l1CJA;
l1sal:=l1tsal;
l2reg:=l2tREG;
l2enf:=l2tENF;
l2caja:=l2CJA;
l2sal:=l2tsal;
FOR I:=1 TO 6 DO
begin
capacidad[I]:=CAP[I];
ACUMULADO[I+1]:=PROB[I]+ACUMULADO[I];
end;
END;
if numren=2 then opc:='N';
if numren=3 then opc:='G';
CLOSE(Adatos);
END;

```

## CAPITULO 6

### SOLUCION DEL PROBLEMA

#### 6.1 SIMULACION DEL SISTEMA ACTUAL.

Dada la facilidad del programa de cambiar datos y simularlos fácilmente se pudo compararlos y obtener los siguientes resultados con el programa VARANS5, el cual es un programa que es complemento de PASION

Las simulaciones que se realizaron fueron siete diferentes, incluyendo la simulación del sistema actual.

Cada corrida del programa simula diez días, y el estudio de cada simulación fue de veinte corridas.

En esta simulación se tomaron los datos recopilados por medio de observación que se tomaron en el hospital.

#### REGISTRO

En el registro, se tomó como promedio para atender a un paciente 17 minutos, una desviación de 5 minutos con límites inferior de 10 minutos y superior de 20 minutos.

En los resultados de la simulación se pudo observar que lo máximo que se puede alcanzar son 29 pacientes esperando a ser registrados, sin embargo el promedio es de cuatro personas. Estos rangos tan grandes son debido a variabilidad de la demanda. Esto se puede observar en la figura 6.1.1 donde muestra el rango alcanzado de la trayectoria del registro, y su promedio.

La columna vertical es el número de pacientes en la fila de espera, y la horizontal, el día de simulación. La escala que tiene es de 140 es un día.

Se tomó también los intervalos de confianza solamente para el estudio del sistema actual. Los rangos salieron

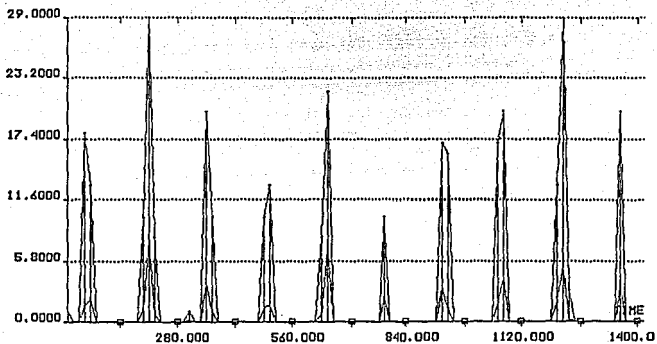


FIG. 6.1.1

Puntos máximos y trayectoria promedio del Registro.

En el segundo día se dió el promedio mayor con una línea de espera de ocho pacientes. La fila menor se dió en el cuarto día con dos pacientes. En el segundo y noveno día se da el mayor número alcanzado con 29 pacientes.

grandes, ya que se tomó un parámetro de seguridad del 95%.

Estos resultados se muestran en la figura 6.1.2 la cual muestra los rangos de confianza y el promedio de la trayectoria del registro. Nótese que la columna vertical llega hasta 7.8 a diferencia de la anterior.

Se pueden observar la probabilidad del tamaño de la línea de espera del registro con los días simulados en la figura 6.1.3, dándonos que es casi seguro que si uno llega a las 5:50 sea cero la probabilidad de que exista una persona esperando para su registro. se puede ver que en general la probabilidad de que existe una línea de espera en el registro es muy poca.

En esta gráfica, el plano de la Y representa la probabilidad de que existan personas esperando, el plano de la X representa la cantidad de personas, lo máximo son 29 personas dada la información de la figura 6.1.1. El plano de la Z representa diferentes días de simulación.

#### ENFERMERA

La enfermera se tarda en llevar a cada paciente a su habitación un promedio de siete minutos, con una desviación de 1 minuto y límites inferior de cinco minutos y superior de doce minutos.

En la figura 6.1.4 se representa el rango alcanzado y el promedio de la trayectoria de la enfermera. En la gráfica se aprecia que el rango llega hasta 34 personas, teniendo un promedio de 4 pacientes.

Los intervalos de confianza son muy grandes para el caso de la enfermera, como lo muestra la figura 6.1.5.

Otro punto interesante de esta gráfica es que muestra como tiende a crecer esta fila de espera, esto lo podemos

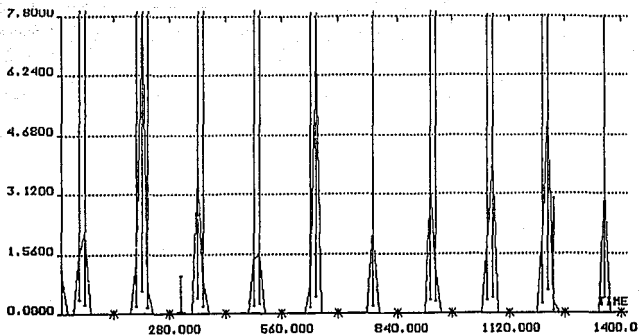


FIG. 6.1.2

Promedio de la trayectoria del registro con intervalos de confianza del 95%.

Todos los días tienen un intervalo de confianza muy alto ya que se estudió con un nivel del 95%.

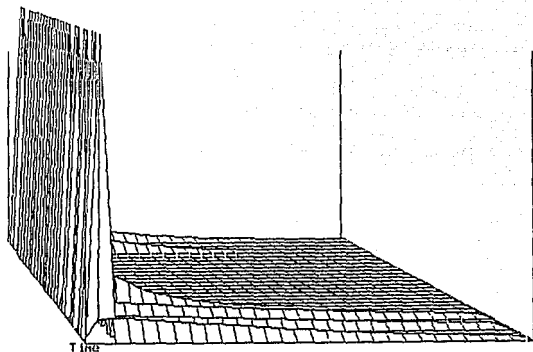


FIG. 6.1.3

Distribución de la probabilidad para el Registro.

La coordenada X es el número de personas posibles que existan en la línea de espera. La coordenada Y es la probabilidad que existe. La coordenada Z indica diferentes días simulados.

La coordenada X en este caso alcanza hasta 29 personas.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



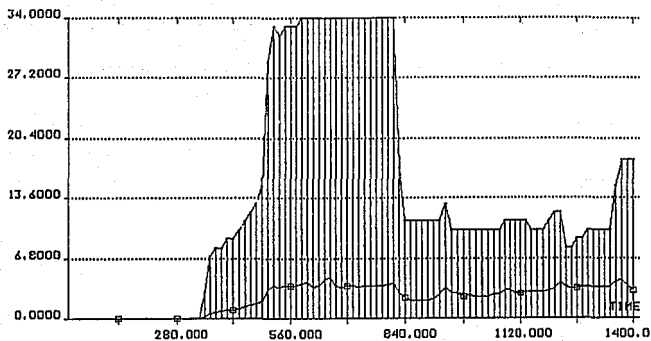
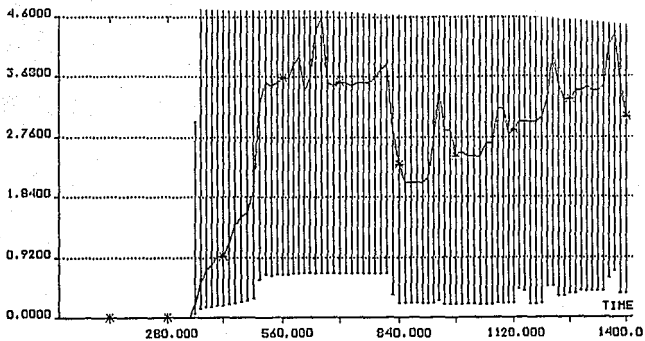


FIG. 6.1.4

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Enfermera.

El rango que tiene es bastante amplio para los días 4, 5 y 6, alcanzando hasta 34 pacientes en espera. El promedio es entre 4 y 2 pacientes.



confidence level 0.95

FIG. 6.1.5

Promedio de la trayectoria de la enfermera con intervalos de confianza del 95%.

El factor de tener una demanda variable y un nivel de confianza del 95% hace que estos intervalos crezcan.

interpretar por el crecimiento de la demanda la cual tiene el hospital.

En la figura 6.1.6 se ve claramente que en los primeros días de la simulación (etapa de transición) existe gran probabilidad de no encontrar pacientes esperando que los trasladen a sus habitaciones, pero pasando esta etapa baja notoriamente. Máximo de la coordenada X es de 34, de la coordenada Y es 1.

#### CAJA

Se consideró que en cada caja un paciente se tarda en pagar un promedio de media hora, con un límite inferior de quince minutos y superior de una hora. En la caja existen tantas variaciones ya que depende mucho el tipo de seguro que tengan, además de que la gente se queda preguntado por lo general sus dudas de los trámites que deben de seguir.

Cada paciente después de pagar se toma en promedio una hora para desocupar su cuarto después de haber pagado, teniendo una desviación de una hora teniendo como límites inferior de diez minutos y superior de dos horas.

En la figura 6.1.7 muestra los rangos de la trayectoria de la caja con sus rangos. Esta trayectoria se ve que es en cíclica, ya que tiene como límite el pagar hasta las 12:00 del día si no, se paga un día extra. En la gráfica aparece que lo máximo se da con 42 personas, y tiene un promedio de 15 personas a las 12:00 después bajando bruscamente.

Los intervalos de confianza están dados por la figura 6.1.8 donde también se muestran disparados, siguiendo la trayectoria de la caja. estos intervalos se dieron con el 95% de confianza.

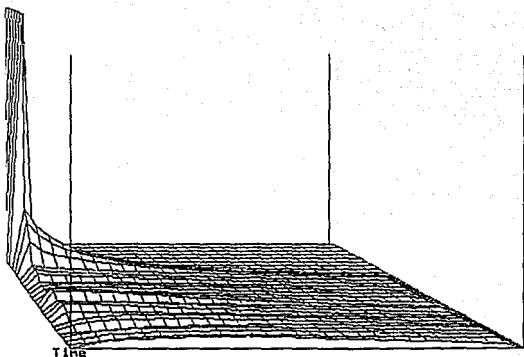


FIG. 6.1.6

Distribución de la probabilidad para la Enfermera

Se nota que sólo en los primeros días se tiene la mayor probabilidad de que no tenga pacientes esperando.

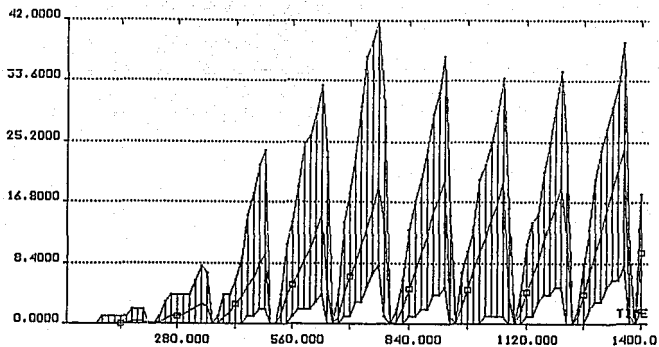


FIG. 6.1.7

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Caja

El mayor rango se encuentra en el día 5, y los promedios son de alrededor de 16 pacientes en la fila de espera. Esta cantidad de pacientes se da al final del horario permitido, a las 12:30.

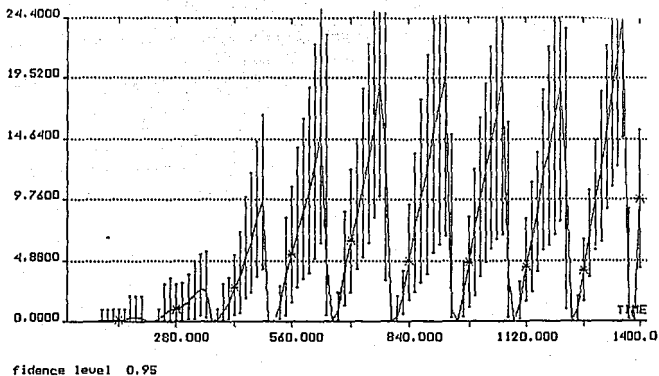


FIG. 6.1.8

Promedio de la trayectoria con los intervalos de confianza de la Caja.

El nivel de confianza fue del 95%, y los promedio de 16 personas.

Se puede notar en la figura 6.1.9 que ya no tiene la misma distribución de probabilidad, y que existe una mayor probabilidad de encontrarse con pacientes esperando para pagar que en las distribuciones anteriores. El máximo de la coordenada X es de 42 pacientes.

#### SECCIONES DEL HOSPITAL

Con respecto a las secciones del hospital se tomaron las siguientes capacidades con sus respectivas probabilidades. Estos datos fueron tomados del departamento de estadística del hospital.

SECCION	CAPACIDAD	PROBABILIDAD
CORONARIOS	14	0.08
CUIDADOS INTENSIVOS	20	0.11
GINECO OBSTETRICIA	35	0.20
PEDIATRIA	8	0.05
MEDICINA INTERNA	64	0.37
CIRUGIA	35	0.19

De estos últimos resultados sólo se simularon en el sistema actual, ya que no podemos en un momento dado, modificar la demanda, y en cuanto a la capacidad de cada sección se puede aumentar creando nuevas habitaciones, pero el objetivo de la tesis es dar una solución práctica la cual tenga buenos resultados.

Las siguientes figuras muestran como son las trayectorias de las diferentes secciones con sus rangos. Se puede ver que los rangos que se presentan en las secciones dependen de la probabilidad que se tiene de llegada de un paciente a cada sección, siendo las siguientes:

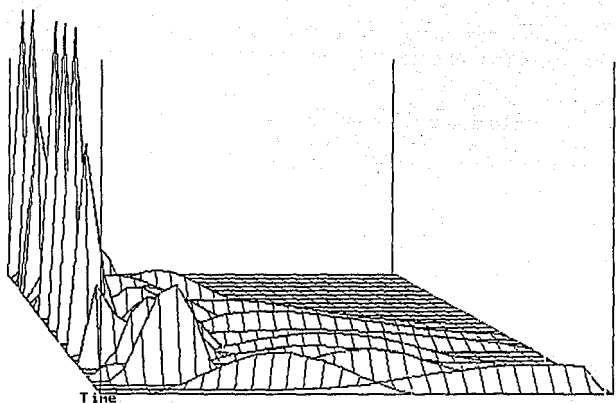


FIG. 6.1.9

Distribución de la probabilidad de la Caja.

Se empieza a observar que no sigue la misma distribución que las anteriores, teniendo una mayor probabilidad de encontrarse una línea de espera a lo largo del día. La coordenada X alcanza hasta 42 pacientes.



SECCION	RANGOS DE LA SECCION
CORONARIOS	0 - 14
CUIDADOS INTENSIVOS	0 - 20
GINECO OBSTETRICIA	0 - 35
PEDIATRIA	0 - 8
MEDICINA INTERNA	0 - 64
CIRUGIA	0 - 35

Nótese que estos rangos son las capacidades de las secciones que tiene el hospital, lo interesante que los promedios se dan casi exactamente de los rangos en todas las secciones menos en la sección de coronarios, la cual se ve en la figura 6.1.10 que la trayectoria tiende a un crecimiento. Esto último no se puede asegurar que esté pasando realmente, se tendría para asegurar esto un estudio más profundo de la demanda de cada sección. Sin embargo estos datos pueden interesar al hospital para ver si en dado caso existe una ampliación del hospital, saber qué sección conviene ampliar.

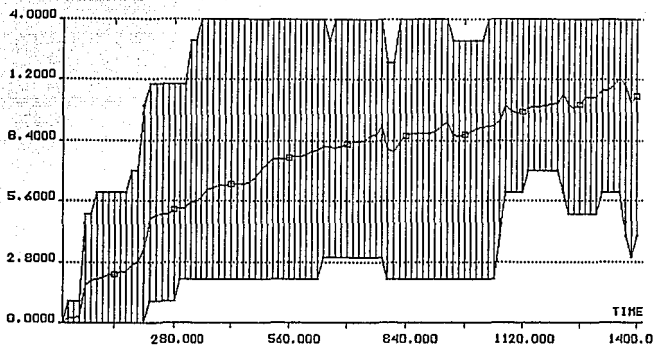
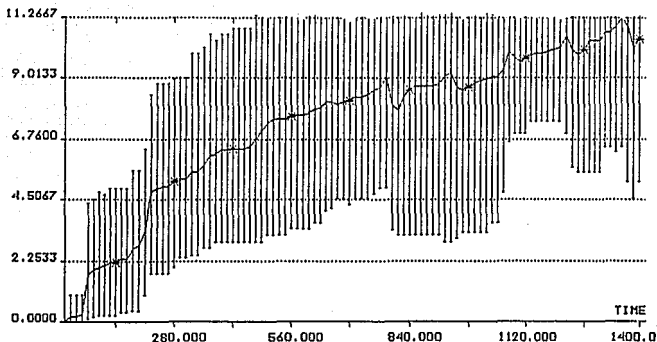


FIG. 6.1.10

Rangos alcanzables y promedio de la trayectoria de la sección de Coronarios

El rango se limita a la capacidad de la sección de 14 pacientes, el promedio se puede apreciar que tiene un crecimiento. Esto se debe a que la demanda se encuentra en crecimiento.



Confidence level 0.95

FIG. 6.1.11

Promedio e intervalos de confianza de los intervalos de la sección de Coronarios

Los intervalos de confianza siguen el promedio, el cual se puede apreciar que se encuentra en crecimiento.

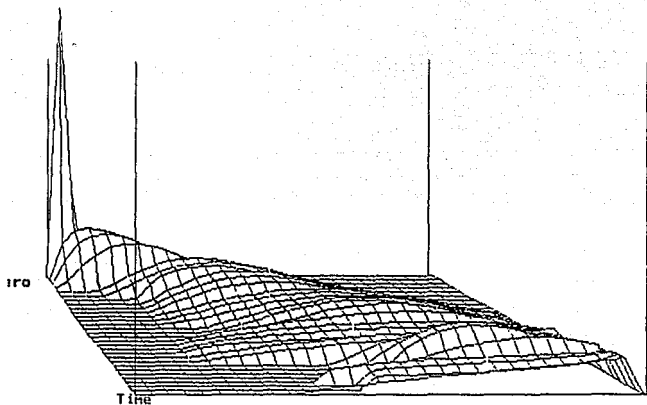


FIG. 6.1.12

Distribución de la probabilidad de la sección de  
Coronarios

La gráfica muestra como la probabilidad de encontrar  
cuartos vacíos es cada día menos.

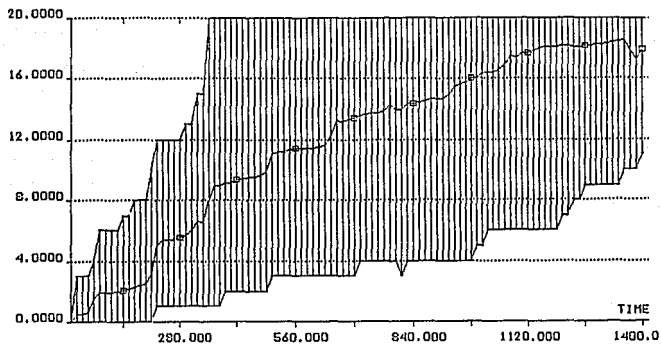


FIG. 6.1.13

Rangos alcanzables y promedio de la trayectoria de la sección de Cuidados Intensivos

El rango se limita a la capacidad de la sección de 20 pacientes, el promedio se puede apreciar que tiene un crecimiento. Esto se debe a que la demanda se encuentra en crecimiento.

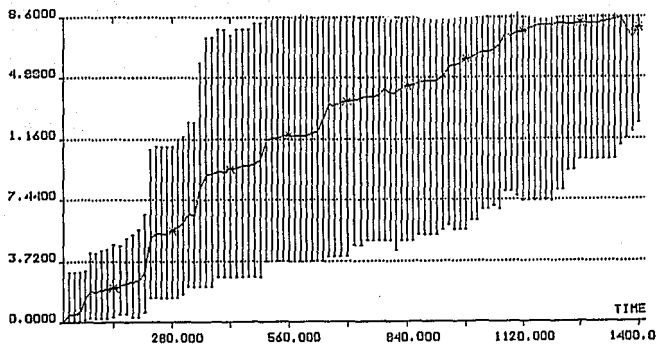


FIG. 6.1.14

Promedio e intervalos de confianza de los intervalos de la sección de Cuidados Intensivos

Los intervalos de confianza siguen el promedio, el cual se puede apreciar que se encuentra en crecimiento.

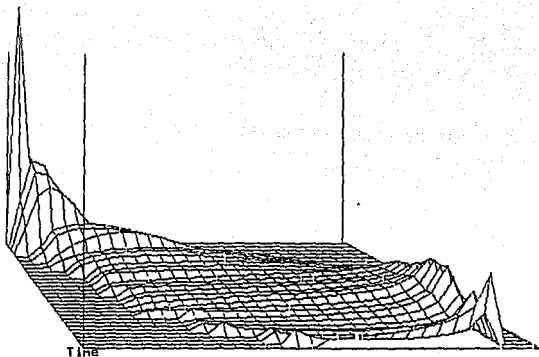


FIG. 6.1.15

Distribución de la probabilidad de la sección de  
Cuidados Intensivos

La gráfica muestra como la probabilidad de encontrar  
cuartos vacíos es cada día menos.

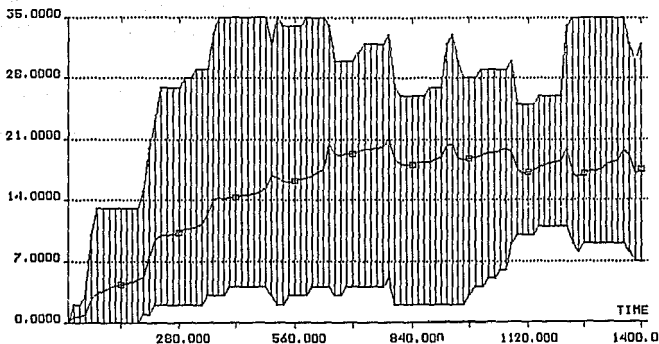


FIG. 6.16

Rangos alcanzables y promedio de la trayectoria de la sección de Gineco Obstetricia

El rango se limita a la capacidad de la sección de 35 pacientes, el promedio se puede apreciar que tiene un crecimiento. Esto se debe a que la demanda se encuentra en crecimiento.



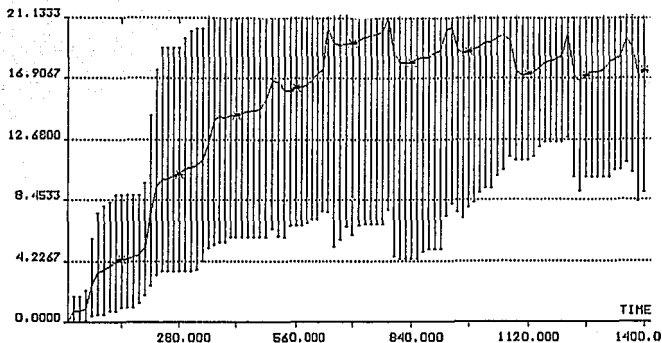


FIG. 6.1.17

Promedio e intervalos de confianza de los intervalos de  
la sección de Gineco Obstetricia

Los intervalos de confianza siguen el promedio, el  
cual se puede apreciar que se encuentra en crecimiento.

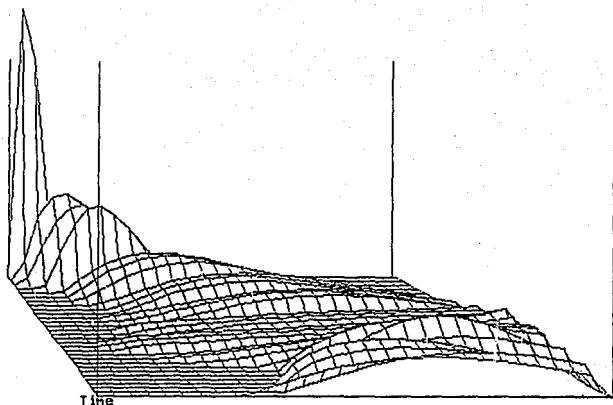


FIG. 6.1.18

Distribución de la probabilidad de la sección de  
Gineco Obstetricia

La gráfica muestra como la probabilidad de encontrar  
cuartos vacíos es cada día menos.

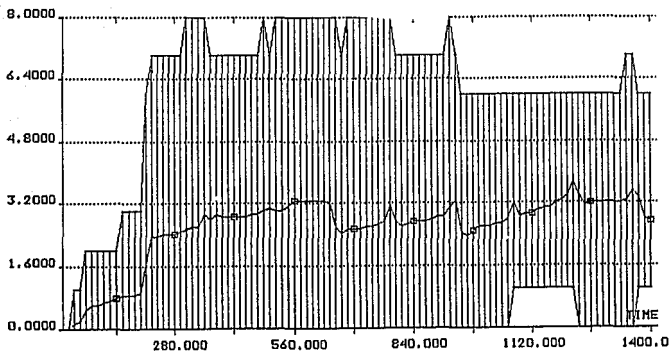


FIG. 6.19

Rangos alcanzables y promedio de la trayectoria de la sección de Pediatría

El rango se limita a la capacidad de la sección de 8 pacientes, el promedio se puede apreciar que tiene un crecimiento. Esto se debe a que la demanda se encuentra en crecimiento.

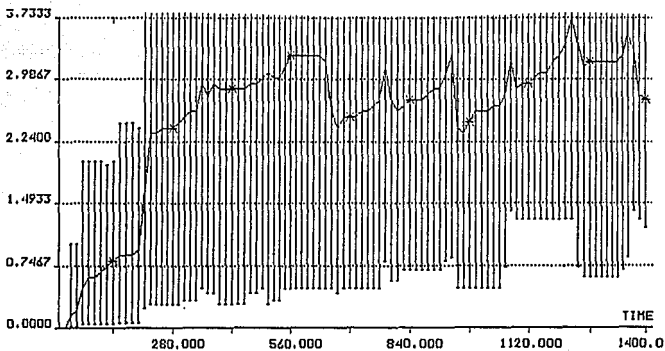


FIG. 6.1.20

Promedio e intervalos de confianza de los intervalos de la sección de Pediatría

Los intervalos de confianza siguen el promedio, el cual se puede apreciar que se encuentra en crecimiento.

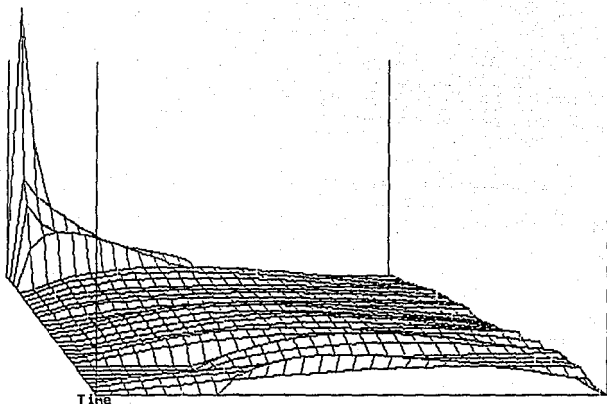


FIG. 6.1.21

Distribución de la probabilidad de la sección de  
Pediatria

La gráfica muestra cómo la probabilidad de encontrar  
cuartos vacíos es cada día menos.

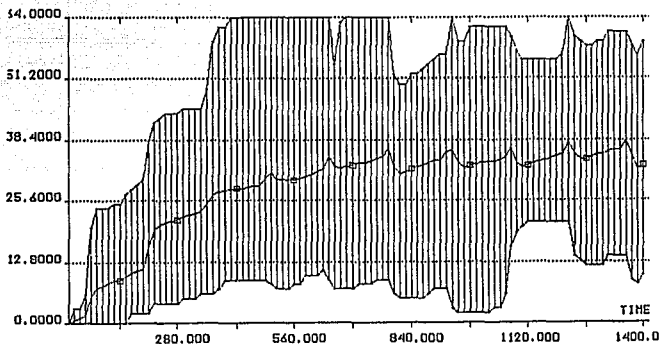


FIG. 6.1.22

Rangos alcanzables y promedio de la trayectoria de la  
sección de Medicina Interna

El rango se limita a la capacidad de la sección de 64 pacientes, el promedio se puede apreciar que tiene un crecimiento. Esto se debe a que la demanda se encuentra en crecimiento.

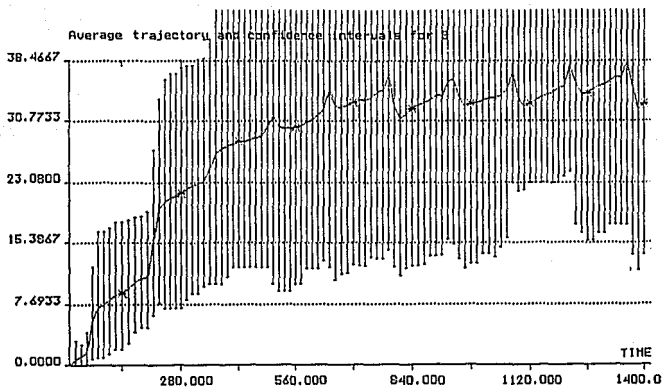


FIG. 6.1.23

Promedio e intervalos de confianza de los intervalos de la sección de Medicina Interna

Los intervalos de confianza siguen el promedio, el cual se puede apreciar que se encuentra en crecimiento.

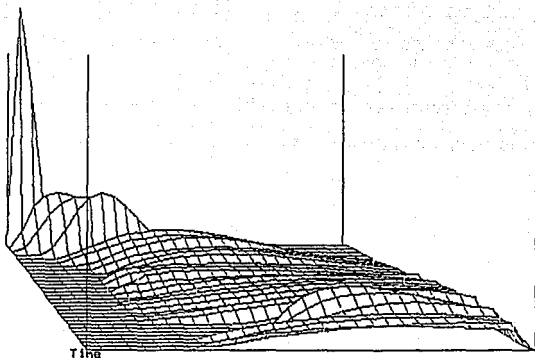


FIG. 6.1.24

Distribución de la probabilidad de la sección de  
Medicina Interna

La gráfica muestra como la probabilidad de encontrar  
cuartos vacíos es cada día menos.



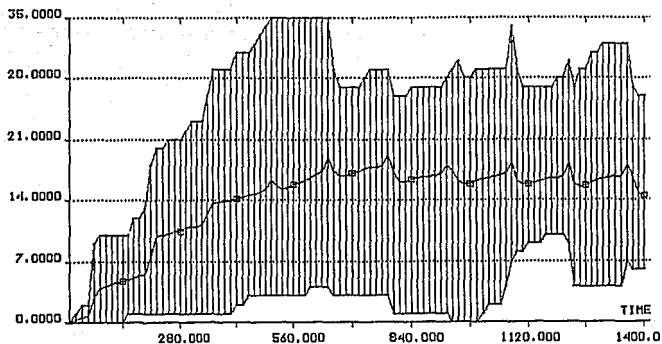


FIG. 6.1.25

Rangos alcanzables y promedio de la trayectoria de la sección de Cirugía

El rango se limita a la capacidad de la sección de 35 pacientes, el promedio se puede apreciar que tiene un crecimiento. Esto se debe a que la demanda se encuentra en crecimiento.

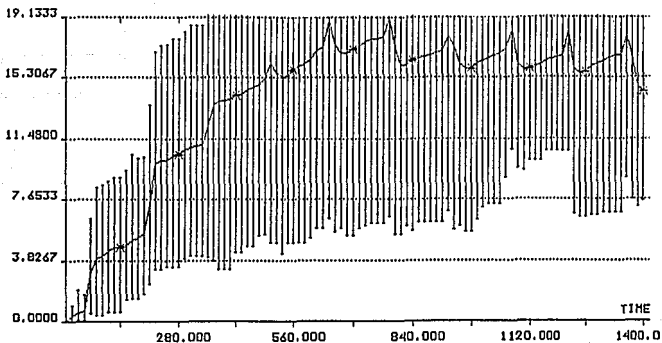


FIG. 5.1.26

Promedio e intervalos de confianza de los intervalos de la sección de Cirugía

Los intervalos de confianza siguen el promedio, el cual se puede apreciar que se encuentra en crecimiento.

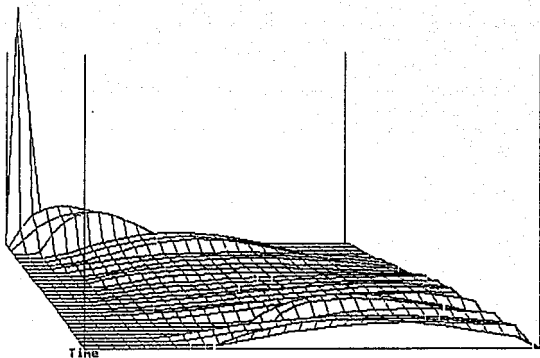


FIG. 6.1.27

Distribución de la probabilidad de la sección de Cirugía

La gráfica muestra como la probabilidad de encontrar cuartos vacíos es cada día menos.

## 6.2 SIMULACION DEL SISTEMA MODIFICANDO EL REGISTRO.

Esta simulación consiste en aumentar en el registro dos personas, las cuales atiendan a los pacientes a su llegada.

En esta simulación los datos que se tomaron y los resultados fueron los siguientes.

### REGISTRO

Se tomó como promedio para registrar a los pacientes 9 minutos, con una desviación de 5 minutos y con límites inferior y superior de 5 y 20 minutos.

En los resultados de la simulación nos dicen que el promedio de pacientes esperando es de 3 pacientes, y lo máximo que se puede alcanzar son 25 personas (FIG. 6.2.1), esto ocurre el día 8, mismo que tiene un promedio de 3 personas.

En la distribución de la probabilidad, se puede notar que al principio del día se tiene una alta probabilidad de no encontrar pacientes esperando ser atendidos, sin embargo también se muestra como los últimos días se puede encontrar una línea de espera larga. En la coordenada de las X que muestra la longitud de la línea de espera llega hasta 42 pacientes.

### ENFERMERA

El tiempo de la enfermera no se modificó, por lo que se dejaron los datos anteriores, los cuales eran, 7 minutos en promedio para transportar a un paciente, desviación de 1 minuto, y límites inferior y superior de 5 a 12 minutos.

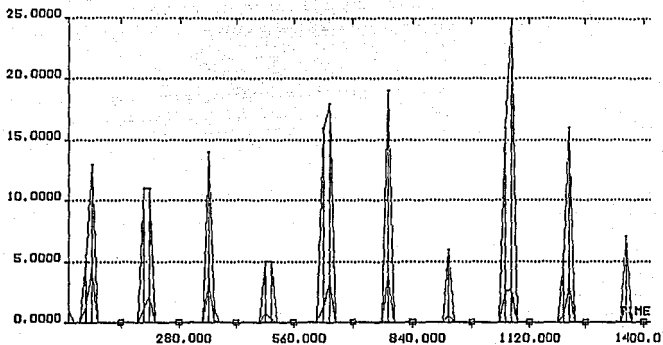


FIG. 6.2.1

Puntos máximos y trayectoria promedio del Registro.

El rango mayor es de 25 pacientes, y el menor de 5.  
 El promedio es de 1 a 4 pacientes.

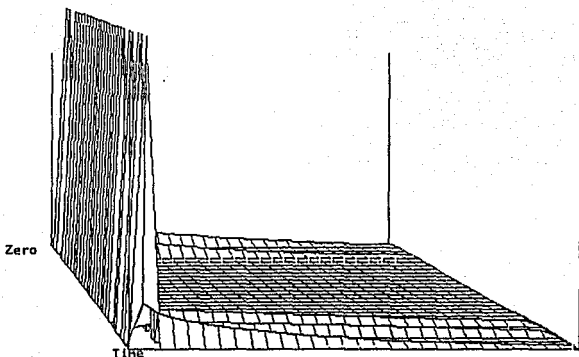


FIG. 6.2.2

**Distribución de la probabilidad del Registro.**

Tiene casi el 100% de probabilidad no encontrar una línea de espera al principio del día.

La línea de espera mayor puede ser de hasta 25 pacientes con una probabilidad muy baja.

En la figura 6.2.3, se muestran los rangos alcanzados con el promedio de la línea de espera que tuvo la enfermera. El promedio es de 3 personas, aunque éste tiende a crecer con una pendiente pequeña como se muestra en la gráfica. Los rangos siguen siendo grandes, hasta llegar a 22 pacientes en el día 8.

La distribución de probabilidad de la enfermera, se muestra en la figura 6.2.4., en esta distribución, notamos que la probabilidad de no encontrar pacientes esperando es baja.

#### CAJA

Para la caja, se tomaron los datos iniciales, de media hora en promedio que se tarda un paciente en pagar, con una desviación de 10 minutos y límites inferior y superior de 15 minutos a 1 hora.

Los resultados de las simulaciones fueron que se obtiene un rango superior de 42 pacientes en un día que tiene como promedio 15 pacientes en una línea de espera. (figura 6.2.5). Por lo general se tiene que número de pacientes promedio en espera son 15, a las 11:00 am.

En la distribución de la probabilidad de la caja se tiene mayor probabilidad de encontrarse a pacientes esperando que las demás distribuciones. La figura 6.2.5. Muestra que la máximo alcanzado son 42 pacientes.

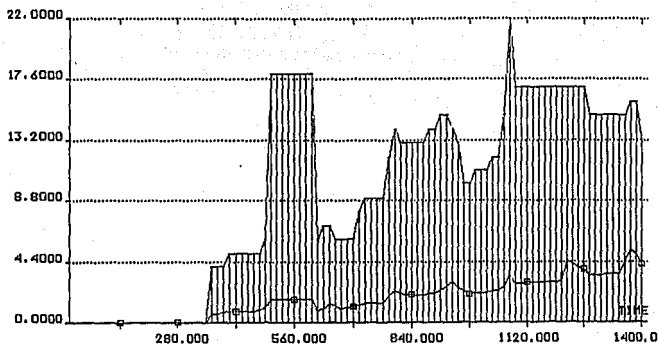


FIG. 6.2.3

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Enfermera.

Tiene como punto máximo a 22 pacientes en espera, sin embargo ese día tiene un promedio de 3 pacientes. El promedio es de máximo 5 pacientes.



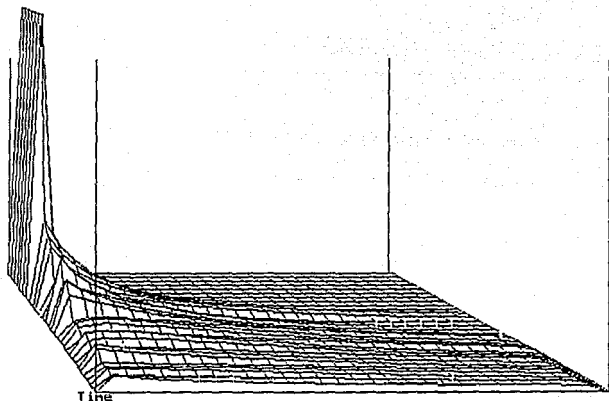


FIG. 6.2.4

Distribución de la probabilidad de la Enfermera.

Los primeros días se nota que es probable no tener pacientes en espera, sin embargo después baja la probabilidad. La línea de espera mayor llega hasta 22 pacientes.

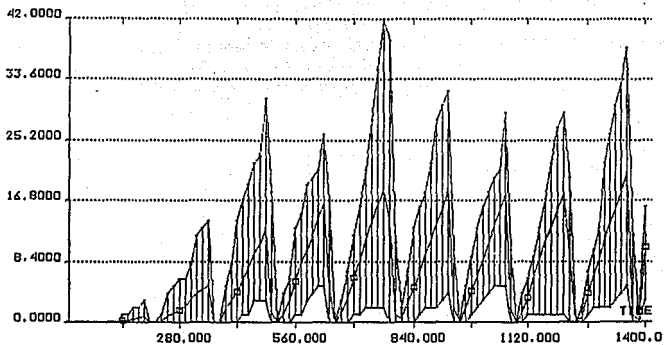


FIG. 6.2.5

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Caja.

El punto máximo llega hasta 42 pacientes, y el promedio es de 16 pacientes.

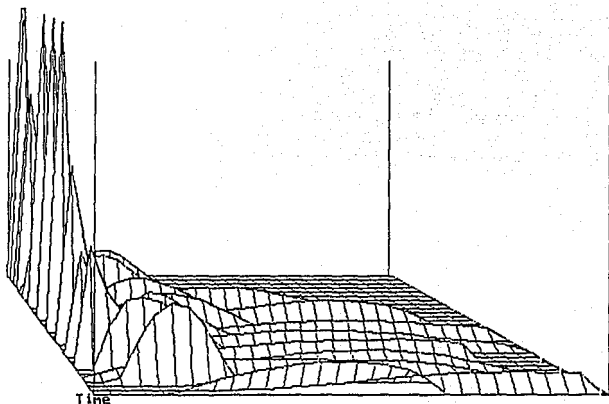


FIG. 6.2.6

Distribución de la probabilidad de la Caja.

Se encuentra una distribución con mayores probabilidades de encontrarse con líneas de espera.

La línea de espera mayor es de 42 pacientes.

### 6.3 SIMULACION DEL SISTEMA MODIFICANDO LA ENFERMERA

En esta simulación se pensó en aumentar otra enfermera que trasladara a los pacientes a sus habitaciones, teniendo los siguientes resultados.

#### REGISTRO

Se tomaron los datos del sistema actual de 17 minutos promedio para atender a un paciente con una desviación de 5 minutos y con límites inferior y superior de 10 a 20 minutos.

Lo máximo que se puede alcanzar son 22 personas, teniendo un promedio de 3 personas. este promedio no es igual para todos los días, se puede observar en la figura 6.3.1, que en el día 4 el promedio de pacientes en espera fueron 2

El rango menor se dió el día 4 con 7 pacientes, este día se tuvo un promedio con la simulación de un paciente.

En la distribución de la probabilidad del registro notamos que existen altas posibilidades de no encontrarse línea de espera en la mañana. En algunos días se puede uno encontrar con una línea de espera de 22 pacientes.

#### ENFERMERA

Se tomó en cuenta que el promedio de llevar a los pacientes fue de 4 minutos, con desviación de 2 minutos, con límites inferior y superior de 5 y 10 minutos.

En los primeros días nos encontramos sin líneas de espera. En el tercer día existe una línea de espera con un rango máximo de una persona, los rangos van creciendo hasta el décimo día donde el rango alcanza hasta 57

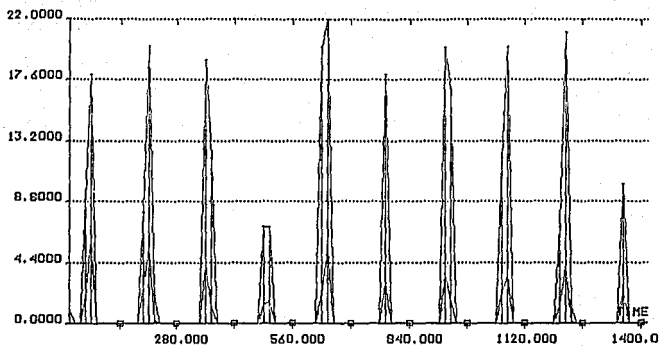


FIG. 6.3.1

Puntos máximos y trayectoria promedio del Registro.

El punto máximo fue de 22 pacientes. El promedio de 3 pacientes.

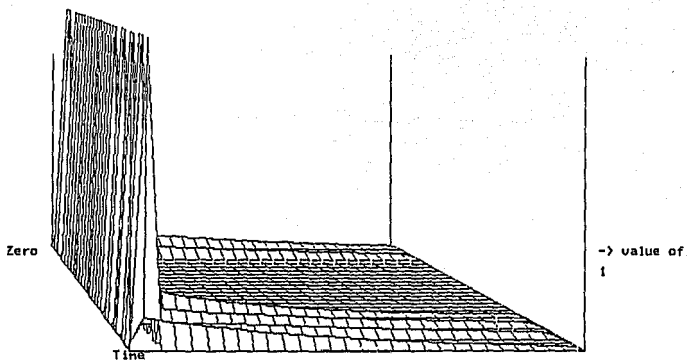


FIG. 6.3.2

Distribución de la probabilidad del Registro.

La máxima línea de espera es de 22 pacientes.

pacientes, sin embargo el promedio es constante de 7 pacientes (FIG 6.3.3).

En la distribución de la probabilidad nos encontramos que los primeros días es muy probable encontrarse con líneas de espera, y los últimos casi se puede apreciar que uno se puede encontrar con una línea de espera ya sea de un paciente a 57 pacientes con la misma probabilidad.(FIG. 6.3.4).

#### CAJA

Se tomaron los datos iniciales los cuales fueron, de promedio se tardan en atender a un paciente media hora, con desviación de 10 minutos, teniendo como límites inferior y superior de 15 minutos a 1 hora.

Los resultados de esta simulación fueron que se forman líneas de espera mayores a medio día. Los rangos mayores se encontraron en el día 10 con 40 pacientes, teniendo como promedio dicho día a 24 pacientes. este promedio fue en general para todos los días como se puede apreciar en la figura 6.3.5.

La distribución de la probabilidad de esta simulación, se puede apreciar en la figura 6.3.6, que aumentan las probabilidades de encontrarse líneas de espera grandes, lo máximo son de 40 pacientes, sin embargo esto no es muy probable. La probabilidad más grande de encontrarse una línea de espera es de 8 pacientes.

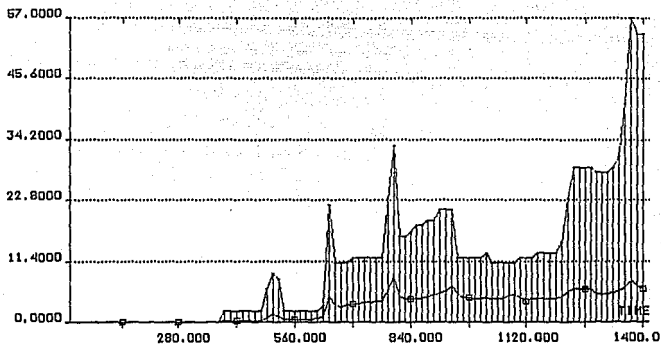


FIG. 6.3.3

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Enfermera.

El máximo rango se da el día 10 con 57 pacientes.  
El promedio es de 7 pacientes.



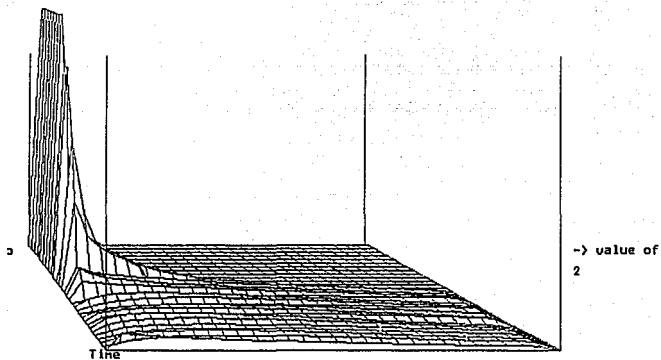


FIG. 6.3.4

Distribución de la probabilidad de la Enfermera.

La línea de espera más larga es de 57 pacientes.

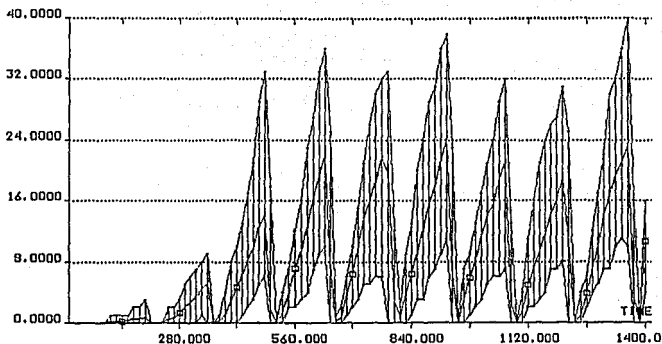


FIG. 6.3.5

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Caja.

El máximo rango se encontró el día 10 con 40 pacientes, el promedio es de 24 pacientes.

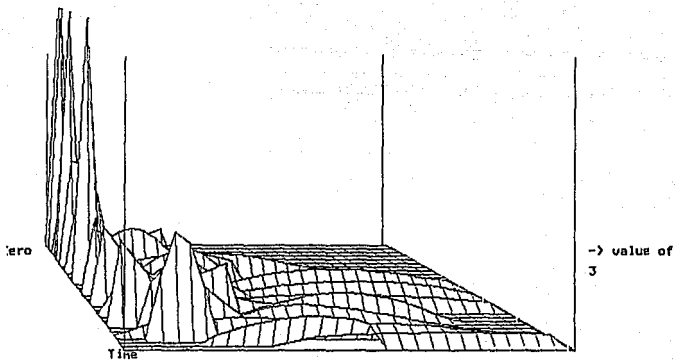


FIG. 6.3.6

Distribución de la probabilidad de la Caja.

La línea de espera máyor es de 40 pacientes.

#### 6.4 SIMULACION DEL SISTEMA MODIFICANDO LA SALIDA

Para esta simulación se pensó en agilizar la salida, esto es implementar un método donde los pacientes tengan todo lista para pagar y desocupar más rápido los cuartos. En la simulación se tomó que el promedio de cada paciente para desocupar el cuarto es de media hora, con una desviación de media hora con límites superior e inferior de 10 minutos y 1 hora.

Los resultado fueron los siguientes.

##### REGISTRO

Se tomaron los datos del sistema actual de 17 minutos promedio para atender a un paciente con una desviación de 5 minutos y con límites inferior y superior de 10 a 20 minutos.

El rango máximo se dió el primer día donde se presentó una línea de espera de 32 pacientes, el segundo rango mayor fue de 30 pacientes, el cual se presentó el día 8.

Los promedios fueron bajos, ya que a excepción del primer día el promedio fue menor a 6 pacientes en espera.(FIG. 6.4.1).

La distribución de la probabilidad se mantuvo muy alta para encontrarse líneas de espera. Esto se puede observar en la figura 6.4.2, donde casi todos los días presentan probabilidades muy altas de no encontrarse líneas de espera. Se encuentran dos líneas de espera muy largas de 32 pacientes, pero con pocas probabilidades de presentarse.

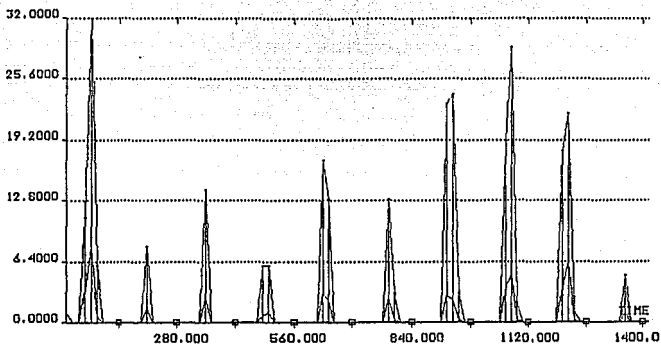


FIG. 6.4.1

Puntos máximos y trayectoria promedio del Registro.

El punto máximo fue de 32 pacientes. El promedio de 2 pacientes.

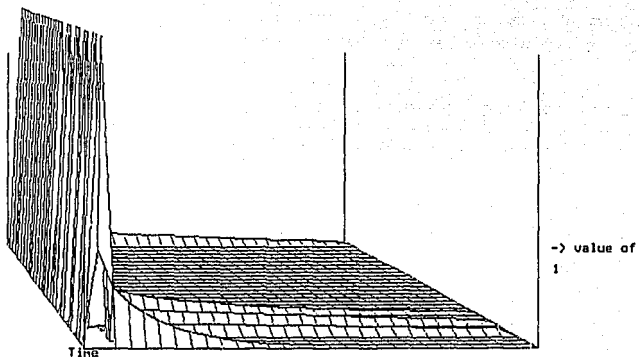


FIG. 6.4.2

Distribución de la probabilidad del Registro.

La máxima línea de espera es de 32 pacientes.

## ENFERMERA

Se consideró el tiempo normal de la enfermera que se toma para trasladar a un pacientes que es en promedio siete minutos, con desviación de de 1 minuto y límites inferior y superior de 5 a 12 minutos.

En la figura 6.4.3 muestra que la línea de espera mayor se dió el día 9, en general el promedio fue de un paciente, pero en los últimos 3 días creció hasta 5 pacientes.

La distribución de la probabilidad de la enfermera muestra que los últimos días es poco probable no encontrarse con líneas de espera. Esto se puede apreciar en la figura 6.4.5

## CAJA

Se tomaron los datos iniciales los cuales fueron, de promedio se tardan en atender a un paciente media hora, con desviación de 10 minutos, teniendo como límites inferior y superior de 15 minutos a 1 hora.

Sigue teniendo rangos amplios que alcanzan hasta 44 pacientes en espera, esto se puede ver en la figura 6.4.5, donde el promedio es de 15 a 18 pacientes. El rango menor se encuentra los primeros días, donde el promedio es de 1 ó 3 pacientes, con rangos de 2 a 9 pacientes.

La distribución de la probabilidad es muy variada, sin embargo existen probabilidades considerables de encontrarse líneas de espera hasta de 44 pacientes como lo muestra la figura 6.4.6.

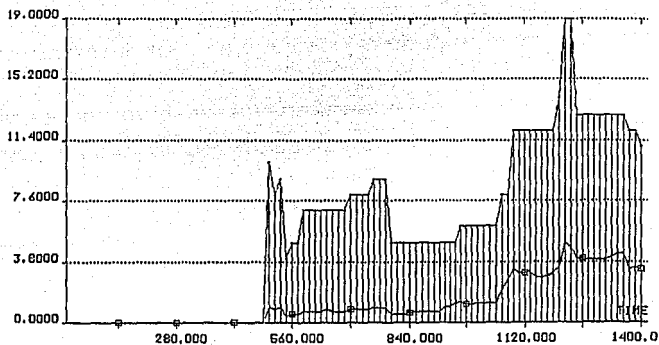


FIG. 6.4.3

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Enfermera.

El máximo rango se da el día 9 con 19 pacientes. El promedio es de 2 pacientes.



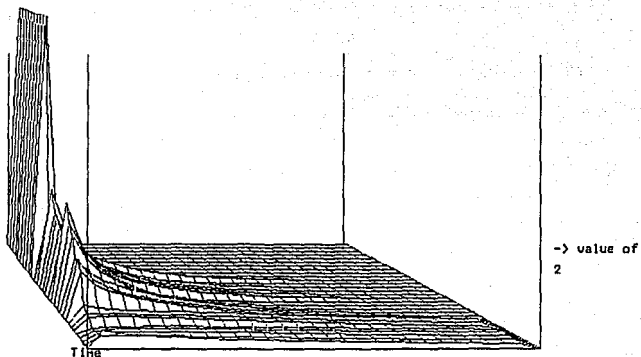


FIG. 6.3.4

Distribución de la probabilidad de la Enfermera.

La línea de espera más larga es de 19 pacientes.

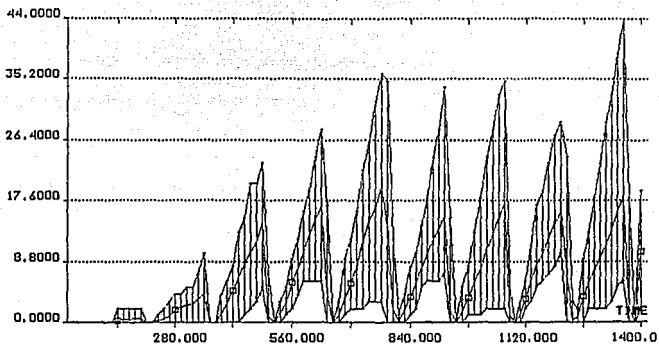


FIG. 6.4.5

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Caja.

El máximo rango se encontró el día 10 con 44 pacientes, el promedio es de 17 pacientes.

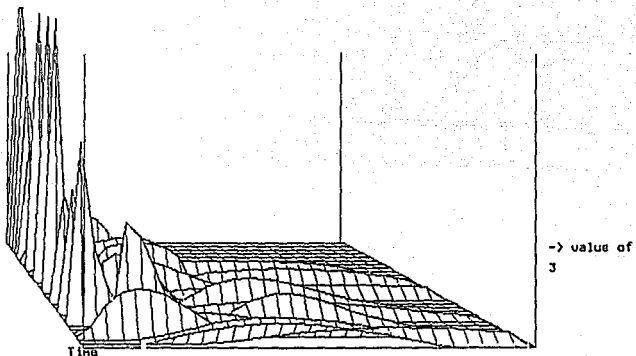


FIG. 6.4.6

Distribución de la probabilidad de la Caja.

La línea de espera máyor es de 44 pacientes.

## 6.5 SIMULACION DEL SISTEMA MODIFICANDO EL HORARIO DE LA CAJA.

En este experimento se aumentó el tiempo límite en que los pacientes puedan pagar. El horario nuevo que se implantó para la simulación fue de 8:00 am a 8:00 pm. Los resultados fueron los siguientes.

### REGISTRO

Se tomaron los datos del sistema actual de 17 minutos promedio para atender a un paciente con una desviación de 5 minutos y con límites inferior y superior de 10 a 20 minutos.

Los rangos fueron altos, mientras que los promedios bajos como lo muestra la figura 6.5.1. Los rangos tendieron a ser mayores de 10 pacientes en espera, el rango mayor se dió el día 9 donde alcanzó hasta 26 personas, el rango menor se dió de 6 pacientes.

Los promedios fueron de 6 pacientes en 2 días y en los demás fueron de tres.

La distribución de la probabilidad muestra en la figura 6.5.2, que en casi todos los días es muy probable no encontrar líneas de espera, existen pocas probabilidades de encontrarse alguna, sin embargo si se da el caso puede uno encontrar hasta 26 pacientes.

### ENFERMERA

Se consideró el tiempo normal de la enfermera que se toma para trasladar a un pacientes que es en promedio siete minutos, con desviación de de 1 minuto y límites inferior y superior de 5 a 12 minutos.

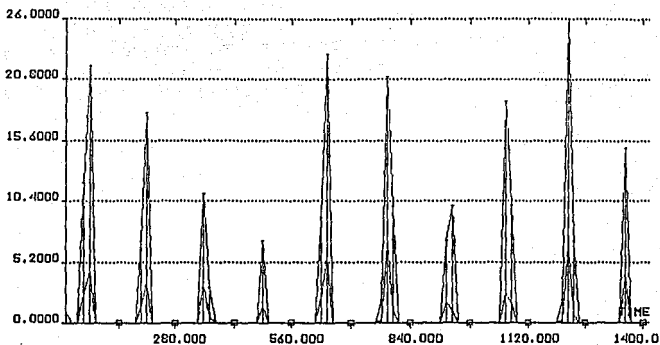


FIG. 6.5.1

Puntos máximos y trayectoria promedio del Registro.

El punto máximo fue de 26 pacientes. El promedio de 3 pacientes.

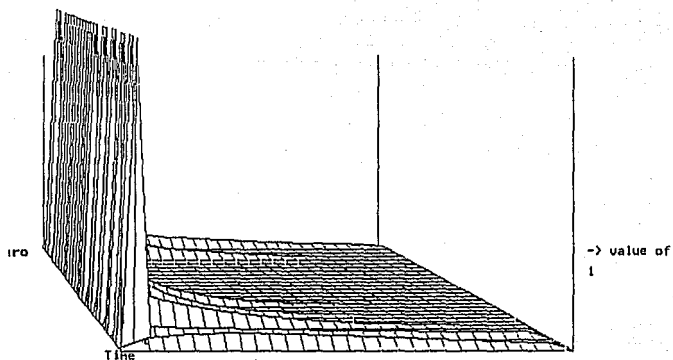


FIG. 6.5.2

Distribución de la probabilidad del Registro.

La máxima línea de espera es de 26 pacientes.

Se encontraron rangos hasta de 22 pacientes en el día 6, en los primeros días los rangos fueron de cero. El promedio fue de 4 pacientes, aunque se observa en la figura 6.5.3, que el promedio va creciendo.

La distribución de la probabilidad de ésta trayectoria, mostrada en la figura 6.5.4, muestra que sólo los primeros días es probable no encontrarse con líneas de espera, y los demás días existen pocas probabilidades de que exista cualquier línea de espera, esto es debido a la variabilidad de la demanda.

#### CAJA

Se tomaron los datos iniciales los cuales fueron, de promedio se tardan en atender a un paciente media hora, con desviación de 10 minutos, teniendo como límites inferior y superior de 15 minutos a 1 hora.

Se observa otro tipo de trayectoria, comparándola con las anteriores, el rango mayor se da el séptimo día donde se encuentran 31 pacientes en espera, para ese día el promedio es de 12 pacientes. Los promedios varían de acuerdo al día, estos van creciendo, teniendo el primer día un promedio de un paciente, y terminando el décimo día con 17 pacientes.

La distribución de la probabilidad nos muestra que ahora tenemos mayores probabilidades de encontrarnos sin líneas de espera o bien con pocos pacientes esperando. Esto se puede observar en la figura 6.5.6.

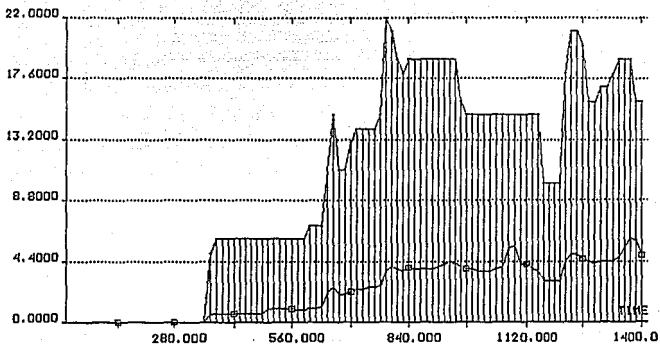


FIG. 6.5.3

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Enfermera.

El punto máximo fue de 22 pacientes. El promedio de 4 pacientes.



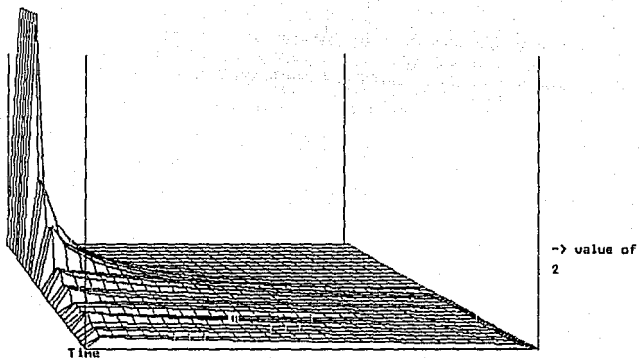


FIG. 6.5.4

Distribución de la probabilidad de la Enfermera.

La línea de espera más larga es de 22 pacientes.

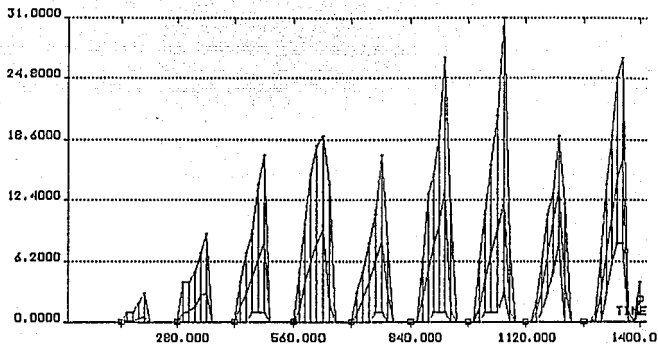


FIG. 6.5.5

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Caja.

El punto máximo fue de 31 pacientes. El promedio de 10 pacientes.

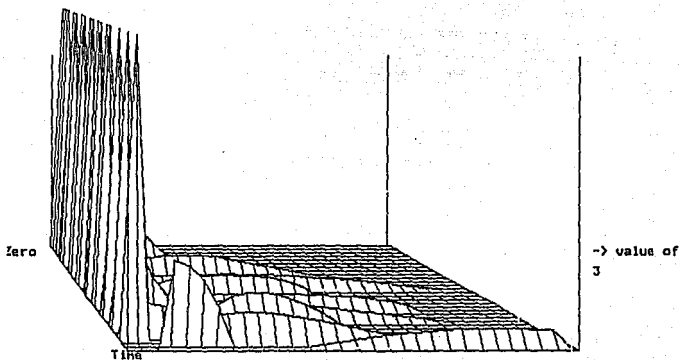


FIG. 6.5.6

Distribución de la probabilidad de la Caja.

La línea de espera mayor es de 31 pacientes.

## 6.6 SIMULACION DEL SISTEMA AUMENTANDO UNA CAJA.

Esta simulación consistió en aumentar al sistema actual una caja en el sistema de pago, de tal forma que se tuvieran cuatro cajas en total. El horario de las cajas se consideró el actual teniendo como límite las 12:30 am para poder pagar sin ningún cargo.

Los resultados fueron los siguientes.

### REGISTRO

Se tomaron los datos del sistema actual de 17 minutos promedio para atender a un paciente con una desviación de 5 minutos y con límites inferior y superior de 10 a 20 minutos.

El rango mayor fue de 24 pacientes, segundo que le sigue fue de 22 pacientes, el menor fue de 4 pacientes. Los promedios de los pacientes fueron de 4 pacientes exceptuando el noveno día el cual fue de 8 pacientes.(FIG. 6.6.1).

La distribución de la probabilidad mostrada en la figura 6.6.2, se puede apreciar que son altas las posibilidades de no encontrarse líneas de espera o bien que sean muy cortas.

### ENFERMERA

Se consideró el tiempo normal de la enfermera que se toma para trasladar a un pacientes que es en promedio siete minutos, con desviación de 1 minuto y límites inferior y superior de 5 a 12 minutos.

La figura 6.6.3, nos muestra como los rangos de los cinco primeros días es muy pequeña. En esta trayectoria

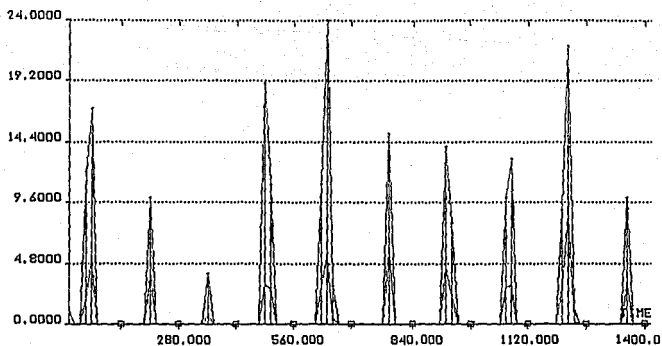


FIG. 6.6.1

Puntos máximos y trayectoria promedio del Registro.

El punto máximo fue de 24 pacientes. El promedio de 3 pacientes.

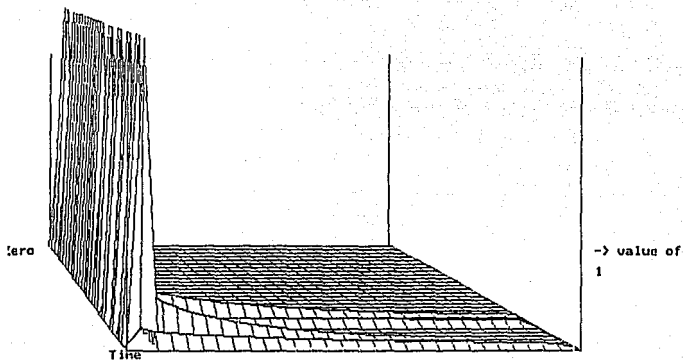


FIG. 6.6.2

Distribución de la probabilidad del Registro.

La máxima línea de espera es de 24 pacientes.

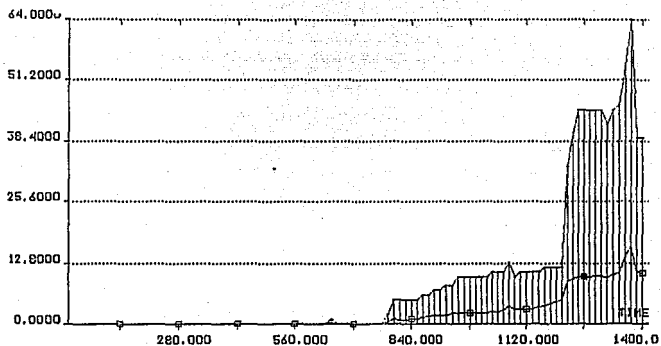


FIG. 6.6.3

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Enfermera.

El punto máximo fue de 64 pacientes. El promedio de 3 pacientes.

tenemos un fenómeno de encontrarnos un rango de 64 pacientes para el día 10, este día tiene un promedio de 13 pacientes.

Los promedios son muy bajos, sólo el día 10 sube a 13 pacientes, esto es debido al rango tan grande que se presentó.

En la distribución de la probabilidad, comprobamos que la probabilidad de encontrarnos una línea de espera tan grande es casi cero. Aunque tenemos que recordar que aunque tengamos en ocasiones una probabilidad de cero teóricamente, en la realidad puede darse el caso de que se dé. La distribución de la probabilidad se muestra en la figura 6.3.4.

#### CAJA

Se tomaron los datos iniciales los cuales fueron, de promedio se tardan en atender a un paciente media hora, con desviación de 10 minutos, teniendo como límites inferior y superior de 15 minutos a 1 hora.

Esta trayectoria tiene forma de picos como se puede observar en la figura 6.6.5, teniendo como rango mayor a 37 pacientes en espera. Los promedios que son los cuadritos que muestra la figura están abajo de siete pacientes, y el promedio de la hora pico que son las 12:30 se encuentra de 15 a 23 pacientes.

La distribución de la probabilidad nos muestra como es casi homogéneo encontrarse líneas de espera grandes para los últimos días. En los primeros días vemos como es probable no encontrarse con líneas de espera o bien con pocos pacientes. (FIG. 6.6.6).



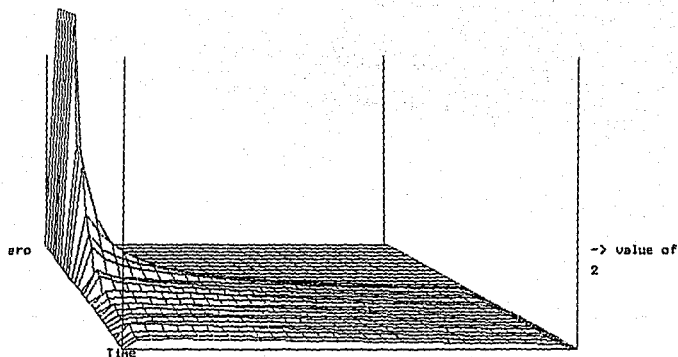


FIG. 6.6.4

Distribución de la probabilidad de la Enfermera.

La línea de espera más larga es de 64 pacientes.

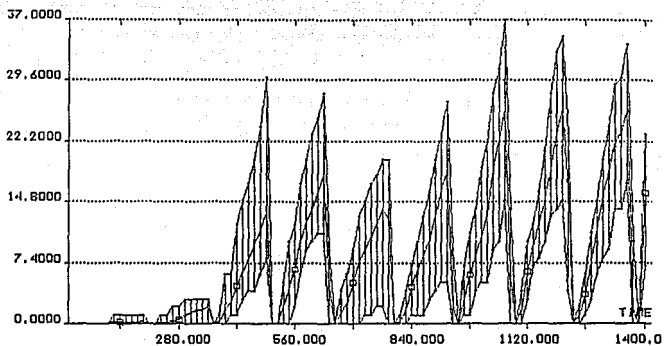


FIG. 6.6.5

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Caja.

El punto máximo fue de 37 pacientes. El promedio de 16 pacientes.

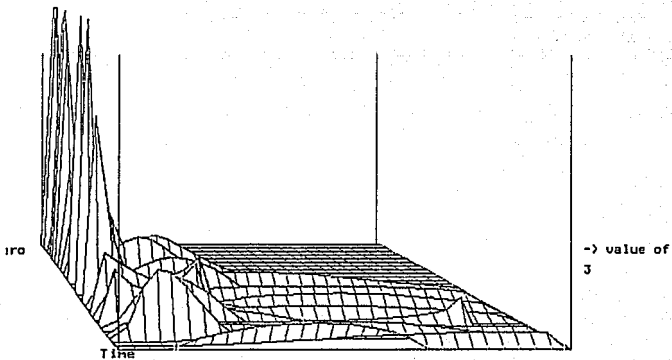


FIG. 6.6.6

Distribución de la probabilidad de la Caja.

La línea de espera mayor es de 37 pacientes.

## 6.7 SIMULACION DEL SISTEMA AUMENTANDO UNA CAJA Y MODIFICANDO EL HORARIO.

La siguiente simulación consistió en tener una cuarta caja en el sistema de pago y además aumentar el límite de tiempo de los pacientes para pagar. El horario que se manejó fue de 8:00 A.M. a 8:00 P.M. De esta combinación de factores se encontró lo siguiente :

### REGISTRO

Se tomaron los datos del sistema actual de 17 minutos promedio para atender a un paciente con una desviación de 5 minutos y con límites inferior y superior de 10 a 20 minutos.

Se presentan líneas de espera a lo largo de los 10 días de simulación (figura 6.7.1), en todos los días se presentan como puntos máximos, líneas de espera mayores de 12 pacientes, el punto máximo mayor se presentó el día 10 con 32 pacientes. El promedio, es de 2 pacientes, este promedio que se presentó es uniforme donde no existen grandes variaciones, esto implica que puede ser confiable el promedio para tomar decisiones.

Con respecto a la distribución de la probabilidad, los últimos días se presentan pocas probabilidades de encontrarnos con líneas de espera largas, hasta de 32 pacientes.

### ENFERMERA

Se consideró el tiempo normal de la enfermera que se toma para trasladar a un pacientes que es en promedio siete minutos, con desviación de de 1 minuto y límites inferior y superior de 5 a 12 minutos.

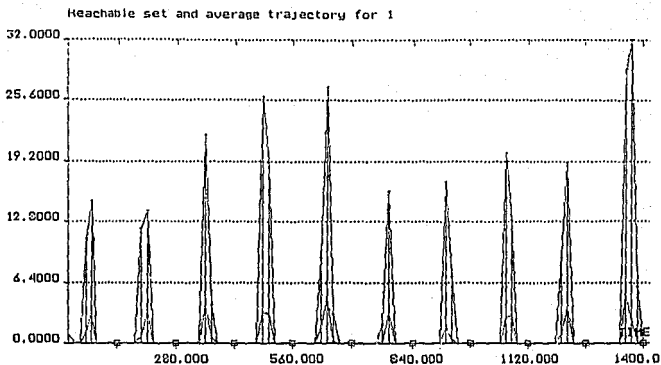


FIG. 6.7.1

Puntos máximos y trayectoria promedio del Registro.

El punto máximo es de 32 pacientes. El promedio es de 2 pacientes.

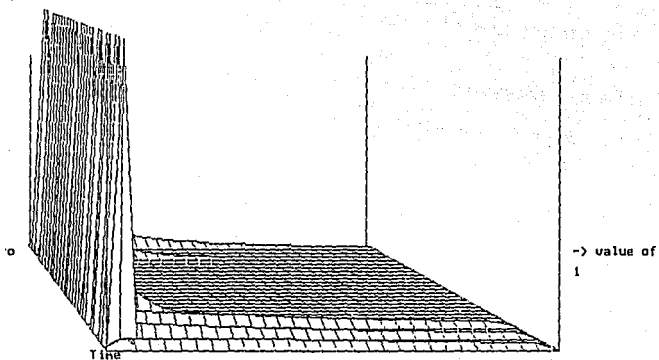


FIG. 6.7.2

Distribución de la probabilidad del Registro.

La línea de espera mayor es de 32 pacientes.

Las líneas de esperan se empiezan a formar desde el cuarto día, donde alcanza con un rango de 8 pacientes (figura 6.7.3), el promedio el cuarto día empieza con menos de un paciente, y después se va incrementando hasta siete pacientes, después baja a 5 pacientes en el día 10, dando la impresión de que tiende a estabilizarse.

La distribución de la probabilidad, que se presenta en la figura 6.7.4, muestra bastantes probabilidades de no encontrarse líneas de espera los primeros días y pocas de encontrarnos los últimos.

#### CAJA

Se tomaron los datos iniciales los cuales fueron, de promedio se tardan en atender a un paciente media hora, con desviación de 10 minutos, teniendo como límites inferior y superior de 15 minutos a 1 hora.

En esta simulación nos encontramos que todavía siguen existiendo puntos máximos de 25 pacientes en espera, sin embargo el promedio en general es de 7 pacientes. Este promedio no es uniforme, dado que nos encontramos con días con promedio menor a cinco pacientes y después promedios de quince pacientes. (figura 6.7.5)

La distribución de la probabilidad de la caja, mostrada en la figura 6.7.6, muestra que existen mayores probabilidades de encontrarnos líneas de espera, sin embargo existen a la vez probabilidades de no encontrarnos líneas de espera.

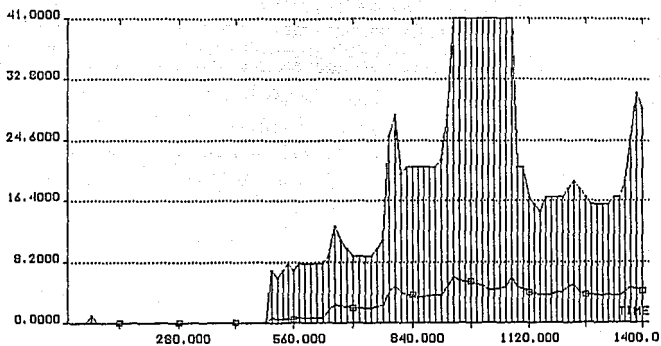


FIG. 6.7.3

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Enfermera.

El punto máximo es de 41 pacientes. el promedio es de 3 pacientes.



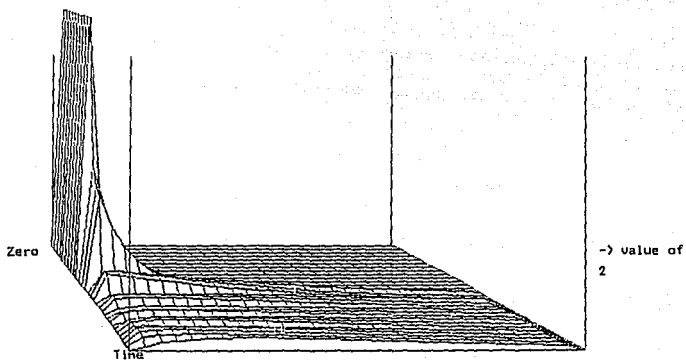


FIG. 6.7.4

Distribución de la probabilidad de la Enfermera.

La línea de espera mas larga es de 41 pacientes.

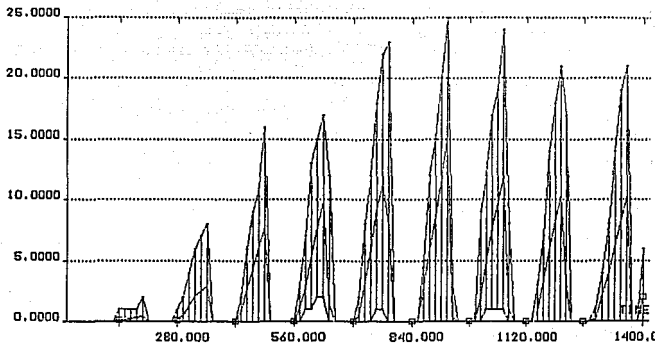


FIG. 6.7.5

Puntos máximos y trayectoria promedio de la Caja.

El punto máximo es de 25 pacientes. El promedio es de 7 pacientes.

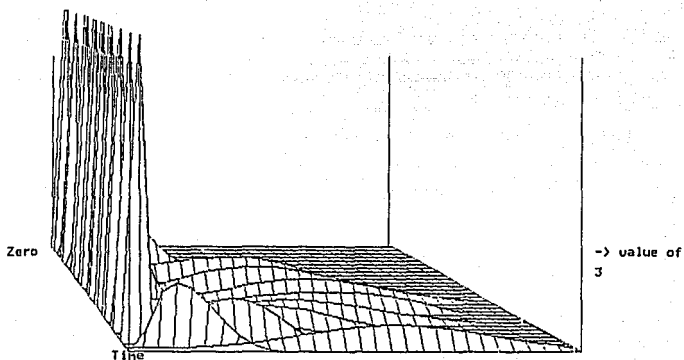


FIG. 6.7.6

Distribución de la probabilidad de la Caja.

la línea de espera más larga es de 7 pacientes.

## 6.8 CAMBIOS PROPUESTOS PARA MEJORAR EL SERVICIO

De acuerdo a las simulaciones anteriores, encontramos los siguientes resultados:

SIMULACION	PUNTOS MÁXIMOS			
	REGISTRO	ENFERMERA	CAJA	TOTAL
SISTEMA ACTUAL	29	34	42	105
REGISTRO	25	22	42	89
ENFERMERA	22	57	40	119
SALIDA	32	19	44	95
HORARIO DE CAJA	26	22	31	79
AUMENTANDO UNA CAJA	24	64	37	125
AUMENTANDO UNA CAJA Y MODIFICANDO HORARIO	32	41	25	98

SIMULACION	REGISTRO	PROMEDIO		
		ENFERMERA	CAJA	TOTAL
SISTEMA ACTUAL	3	4	16	23
REGISTRO	3	3	16	22
ENFERMERA	3	7	24	34
SALIDA	2	2	17	21
HORARIO DE CAJA	3	4	10	17
AUMENTANDO UNA CAJA	3	3	16	22
AUMENTANDO UNA CAJA Y MODIFICANDO HORARIO	2	3	7	12

Con las tablas anteriores podemos observar que con relación a los puntos máximos, la simulación que menos tuvo fue la simulación modificando el horario de la caja, donde se aumentó el horario límite de 8:00 A.M. a 8:00 P.M.

En la tabla de los promedios encontramos que el menor fue en la simulación donde se aumenta una caja y se modifica el horario de las cajas. La diferencia es poca con relación del cambio del horario sólomente.

Otro punto importante que aparece en la simulación, es que, en la simulación donde se modifica el sistema de la salida, y se reduce el tiempo en que los pacientes tardan el salir, tuvo cambios importantes en relación al tiempo que los pacientes esperan ser trasladados a sus habitaciones por la enfermera. Siendo de alguna forma más importante que el tiempo que esperan para registrarse. En esta simulación se obtuvo el promedio más bajo, en comparación con las demás, inclusive de la simulación donde se aumenta una enfermera para trasladar a los pacientes.

Es bueno tener en cuenta los puntos máximos, ya que nos dan una idea de que se tiene que hacer un estudio mas profundo de la demanda del hospital para poder en dado caso disminuirlos y tener una probabilidad con rangos menores en los intervalos de confianza. Por lo que ahora, al no tenerlos los puntos máximos, salieron muy altos, como es el caso de la enfermera en la simulación donde se aumenta una caja.

En el promedio podemos confiar más, ya que se toman varias simulaciones para sacarlo.

Tomando estas consideraciones, lo conveniente sería el aumentar una caja y aumentar el horario límite que se tiene. Ahora bien, se deben de considerar las políticas del hospital, y descubrir por qué se han tomado estas medidas, si esto no es posible, se puede también pensar en buscar un sistema donde los pacientes desocupen el cuarto más rápido, esto puede solucionarse de pasar a los pacientes a otra área para pagar o darles un vale de salida.

## CONCLUSIONES

Esta tesis busca comprobar como ciertos problemas de la vida real que tienen muchas variables, por lo que se dificulta diseñarles un modelo matemático para resolverlo, pueden solucionarse por medio de la simulación.

Además existen problemas que aunque se puedan adaptar a un modelo matemático, el costo y el tiempo de realización resulta muy alto, por lo que la simulación resulta la solución ideal.

La simulación está basada en teorías que la sustentan, aunque por la manera en la que se realiza no se requiere ser un experto en muchas de esas áreas, como es el caso de la probabilidad.

En nuestro caso, para resolver un problema de teoría de colas es muy importante tener los conceptos de probabilidad necesarios para saber de qué tipo de distribución se trata, para posteriormente poder aplicar el modelo apropiado. Además, hay ocasiones en las que durante el día hay distintas distribuciones, por lo que para hacer un correcto análisis hay que resolverlo por partes. Es decir, un modelo para cada tipo de distribución.

Sin embargo, la simulación nos permite poder manejarlos con límites de tiempo sin necesidad de saber qué tipo de distribución probabilística es la que manejamos, y solo contando el número de pacientes que entran en el día en los distintos horarios y sus límites. De este modo, al final del análisis, la misma simulación nos dirá cual es la distribución que rige las entradas del día, con la ventaja de haber realizado un trabajo más preciso. Este tipo de simulación es flexible, al no requerir de teorías de probabilidad, pero al momento de

sacar estadísticas, le da a uno la facilidad de escoger el tipo de distribución que tuvo el experimento.

A las ventajas anteriores habrá que sumar el hecho de que por medio de la simulación se pueden proponer distintas soluciones, permitiéndonos evaluar el costo y el resultado de cada una de ellas. Esto es debido a que sólo hay que hacer un pequeño cambio en el sistema y la computadora hace el resto. De este modo tendremos la certeza de que la solución a la que se llega es la que realmente más se aplica a nuestras necesidades. Y con la gran ventaja de que todo se realice en un tiempo breve gracias al apoyo de la computadora.

Cabe mencionar que la simulación es una herramienta muy importante que en la actualidad se está utilizando mucho dada su exactitud y rapidez en los análisis. Sin embargo, debemos recordar que para tener una mayor certeza en los resultados que dé el programa, requiere de hacer un estudio más profundo de la demanda.

Esto significa, que no solamente hay que meter datos a la computadora, sino que hay que hacer un buen estudio de la demanda del hospital, que contenga aspectos como las diferencias de distribución por horas, por días, por meses, etc. Hay expertos que dedican la mayor parte de su estudio a obtener dichos datos y solo una pequeña parte al final a evaluar las distintas alternativas de solución que se pueden obtener, de acuerdo a los resultados que muestra la simulación.

Para realizar un buen trabajo es muy importante utilizar un lenguaje adecuado, que nos dé todas las alternativas que requiramos.

Dentro del presente estudio, se utilizó el lenguaje de simulación de PASION. Este lenguaje nos permitió

programar por objetos. Esto significa que puede simular a cada persona en el sistema con atributos o características particulares que hagan más real la simulación, ya que cada persona en la vida real tiene sus propias características, y desde luego no necesariamente todas cumplen con un patrón de conducta pre-establecido. Esto permite mayor confianza en los resultados.

Esta forma de programar por objetos, se está utilizando actualmente, aunque poca gente la conoce realmente. Dicha técnica nos permite hacer los cambios y correcciones de lo que se está simulando sin tener que alterar la esencia del programa, sino que solo aumentando atributos para cada objeto que se haya simulado.

La simulación por computadora, es aplicable a todo tipo de eventos, y no tiene límite los alcances de su utilización, para diagnosticar oportuna, verazmente y a costos reducidos, el comportamiento de cualquier novedad, por lo que esperamos que esta nueva herramienta de experimentación pueda contribuir poderosamente en nuestra actual difícil realidad a acelerar un cambio, en lo productivo que permita la mejoría económica, la superación personal y la felicidad de los hombres.



## BIBLIOGRAFIA

HILLIER FREDERICK, LIEBERMAN GERALD  
INTRODUCCION A LA INVESTIGACION DE  
OPERACIONES  
CUARTA EDICION  
MAC GRAW HILL  
MEXICO D.F.  
ENERO 1990

MENDENHALL WILLIAM, SCHEAFFER RICHARD Y OTROS  
ESTADISTICA MATEMATICA CON APLICACIONES  
GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA  
MEXICO D.F.  
ABRIL 1990.

NAYLOR THOMAS, BALINTFY JOSEPH Y OTROS  
TECNICAS DE SIMULACION EN COMPUTADORAS  
LIMUSA  
MEXICO D.F.  
AGOSTO 1982.

SHANNON, ROBERT  
SIMULACION DE SISTEMAS  
TRILLAS  
MEXICO D.F.  
MAYO 1988.

COSS BU RAUL  
SIMULACION UN ENFOQUE PRACTICO  
LIMUSA  
MEXICO D.F.  
ENERO 1992.

MEYER PAUL  
PROBABILIDAD Y APLICACIONES ESTADISTICAS  
ADDISON - WESLEY IBEROAMERICANA  
SEGUNDA EDICION  
DELAWARE, EEUU  
1986.

SEYMOUR LIPSCHUTZ  
PROBABILIDAD  
MAC GRAW HILL  
SERIE SCHAUM  
MEXICO D.F.  
ABRIL 1991.

DAVIS ROSCOE, MCKEOWN PATRICK  
MODELOS CUANTITATIVOS PARA ADMINISTRACION  
GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA  
MEXICO D.F.  
1986.

PORTER MICHAEL  
ESTRATEGIA COMPETITIVA  
CECSA  
MEXICO D.F.  
NOVIEMBRE 1991.

GINEBRA JOAN, ARANA DE LA GARZA RAFAEL  
DIRECCION POR SERVICIO, LA OTRA CALIDAD  
MAC GRAW HILL  
MEXICO D.F.  
ENERO 1992.

KOTLER PHILIP  
MERCADOCTECNIA  
PRENTICE HALL  
TERCERA EDICION  
MEXICO D.F.  
1991.

SIMULATION IN HEALTH SCIENCES AND SERVICES  
1993 WESTERN SIMULATION MULTICONFERENCE  
SOCIETY FOR COMPUTER SIMULATION  
LA JOLLA, CALIFORNIA  
ENERO 1993.

MEMORIAS DEL SIMPOSIUM "SIMULACION POR  
COMPUTADORAS EN INGENIERIA INDUSTRIAL Y EN  
LOS PROBLEMAS DE DESARROLLO URBANO"  
UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
MEXICO D.F.  
NOVIEMBRE 1992.

REVISTA "DIRECTORY OF SIMULATION SOFTWARE"  
VOLUMEN 2  
SOCIETY FOR COMPUTER SIMULATION  
SAN DIEGO, CALIFORNIA  
1991.

REVISTA "INDUSTRIAL ENGINEERING"  
VOLUMEN 25 NUMERO 4  
INSTITUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERS  
EEUU.  
ABRIL 1993.

REVISTA "BYTE"  
THE SMALL SYSTEMS JOURNAL  
VOLUMEN 11 NUMERO 8  
MC GRAW - HILL  
EEUU.  
AGOSTO 1986.