

Instituto Tecnológico de Aguascalientes

Departamento de Ing. Industrial

SIMULACION

PROYECTO DEL MODELO DE SIMULACION

Profesor: M.C. Sergio Humberto Romo Picazo

Integrantes del equipo:

Sergio Mata Alvarado

Abraham Durán Parra

Juan Pablo Ramírez Ramírez

Gustavo Adolfo Rangel Briano

Samuel Alejandro García Aguilar

Eduardo Alejandro Martínez Zamora

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.4 LIMITACIONES Y DELIMITACIONES

1.4.1 LIMITACIONES

1.4.2 DELIMITACIONES

CAPITULO 2 MARCO TEORICO

2.1 CONCEPTOS GENERALES DE SIMULACIÓN

2.2 GENERACION DE NUMEROS ALEATORIOS Y VARIABLES ALEATORIAS

2.3 SIMULACIÓN MONTECARLO

2.4 LENGUAJES DE SIMULACION Y SIMULADORES

CAPITULO 3 DESARROLLO

3.1 INTRODUCCIÓN

3.1.1 JORNADA LABORAL DE LOS CAJEROS.

3.1.2 ESTRUCTURA DE ACTIVIDADES EN UNA JORNADA DE TRABAJO (DE CAJEROS).

3.1.3 DURACIÓN DE LA OPERACIÓN.

3.2 DEFINICIÓN DEL SISTEMA BAJO ESTUDIO

3.2.1 LAYOUT.

3.2.2 DIAGRAMAS DEL SISTEMA

3.2.2.1 Diagrama de operaciones

3.2.2.2 Diagrama de flujo de proceso

3.2.2.3 Diagrama de Flujo

3.3 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL SISTEMA.

3.3.1 Análisis de los datos del sistema.

3.3.2 Tamaño de la muestra.

3.3.3 Completar las observaciones faltantes.

3.3.4 Tiempo estándar.

3.3.5 Distribuciones de probabilidad.

3.4 CONSTRUIR EL MODELO

3.5 VALIDAR EL MODELO

3.6 EXPERIMENTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

Resumen ejecutivo

En los supermercados el acumulamiento de clientes en las cajas de cobro representa un problema que se ve reflejado en el tiempo que el cliente pasa en la caja, para nosotros es importante que se brinde un servicio rápido y efectivo, por que al tener un buen sistema de cobro

El presente trabajo engloba todo un análisis de un sistema el cual se ha estudiado desde el planteamiento del problema hasta las conclusiones del modelo.

Con esta investigación se busca que maximizar los recursos humanos así como disminución en los tiempos ya sea de espera y de servicios lo que genera ahorros económicos así como no solo mantener los clientes sino aumentarlos debido a un buen servicio.

La metodología presentada más adelante esta contemplada desde el tiempo que una persona tarda en ser atendido por la cajera así como cada que llega un nuevo cliente a dicha fila este fue nuestras variables principales a estudiar, esto mediante software estadísticos que nos auxiliaron en dicho desarrollo para tener la certeza de como se comportaban tales variables.

También se muestran diagramas de flujo, de proceso y de operaciones esto no solo para que se vea más grafico el proyecto sino que nos ayudan a entender la secuencia de las operaciones más detalladamente para con esto analizarlas de mejor forma y poderlas optimizar.

Para tener una mejor descripción del comportamiento del sistema se realizo una simulación en el software ProModel, mediante el cual se puede tener un control de las mismas variables pero apegándonos a la realidad fundamentándonos en los estudios estadísticos, lo que nos ayudo a lograr una optimización como se muestra en el presente estudio.

Capítulo

1

Introducción.

*Siempre he creído en las metas.,....Ponte una meta y prueba de lograrlo.
Si no funciona, te habrás divertido intentándolo.*

Sam Walton.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Muchas empresas de servicio se enfrentan en la actualidad al problema de las líneas de espera, tal es el caso de BODEGA AURRERA Mariano Hidalgo, ubicada en Av. Mariano Hidalgo, fraccionamiento Poliducto en Aguascalientes, Ags. Dicha tienda cuenta con 19 cajas de cobro de las cuales 5 son de cobro rápido (cajas rápidas), donde los clientes solo pueden llevar un máximo de 5 artículos para poder ser atendidos en estas.

En BODEGA AURRERA Mariano Hidalgo se cuenta con un total de 3 turnos y 27 cajeros, durante todos los días de la semana, el problema surge cuando en los días de mayor demanda (viernes, sábado y domingo según el gerente de unidad Lic. Eduardo Miranda Guerrero) en el turno de cierre de caja (18:00 a 22:00 hrs.) se suscita el mayor congestionamiento de clientes en caja, sin embargo ofrecer un servicio muy rápido o abrir todas las cajas a la vez resultaría muy costoso para la empresa.

Muchos problemas se han resuelto mediante la aplicación de la “Teoría de colas” de las líneas de espera, ya que busca determinar los niveles óptimos de servicio que las organizaciones deben de brindar (Moya Navarro, 1991).

Un factor determinante en el análisis de este tipo de problemas lo constituye la característica de las llegadas, que puede ser controlable o incontrolable (de La Fuente García, 2001).

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

Al implantar el proyecto se determinaran los niveles óptimos de servicio para satisfacer la demanda de atención de los clientes en las cajas rápidas de cobro de BODEGA AURRERA sucursal Mariano Hidalgo con el costo más bajo posible sin desmejorar la calidad del servicio.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Lograr una mayor eficiencia en el aprovechamiento de las áreas de trabajo (cajas).
- Proveer al sistema de gestión cajas nuevos métodos de optimización de tiempos en la atención de los clientes, debido al incremento de los clientes en horas pico.
- Mejorar la metodología de los cajeros en sus puestos de trabajo, estandarizando operaciones y tiempos.
- Fomentar medidas y estrategias de mejora continua en las estaciones de trabajo (cajas) para cumplir la demanda en la hora previamente establecidas.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

El siguiente modelo de simulación pretende determinar los factores involucrados en optimizar el servicio de atención de clientes en las cajas rápidas de cobro de la tienda comercial BODEGA AURRERA sucursal Mariano Hidalgo, puesto que aquí se presenta esta situación con regularidad.

Con la investigación se busca el beneficia a los administradores y gerencia de BODEGA AURRERA Mariano Hidalgo ya que se determinarán los niveles óptimos de servicio de atención de clientes en las cajas rápidas de cobro.

Esta investigación se enfoca en resolver los problemas de llegadas incontrolables de clientes a cajas rápidas de cobro ofreciendo el servicio al más bajo costo posible sin comprometer la calidad del mismo y poder controlar la demanda del servicio de acuerdo a las horas y días de la semana en las que se presente la determinada demanda.

Así ante lo expuesto, ¿BODEGA AURRERA Mariano Hidalgo cuenta con los niveles óptimos de servicio para satisfacer la demanda de clientes en cajas rápidas los días y horario con mayor congestiónamiento de clientes al costo más bajo posible?

Los resultados permitirán minimizar los riesgos en las decisiones estratégicas (Coss Bu, 2003).

1.4 LIMITACIONES Y DELIMITACIONES.

1.4.1 LIMITACIONES

Los gastos considerados para el desarrollo de este proyecto se limitan a las posibilidades económicas de los integrantes del equipo, siendo principalmente gastos de transporte a BODEGA AURRERA Mariano Hidalgo y comida. Así mismo el tiempo invertido para este proyecto se limita a los fines de semana, considerando que cada uno de los integrantes son laboran y estudian actualmente.

1.4.2 DELIMITACIONES

El presente proyecto a realizar comprende el semestre en curso, para la entrega total del proyecto y realizar la evaluación correspondiente a la asignatura. Debido al número limitado de integrantes del equipo (6 integrantes), se hará el muestreo tomando como base alrededor de 100 observaciones repartidas entre los integrantes en cada caja que esté abierta durante las 4 hrs, de toma de información, la gerencia ha indicado la apertura de 4 cajas rápidas máximo por turno.

El proyecto se limita a ejecutarse únicamente para el área de cajas rápidas de BODEGA AURRERA Mariano Hidalgo, ubicada en Av. Mariano Hidalgo, fraccionamiento Poliducto en Aguascalientes, Ags.

El proyecto analiza los elementos propios del sistema de cajas, centrándose únicamente en las cajas 15 a 19 ya que estas cajas de cobro son denominadas “cajas rápidas”, en los días viernes, sábados y domingos de 18:00 a 22:00 hrs. Pues son considerados por el gerente de unidad el Lic. Eduardo Miranda Guerrero como los horarios de mayor congestión de clientes en las cajas anteriormente mencionadas.

Los integrantes del equipo tienen acceso para cronometrar y hacer conteo solamente en el área de cajas previamente mencionadas con un gafete de visitante. Los horarios antes mencionados se ajustan a la disponibilidad de todos los integrantes del equipo.

Marco Teórico.

Recuerda que lo más importante respecto a cualquier empresa, es que los resultados no están en el interior de sus paredes. El resultado de un buen negocio es un cliente satisfecho.

Peter Druker

2.1. CONCEPTOS GENERALES DE SIMULACIÓN

Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema

Robert E. Shannon

La simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo.

Thomas H. Taylor.

Características de la simulación.

La simulación tiene características que la hacen una herramienta de planeación y toma de decisiones poderosa las cuales se mencionan a continuación:

- Captura las interdependencias en el sistema.
- Explica la variabilidad en el sistema.
- Es suficientemente versátil como para modelar cualquier sistema.
- Es menos costos, consume menos tiempo e interrupciones que la experimentación sobre el sistema real.
- Provee información sobre las mediciones de desempeño múltiples.
- Es visualmente atractivo y atrapa el interés de la gente.
- Provee resultados que son fáciles de entender y comunicar.
- Funciona en tiempo comprimido, real o aún retardado.
- Fuerza la atención en el detalle en un diseño.

Aplicaciones en las industrias manufactureras y de servicios:

- Programación del mantenimiento
- Programación de los recursos
- Planeación del flujo de trabajo
- Planeación de la capacidad
- Reducción del tiempo de ciclo
- Programación de la producción
- Optimización del tamaño de lote
- Balanceo de líneas
- Prioridad del trabajo
- Reducción de costos
- Reducción de inventarios
- Análisis del rendimiento total

- Mejoramiento de la productividad
- Análisis de la distribución

Simulación de un sistema de líneas de espera:

Con la técnica de simulación es posible estudiar y analizar sistemas de líneas de espera cuya representación matemática sería muy complicada de analizar. En estos sistemas es posible la llegada al sistema en grupo, la salida de la línea del sistema, el rehusar entrar al sistema cuando la fila es excesivamente grande.

Simulación de un sistema de inversión:

En la gran cantidad de proyectos de inversión existe una incertidumbre con respecto a los flujos de efectivo que el proyecto genera a las tasas de interés, a las tasas de inflación.

Sistema

Un sistema se define como una colección de elementos que funcionan juntos para lograr una meta deseada (Blanchard, 1991). Los puntos clave en esta definición incluyen el hecho de que un sistema consiste de elementos múltiples. Estos elementos están interrelacionados y funcionan en cooperación. Un sistema existe para el propósito de lograr objetivos específicos.

La simulación consiste en entidades, actividades, recursos y controles, estos elementos definen el quién, qué, cuándo y cómo.

Entidades

Las entidades son los ítems procesados a través del sistema, tales como productos, clientes y documentos. Entidades diferentes pueden tener características únicas tales como costo, forma, prioridad, calidad o condición.

Las entidades pueden subdividirse en los siguientes tipos:

- Humana o animadas (clientes, pacientes, etc.).
- Inanimadas (partes, documentos, recipientes, etc.).
- Intangibles (llamadas, correo electrónico, etc.).

Los recursos son los medios mediante los cuales las actividades son realizadas.

Proporcionan las instalaciones de apoyo, el equipo y el personal que esta realizando las actividades.

Tiene una clasificación igual a las entidades que es la siguiente:

- Humana o animadas (clientes, pacientes, etc.).
- Inanimadas (partes, documentos, recipientes, etc.).
- Intangibles (llamadas, correo electrónico, etc.).

Controles

Dictan *cómo, cuándo y dónde* las actividades son realizadas, los controles imponen orden en el sistema.

Algunos ejemplos de control son los siguientes:

Secuencias de ruta

Planes de producción

Programas de trabajo

Hojas de instrucción.

Prioridad de tareas

Variables del sistema

Diseñar un nuevo sistema o mejorar un sistema existente requiere más que simplemente identificar los elementos y metas de desempeño del sistema. Requiere de un entendimiento de cómo los elementos del sistema afecta a otros y a los objetivos de desempeño globales.

Para comprender estas relaciones, debemos entender los tres tipos de variables del sistema:

1. Variables de decisión
2. Variables de respuesta
3. Variables de estado

Modelos

Existen distintos tipos de *modelos de simulación* que permiten representar situaciones reales de diferentes tipos. La manera en que la simulación funciona está basada enormemente en el tipo de simulación usado. Hay muchas maneras de clasificar la simulación. Algunas de las más comunes incluyen:

- *Estática o dinámica*
- *Estocástica o determinista*
- *Evento discreto o continua*

Diferencia entre tipos de modelos

- ***Simulación estática versus dinámica.*** Una simulación *estática* es una que no está basada en el tiempo. Con frecuencia involucra extracciones de muestras aleatorias para generar una salida estadística, esto es llamado algunas veces simulación *Monte Carlo*. En finanzas, la simulación Monte Carlo es usada para seleccionar unos portafolios de acciones y valores. Dado unos portafolios con dividendos probabilistas diferentes, es posible generar un rendimiento esperado.

La simulación *dinámica* incluye el paso del tiempo. Observa los cambios de estado a medida que éstos ocurren en el tiempo. Un mecanismo de reloj se adelanta en el tiempo y las variables de estado son actualizadas a medida que el tiempo avanza. La simulación dinámica es apropiada para analizar sistemas de manufactura y servicios ya que opera en el tiempo.

- ***Simulación estocástica versus determinista.*** La simulación en las que una o más variables de entrada son aleatorias son referidas como simulaciones *estocásticas* o *probabilistas*. Una simulación probabilista produce una salida que por sí misma es aleatoria y por lo tanto da solamente un dato punto de cómo el sistema podría comportarse.

Las simulaciones que no tienen componentes de entrada que sean aleatorios se dice que son *deterministas*. Los modelos de simulación deterministas son contruidos de la misma forma que los modelos estocásticos excepto que no contienen aleatoriedad. En una simulación

determinista, todos los estados futuros son determinados una vez que los datos de entrada y un estado inicial han sido definidos.

2.2 GENERACIÓN DE NÚMEROS ALEATORIOS Y VARIABLES ALEATORIAS.

En cualquier experimento de simulación, como también en la mayoría de los experimentos de muestreo. La utilización de números aleatorios se lleva a cabo desde hace mucho tiempo, los primeros métodos para ello se desarrollaron en torno de la creación de algún dispositivo físico que funcionaba de modo que, una aguja se detuviera en un número que se inscribía en una tabla. Las computadoras abrieron un nuevo horizonte para el desarrollo de esos números aleatorios.

Los números aleatorios son un ingrediente básico en la simulación de casi todos los sistemas discretos. La mayoría de los lenguajes tienen una subrutina o función que generara un número aleatorio. Similarmente, los lenguajes de simulación generarán un número aleatorio. Similarmente los lenguajes de simulación generan números aleatorios que son usados para generar los tiempos de eventos y otras variables aleatorias.

Estrictamente hablando, los números generados por una computadora no se deben llamar números aleatorios porque son predecibles y se pueden reproducir. Por lo tanto reciben nombres de pseudo aleatorios.

Propiedades de los números aleatorios.

Una secuencia de números aleatorios debe tener dos propiedades estadísticas importantes: uniformidad e independencia. Cada número aleatorio R_1 es una muestra independiente proveniente de una distribución continua uniforme entre cero y uno, es decir, la función de densidad de probabilidad está dada por:

$$f(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{de otra forma} \end{cases}$$

El valor esperado de cada R_1 esta dado por:

$$E(R) = \int_0^1 x \, dx = \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^1 = \frac{1}{2}$$

Y la varianza está dad por

$$V(R) = \int_0^1 x^2 \, dx - [E(R)]^2 = \left[\frac{x^3}{3} \right]_0^1 - \left(\frac{1}{2} \right)^2 = \frac{1}{3} - \frac{1}{4} = \frac{1}{12}$$

Propiedades de los números pseudo aleatorios.

“Pseudo” significa falso, en este caso se usa para indicar que el solo hecho de generar números aleatorios mediante un método conocido remueve el potencial de la aleatoriedad verdadera. Si el método es conocido el conjunto de número aleatorios puede replicarse. Entonces puede argumentarse que los números no son ciertamente aleatorios.

La meta es producir una secuencia de números entre cero y uno con las propiedades ideales de la distribución uniforme e independencia tan cercanamente como es posible.

Al generar números pseudo aleatorios deben evitarse algunos errores como los siguientes:

- Los números generados pueden estar distribuidos uniformemente
- Los números generados pueden ser discretos en lugar de continuos
- La media de los números generados puede ser muy alta o muy baja
- La varianza de los números generados puede ser muy alta o muy baja
- Pudiera haber variaciones cíclicas, tales como:
 - a. Autocorrelación entre los números
 - b. Números sucesivamente mas altos o mas bajos que los números adyacentes
 - c. Varios números arriba de la media seguidos de varios números debajo de la media.

Tipos de algoritmos para generar números pseudo aleatorios

- Métodos congruenciales
 - Algoritmo de cuadrados medios

Este algoritmo no congruencial requiere de un numero entero detonador (llamado semilla) con D dígitos.

1 seleccionar una semilla (X_0) con D dígitos ($D > 3$).

2 sea (X_0) = resultado de elevar X_0 al cuadrado sea X_1 = los D dígitos del centro, y sea $r_1=0$, D dígitos del centro.

3 Sea Y_i = resultado de elevar X_j al cuadrado; sea X_{i+1} = los D dígitos del centro, y sea $r_i=0$, D dígitos del centro para toda $i= 1,2,3....n$

4 Repetir el paso 3 hasta obtener los n números r_i deseados

- Algoritmo de multiplicador constante

Este algoritmo es similar de productos medios y sigue los pasos que a continuación se describen:

- 1 seleccionar una semilla X_0 con D dígitos ($D > 3$)
- 2 seleccionar una constante (a) con D dígitos ($D > 3$)
- 3 Sea $Y_0 = a \cdot X_0$; sea X_1 = los D dígitos del centro, y sea $r_i = 0$ D dígitos del centro
- 4 Sea $Y_0 = a \cdot X_0$; sea X_{i+1} = los D dígitos del centro, y sea $r_{i+1} = 0$ D dígitos del centro para toda $i = 1, 2, 3, \dots, n$

- Métodos de Congruencia

Están basados en el álgebra de congruencias, entre ellos se encuentran: algoritmo lineal, algoritmo de congruencia multiplicativo, algoritmo de congruencia aditivo, algoritmo de congruencia cuadrático.

- Algoritmo congruencia lineal

Fue propuesto inicialmente por Lehmer (1951). Produce una secuencia de enteros por medio de la siguiente ecuación:

$$X_{i+1} = (a X_i + c) \bmod(m) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Al valor inicial X_0 se le llama semilla, a es la constante multiplicativa, c es la constante aditiva y m es el módulo, $X_0 > 0, a > 0, c > 0$ y $m > 0$. La operación “mod m” significa multiplicar X_i por a, sumar c y dividir el resultado entre m para obtener el residuo X_{i+1} . La ecuación recursiva del algoritmo de congruencia lineal genera una secuencia de números $S = \{0, 1, 2, 3, \dots, m-1\}$ y que para obtener números pseudo aleatorios en el intervalo (0,1) se requiere:

$$r_1 = \frac{X_i}{m-1}$$

- Algoritmo congruencia cuadrático.

Este algoritmo tiene la siguiente ecuación recursiva:

$$X_{1+i} = (aX_i^2 + bX_i + c) \bmod(m) \quad i=1,2,3,\dots,n$$

Los números r_i pueden ser generados por $r_i = \frac{X_i}{(m-1)}$

Pruebas de aleatoriedad

Prueba de medias

Una de las propiedades que deben de cumplir los números del conjunto r_i , es el valor esperado igual a .5. La prueba que busca determinar lo anterior con las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu = 0.5$$

$$H_1: \mu \neq 0.5$$

Consiste en determinar el promedio de los n números que contiene el conjunto r_i , mediante la ecuación siguiente:

$$r = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n r_i$$

Posteriormente se calculan los límites con las siguientes ecuaciones:

$$Llr = \frac{1}{2} Z \frac{\infty}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{12n}} \right)$$

Prueba de varianzas

Consiste en verificar si los números aleatorios generados tienen una varianza de $1/12$ con las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma^2 r_i = \frac{1}{12}$$

$$H_1: \sigma^2 r_i \neq \frac{1}{12}$$
 Calcule la varianza de los n números generados:

$$V(r) = \frac{1}{12}$$

Posteriormente se calculan los límites con las siguientes ecuaciones:

$$LIV(r) = \frac{X^2 \frac{\infty}{2} n - 1}{12(n-1)}$$

$$LIV(r) = \frac{X^2 1 - \frac{\infty}{2} n - 1}{12(n-1)}$$

Pruebas de uniformidad

Una de las propiedades más importantes que debe cumplir un conjunto de números r_i es el de la uniformidad. Para comprobar su acatamiento se han desarrollado pruebas como las de Chi-cuadrada y la de Kolmogorov- Smirnov en las que se aplican las siguientes hipótesis:

H_0 : r_i se distribuye uniformemente (0, 1)

H_1 : r_i no se distribuye uniformemente (0, 1)

Pruebas de Chi- cuadrada:

Como se menciono anteriormente se trabaja con las mismas hipótesis que en la de Kolmogorov- Smirnov y el procedimiento es el siguiente:

- 1.- Generar la muestra de números aleatorios de tamaño n
- 2.- Subdividir el intervalo (0,1) en m subintervalos
- 3.- Para cada subintervalo contar la frecuencia observada FOi y calcular la frecuencia esperada FEi de números aleatorios, la cual se obtiene dividiendo n/m
- 4.-Se calcula el estimador

$$c = \sum_{i=1}^m \dots$$

Prueba de kolmogorov- smirnov

Se aplica a conjuntos ri, pequeños, por ejemplo n<20. El procedimiento es el siguiente:

- 1.- Ordenar de menos a mayor los números del conjunto ri

$$r_1 \leq r_2 \leq r_3 \leq \dots \leq r_n$$

- 2.- Determinar los valores de D+, D- y D con las siguientes ecuaciones:

$$D+ = \text{Max} \{1/n - r_i\}$$

$$D- = \text{Max} \{r_i - (i-1)/n\}$$

$$D = \text{Max} (D+, D-)$$

- 3.- Determine el valor crítico de acuerdo a tabla de valores críticos de kolmogorov-Smirnov para un valor dado de α
- 4.- Si el valor D es mayor que el valor crítico $D_{\alpha,n}$ se concluye que los números del conjunto r_i no siguen una distribución uniforme.

Prueba de independencia

Este tipo de pruebas tratan de corroborar si los números en el intervalo (0,1) son independientes. Para probar la independencia de los números aleatorios de un conjunto r_i primero es necesario formular las siguientes hipótesis

$H_0 = \text{los números aleatorios del conjunto } r_i \text{ son independientes}$

$H_1 = \text{los números aleatorios del conjunto } r_i \text{ no son independientes}$

Pruebas de corridas arriba y abajo

De acuerdo con la definición anterior, esta prueba consiste en determinar una secuencia de número (S) que sólo contienen unos y ceros, de acuerdo con una comparación entre r_i y r_{i-1} . Posteriormente se determina el número de corridas observadas, C_0 luego calcula el valor esperado, la varianza del número de corridas y el estadístico Z_0 mediante las ecuaciones:

$$\mu_{C_0} = \frac{2n-1}{3}$$

$$\sigma_{C_0}^2 = \frac{16n-29}{90}$$

$$Z_0 = \left| \frac{C_0 - \mu_{C_0}}{\sigma_{C_0}} \right|$$

Si el estadístico Z_0 es mayor que el valor crítico $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ se concluye que los números de conjunto r_i no son independientes, de lo contrario no se puede rechazar que el conjunto r_i sea independiente.

Pruebas de corridas arriba y debajo de la media

1 generar la muestra de tamaño n de numeros aleatorios

2 con base en esta muestra, obtener una nueva sucesión binaria, según el criterio siguiente:

Si r_i es menor o igual a 0.5, entonces asignarle r_i el símbolo 0

Si r_i es mayor que 0.5, entonces asignarle a r_i el símbolo 1

3 la frecuencia esperada para cada longitud de corrida i es:

$$FE_i = \frac{(n-i+3)}{2^{i+1}}$$

4 aplicar la prueba de chi-cuadrada a las frecuencias esperadas y observadas de las longitudes de corridas i .

Prueba Póquer

Esta prueba consiste en visualizar el número r_i con cinco decimales, como si fuera mano de póquer con cinco cartas y clasificarlo como todos diferentes (TD) un par (1P), dos pares (2P) una terna (1T), una terna y un par (TP) póquer (P) y quintilla (P).

Categoría	Cinco decimales	
	Probabilidad	E_1

Todos diferentes (TD)	0.3024	0.3024n
Exactamente un par (1P)	0.5040	0.5040n
Dos pares (2P)	0.1080	0.1080n
Una tercia (T)	0.0720	0.0720n
Una tercia y un par (TP)	0.0090	0.0090n
Póquer (P)	0.0045	0.0045n
Quintilla (Q)	0.0001	0.0001n

GENERACIÓN DE VARIABLES ALEATORIAS.

Se dice que una variable aleatoria es una función de valor real cuyo dominio es un espacio muestral. Las variables aleatorias se representan mediante mayúsculas, como por ejemplo X, Y, Z. Los valores numéricos reales que puede asumir una variable aleatoria se representan mediante minúsculas, como por ejemplo x, y, z. Se puede hablar de “la probabilidad de que X tome el valor x”, $P(X = x)$ y representarla mediante $p(x)$.

Existen dos tipos de variables aleatorias: *variables aleatorias discretas* y *variables aleatorias continuas*.

- *Variables aleatorias discretas*. Se dice que una variable aleatoria X es discreta si puede tomar sólo un número finito, o un número finito contable, de valores posibles de x. Este tipo de variables deben cumplir con los siguientes parámetros:

$$p(x) \geq 0, \quad \sum_{i=0}^{\infty} p_i = 1, \quad P(a \leq x \leq b) = \sum_{i=1}^b p_i = p_a + \dots + p_b$$

A la función $p(x)$ se le llama función de probabilidad de X.

Algunas distribuciones discretas de probabilidad son: *uniforme discreta*, *hipergeométrica*, *binomial*, *Bernoulli* y *Poisson*.

- *Variables aleatorias continuas*. Este tipo de variables se representan mediante una ecuación que se conoce como *función de densidad de probabilidad*. Debe cumplir con los siguientes parámetros.

$$f(x) \geq 0 \text{ para toda } x, \quad \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1, \quad P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

La variabilidad de eventos y actividades se representa a través de funciones de densidad para fenómenos continuos y discretos y mediante distribuciones de probabilidad para fenómenos de tipo discreto. La simulación de estos eventos se realiza con la ayuda de la *generación de variables aleatorias*.

Los principales métodos para generar variables aleatorias son:

- Método de la transformada inversa.

El método de la transformada inversa utiliza la distribución acumulada $F(x)$ de la distribución que se va a simular. Puesto que $F(x)$ está definida en el intervalo (0, 1), se puede generar un número aleatorio uniforme R y tratar de determinar el valor de la variable aleatoria para la cual su distribución acumulada es igual a R , es decir, el valor simulado de la variable aleatoria que sigue una distribución de probabilidad $f(x)$, se determina al resolver la siguiente ecuación

$$F(x)=R \text{ o } x=F^{-1}(R)$$

El método consiste en:

1. Definir la función de densidad $f(x)$ que represente la variable a modelar.
2. Calcular la función acumulada $F(x)$.
3. Despejar la variable aleatoria x y obtener la función acumulada inversa

$$F(x)^{-1}.$$

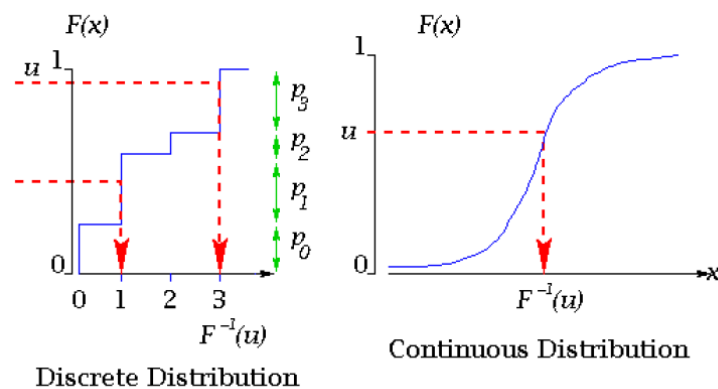
4. Generar las variables aleatorias x , sustituyendo los valores con números pseudoaleatorios $r_i \sim U(0,1)$ en la función acumulada inversa.

El método de la transformada inversa también puede emplearse para simular variables aleatorias discretas. La generación se lleva a cabo a través de la probabilidad acumulada $P(x)$ y la generación de números pseudoaleatorios

$r_i \sim U(0,1)$. El método consiste en:

1. Calcular todos los valores de la distribución de probabilidad $p(x)$ de la variable a modelar.
2. Calcular todos los valores de la distribución acumulada $P(x)$.
3. Generar números pseudoaleatorios $r_i \sim U(0,1)$.
4. Comparar con el valor de $P(x)$ y determinar qué valores x corresponde a $P(x)$.

Gráficamente:



Distribución uniforme

Se desea generar números al azar que sigan la siguiente distribución de probabilidad:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{si } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

La distribución acumulada de esta distribución es:

$$F(x) = \int_a^x \frac{1}{b-a} dt = \frac{x-a}{b-a}$$

e igualando esta expresión con el número uniforme con el número pseudoaleatorio

$r_i \sim U(0,1)$ y despejando x se obtiene

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

despejando x se tiene

$$x_i = a + (b-a)r_i$$

- Método de convolución.

En algunas distribuciones de probabilidad la variable aleatoria a simular, Y , puede generarse mediante la suma de otras variables aleatorias X de manera más rápida que a través de otros métodos. Entonces, el método de convolución se puede expresar como:

$$Y = X_1 + X_2 + \dots + X_k$$

Las variables aleatorias de cuatro de las distribuciones más conocidas (de Erlang, normal, binomial y de Poisson) pueden ser generadas a través de este método.

Distribución normal

La variable aleatoria normal con media μ y desviación estándar σ puede generarse usando el teorema del límite central:

$$Y = X_1 + X_2 + \dots + X_k \sim N(k\mu_x, k\sigma_x^2)$$

Distribución binomial

La v. a. binomial con parámetros N y p puede ser generada a través de la suma de N variables aleatorias con distribución Bernoulli con parámetro p .

$$Y = B_i = BE_1 + BE_2 + \dots + BE_N \sim B(N, p)$$

- Método de composición.

También conocido como método mixto, permite generar variables aleatorias x cuando éstas provienen de una función de densidad $f(x)$ que puede expresarse como una combinación convexa de m distribuciones de probabilidad $f_i(x)$. Entonces, la combinación convexa puede expresarse como

$$F(x) = \sum_{i=1}^m f_i(x) I_A(x)$$

donde

$$I_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases}$$

- Método de aceptación y rechazo.

Se utiliza cuando es imposible o extremadamente difícil expresar x en función de la transformada inversa $F^{-1}(U)$. Sea f la función densidad de probabilidad. Este método precisa una función que sea mayor que f , tal que $g(x) \geq f(x)$ para todo x .

$g(x)$ no será una función densidad puesto que

$$c = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) dx \geq \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$$

Para $c < \infty$, entonces $h(x) = g(x)/c$ es una función densidad.

Hay que intentar elegir g de modo que la variable aleatoria Y se pueda generar rápidamente,

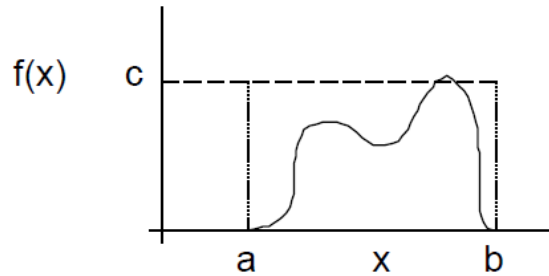
La probabilidad de aceptar Y debiera ser grande (c próxima a 1), lo que significa que g debe estar próxima a f .

En algunos textos se simplifica el método de la forma siguiente.

Pasos:

1. Normalizar el rango de f utilizando un factor de escala c tal que $c \cdot f(x) \leq 1$, estando x en el rango $a \leq x \leq b$
2. Se define una función lineal de U , $x = a + (b-a)U$

3. Se generan un par de números aleatorios (U_1, U_2)
4. Si $U_2 \leq c \times f[a + (b-a) U_1]$, entonces aceptar el par y utilizar $x = a + (b - a) U_1$ como la variable aleatorio generada.
5. Volver al paso 3.



2.3 MÉTODO DE MONTECARLO.

El método de Montecarlo permite resolver problemas matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias.

John Von Neumann, en los años 40 y con los primeros ordenadores, aplica la simulación para resolver problemas complejos que no podían ser resueltos de forma analítica.

Montecarlo y su casino están relacionados con la simulación. La ruleta, juego estrella de los casinos, es uno de los aparatos mecánicos más sencillos que nos permiten obtener números aleatorios para simular variables aleatorias.

El procedimiento de Montecarlo tiene N puntos aleatorios de los que N' resultan corresponder al área que deseamos calcular.

$$S = A \cdot \frac{N'}{N}$$

Luego S es proporcional a la probabilidad de que un punto aleatorio caiga en la superficie. Estimaremos esa probabilidad como:

$$\hat{p} = \frac{N'}{N}$$

Que será la probabilidad de N' éxitos en N intentos y que viene dada por la distribución binomial:

$$P(N' \text{ aciertos en } N) = \binom{N}{N'} \cdot p^{N'} \cdot q^{N-N'}$$

La distribución binomial se puede aproximar mediante una normal cuando: $N \cdot p > 5$ y $N \cdot q > 5$.

La distribución normal por la que aproximamos tendrá media $\mu = N \cdot p$ y varianza $\sigma^2 = N \cdot p \cdot q$.

Además para una distribución normal $\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$ sabemos que el 95% de las observaciones se encuentran en el intervalo:

$$(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma).$$

Con lo que suponiendo $N \cdot p > 5$ y $N \cdot q > 5$ tendremos que el intervalo de confianza al 95% del número de aciertos N' en S estará en:

$$(N \cdot p - 2\sqrt{N \cdot p \cdot q}, N \cdot p + 2\sqrt{N \cdot p \cdot q}).$$

2.4 LENGUAJES DE SIMULACIÓN Y SIMULADORES

El desarrollo de los lenguajes de Simulación comenzó a finales de los años cincuenta; inicialmente los lenguajes que se usaron fueron los de propósito general, los cuales tenían las siguientes ventajas:

- El proceso se puede describir con tanta precisión como le sea posible en el lenguaje conocido.
- Se pueden realizar todas las depuraciones posibles.
- La situación a analizar se puede modelar en forma más o menos sencilla para el programador por el conocimiento del lenguaje.

Cualquier lenguaje de programación puede ser empleado para Simula, pero los lenguajes especialmente diseñados presentan las siguientes propiedades:

- Acaban la tarea de programación.
- Manejan la flexibilidad en los cambios.
- Ayudan a analizar y a determinar la relación y el número de entidades en el sistema. Hay un creciente número de lenguajes de programación disponibles para la implementación de modelos de simulación.

Entre los lenguajes de simulación destacan: GPSS (General Purpose Simulation System), SLAM (Simulation Language for Alternative Modeling), SIMAN (Simulation Analysis), y SIMSCRIPT.

La importancia de escribir modelos de simulación en lenguajes de propósitos generales como FORTRAN radica en:

- Permite conocer los detalles íntimos de la simulación.
- Es imprescindible, cuando no se dispone de software de simulación.

Algunos modelos en lenguajes de simulación permiten interfaces con lenguajes generales, específicamente FORTRAN (ocurre con SLAM II, SIMAN, GPSS).

Por otra parte, los lenguajes de simulación ofrecen más ventajas, porque:

- Automáticamente proveen muchas de las facilidades necesarias en la simulación del modelo.
- Proveen un natural ambiente para modelamiento de la simulación.
- Son fáciles de usar.
- Proveen una gran interacción entre edición, depuración y ejecución. Alcanzando algunos de ellos implantación de la ingeniería de software.

Simuladores

Clasificación del software para simulación.

Existen en el mercado dos grandes clases de software para simulación: los lenguajes y los simuladores. Un lenguaje de simulación es un software de simulación de naturaleza general y posee algunas características especiales para ciertas aplicaciones, tal como ocurre con SLAM 11 y SIMAN con sus módulos de manufactura. El modelo es desarrollado usando las instrucciones adecuadas del lenguaje y permitiendo al analista un gran control para cualquier clase de sistema.

Un simulador (o de propósitos especiales) es un paquete de computadoras que permite realizar la simulación para un ambiente específico, no requiriendo esfuerzo en programación. Hoy en día existen simuladores para ambientes de manufactura y sistemas de comunicación permitiendo un menor tiempo en el desarrollo del modelo, así como también contar con el personal sin experiencia en simulación.

CACI Products Company autor de SIMSCRIPT 11.5 es también autor de los simuladores SIMFACTORY 11.5, NETWORK 11.5 y COMNET 11.5, muy utilizados en estos últimos tiempos para simulaciones de sistemas de manufacturas, redes de computadoras y redes de telecomunicaciones.

Para procesar transacciones en espera de un ordenamiento, un lenguaje de simulación debe proporcionar un medio automático de almacenamiento y recuperación de estas entidades. Atendiendo a la orientación del modelamiento de una simulación discreta, existen tres formas:

1. Programación de eventos.
2. Procesos.
3. Exanimación de actividades

Una programación al evento es modelada, identificando las características del evento y luego se escriben un juego de rutinas para los eventos con la finalidad de describir detalladamente los cambios que ocurren en el tiempo en cada evento. Lenguajes como SIMSCRIPT 11.5 y SLAM 11 están orientados al evento.

Una interacción al proceso es una secuencia de tiempos interrelacionados, describiendo la experiencia de una entidad a través del sistema. Por ejemplo, en

un modelo de colas esta "historia" se traduce en el paso del tiempo del ingreso a la cola, ingreso al servidor, paso del tiempo en el servicio y fin del servicio. GPSS, SIMAN y SIMNET son orientados al proceso.

GASP IV

Es una colección de subrutinas FORTRAN, diseñadas para facilitar la simulación de secuencia de eventos. Cerca de 30 subrutinas y funciones que proveen numerosas facilidades, incluyendo:

- Rutinas de avance del tiempo,
- Gestión de listas de eventos futuros,
- Adición y remoción de entidades.
- Colección de estadísticas.
- Generadores de variables aleatorias.
- Reporte estándar.

GASP IV es un lenguaje de simulación desarrollado por Alan B. Priestker y N. Hurst en 1973. Es un lenguaje híbrido porque puede ser usado para programadores de simulación discretos, continuos y combinados; siendo el primero en integrar completamente estos dos ambientes de función del tiempo. GASP IV es un derivado del GASP II, y se diferencia por la definición del evento espacio-estado (state space event).

SIMSCRIPT II.5

Desarrollado en la RAND Corporation por H. Markowitz en los inicios de los sesenta. SIMSCRIPT II.5. Es un lenguaje de simulación con orientación al evento y al proceso, es híbrido porque posee facilidades para simulación de sistemas discretos y continuos. Un programador SIMSCRIPT II.5 consiste de las siguientes partes:

1. Preamble
2. Main program
3. Rutinas de eventos.
4. Rutinas ordinarias.

SIMSCRIPT 11.5, producido por CACI Products Company (La Jolla, California), fue utilizado en el pasado en grandes y complejas simulaciones, como es el caso de los modelos no orientados a colas; por ejemplo modelos de combates militares. Se encuentra disponible en versión PC destacando su ambiente de S11VIGRAPHICS.

SIMSCRIPT 11.5 está basado en entidades, atributos y conjuntos. Visualiza el mundo a ser simulado como un conjunto de entidades que pueden ser descritas a través de sus atributos y los eventos que aparecen en el tiempo.

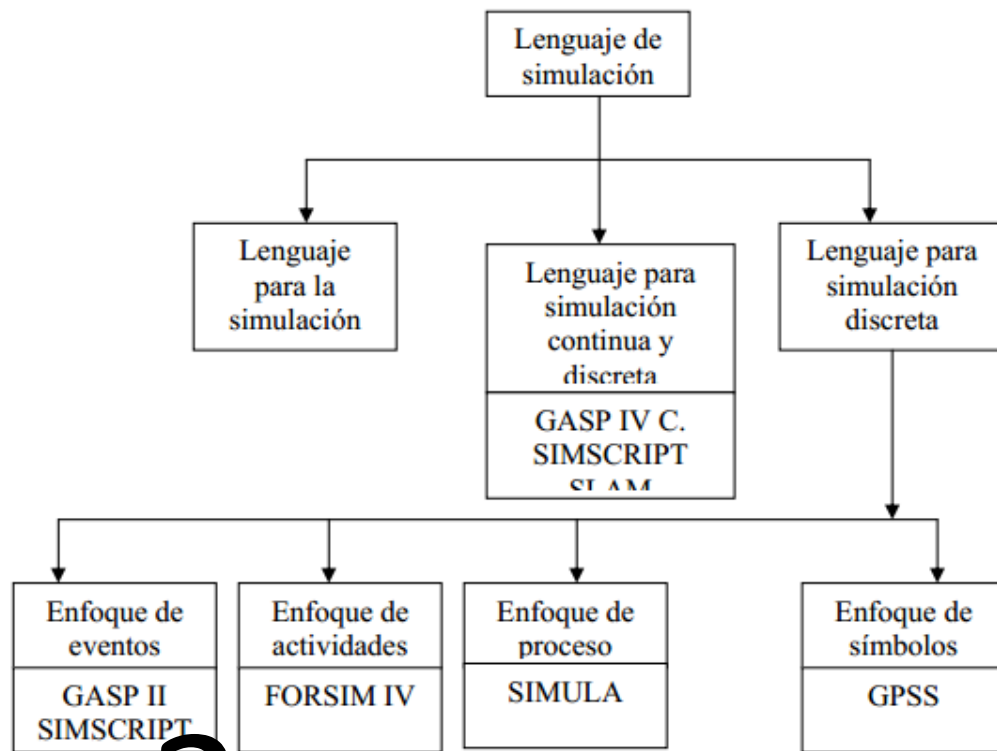
SIMAN/Cinema

La versión original del SIMAN (Simulation and Analysis) fue desarrollada por Dennis Pegden, en la Universidad de Alabama, cuando era líder del grupo de desarrollo de la versión original de SLAM (basada en los software de GASP y Q~GER-r de Pristker and Associates). Más tarde, Pegden inicia su trabajo en el Pennisylvania State University donde lo diseña como un lenguaje de modelamiento para propósitos generales, incluyendo facilidades de manufactura muy útiles en modelamiento de sistemas complejos de manufactura.

Desde su implementación inicial en 1984, ha sido continuamente refinado por System Modeling Corporation, y en 1998 y 1989 el lenguaje fue completamente rediseñado dando origen a SIMAN/Cinema.

SIMAN modela un sistema discreto usando la orientación al proceso; es decir, en un modelo de sistema particular, se estudian las entidades que se mueven a través del sistema. Una entidad para SIMAN es un cliente, un objeto que se mueve en la simulación y que posee características únicas conocidas como atributos. Los procesos denotan la secuencia de operaciones o actividades a través del que se mueven las entidades, siendo modeladas por el diagrama de bloques.

Usted construye un diagrama de bloque en un flowchart gráfico, seleccionando y combinando bloques. Después, interactivamente, usando un editor especial se activa el generador automático de las sentencias del modelo desde el ambiente gráfico. Los bloques de SIMAN se clasifican en 10 tipos básicos.



Capítulo 3

Desarrollo.

Cuando Contratas gente más lista que tú demuestras ser más listo que ellos.

R. H. Grant

INTRODUCCIÓN:

En este capítulo analizaremos el flujo de clientes, el cual está definido por 3 variables de tiempo las cuales son: tiempo de espera del cliente, tiempo de servicio, tiempo de llegada a caja.

Las variables serán analizadas para buscar la optimización utilizando herramientas básicas de la ingeniería industrial como son:

Determinación de tamaño de muestra: esto con el fin de conocer el número de datos que son necesarios tomar para que la muestra sea significativa a la población y lo cual nos da mayor confianza al estudio.

Toma de tiempos y movimientos: esto nos ayudara a encontrar la herramienta anterior así como apoyo para los diagramas posteriormente mencionados.

Herramientas Estadísticas: estas herramientas nos ayudan a tener un respaldo a todos aquellos cálculos que usan en este caso particular las diferentes tipos de distribuciones ya sean discretas o continuas.

Diagramas de operaciones, diagramas de flujo de proceso y diagrama de flujo: herramientas que nos ayudaron a mostrar las tareas de una forma más gráfica y más entendible así como agregar los tiempos en cada tarea a realizar.

Software auxiliar para la simulación (Promodel): este software nos sirvió como auxiliar para saber cómo se comportaban estadísticamente los tiempos tomados.

Software para diseño (solidworks): este software lo usamos para desarrollar el diseño del layout ya que buscamos el realizarlo de una forma más gráfica.

JORNADA LABORAL DE LOS CAJEROS.

Horario de entrada: 6:00 p.m.

Horario de salida: 10:00 p.m.

Horario de cajas

Cantidad de horas por turno a analizar: 4 horas.

ESTRUCTURA DE ACTIVIDADES EN UNA JORNADA DE TRABAJO (DE CAJEROS).

Asignación de actividades y chequeo: 3 min.

Necesidades fisiológicas: 5 min.

Apertura de la caja de cobro: 1 min.

Tiempo trabajando: 232 min.

DURACIÓN DE LA OPERACIÓN.

Las actividades fueron cronometradas durante el conocimiento del proceso, concluyendo que para terminar de atender a un cliente, que se toma un tiempo de *4.288 min.*

Dicho dato fue corroborado posteriormente por el supervisor de piso, de la sucursal.

3.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA BAJO ESTUDIO.

El presente sistema que se encuentra bajo estudio es analizado por medio de gráficos y diagramas con el fin de conocer de una manera más confiable el comportamiento de dicho sistema analizando las variables y los componentes del sistema por ello a continuación se presenta el layout del sistema en estudio: Bodega Aurrera sucursal Mariano Hidalgo.

3.1.1 LAYOUT.

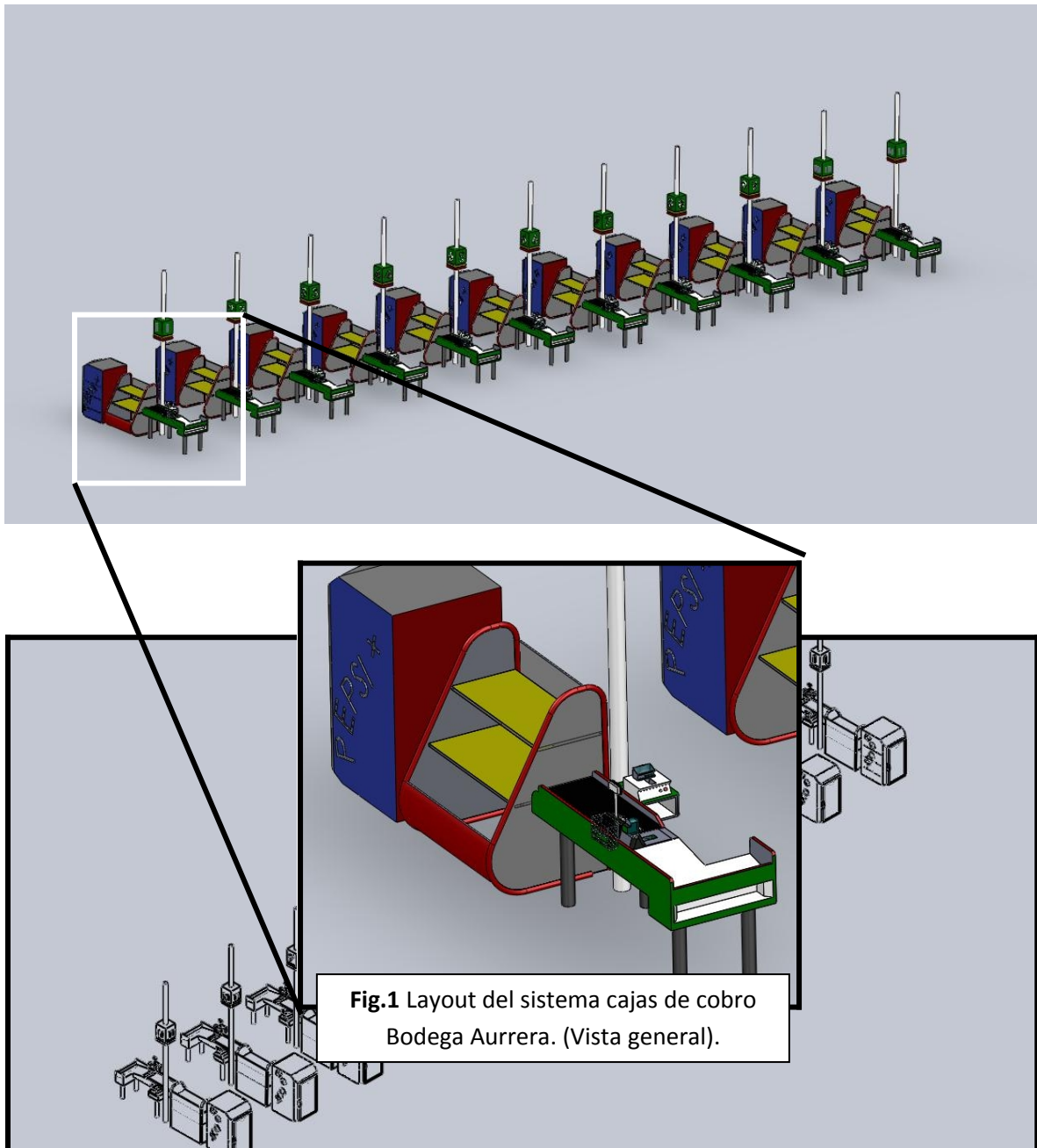


Fig.2 Layout del sistema cajas de cobro Bodega Aurrera. (Vista isométrica).

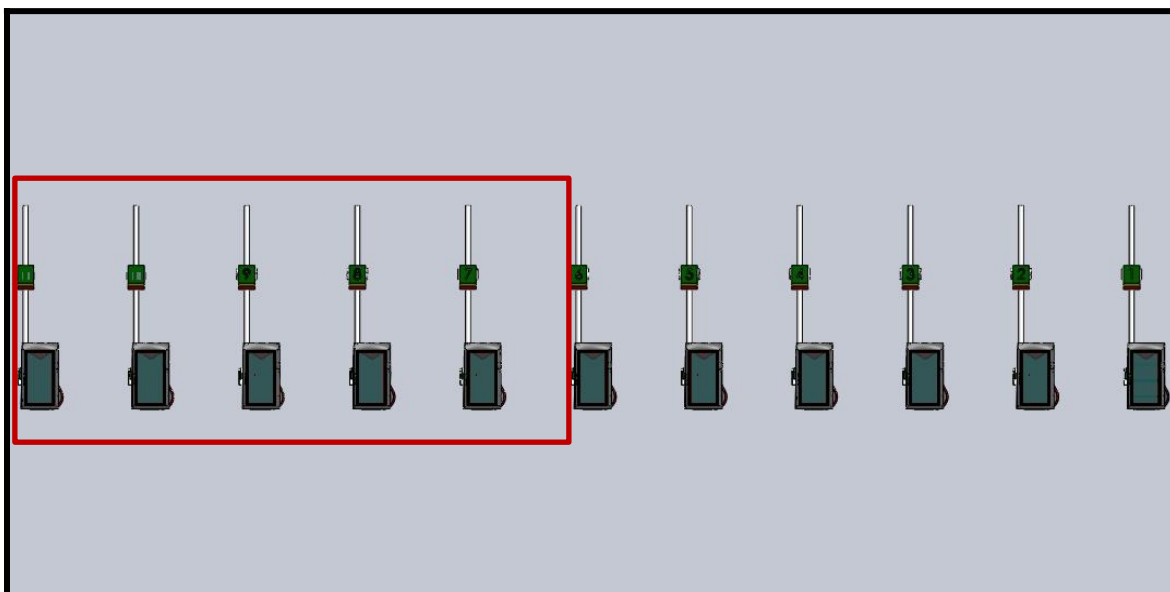


Fig.3 Layout del sistema cajas de cobro
Bodega Aurrera. (cajas rápidas).

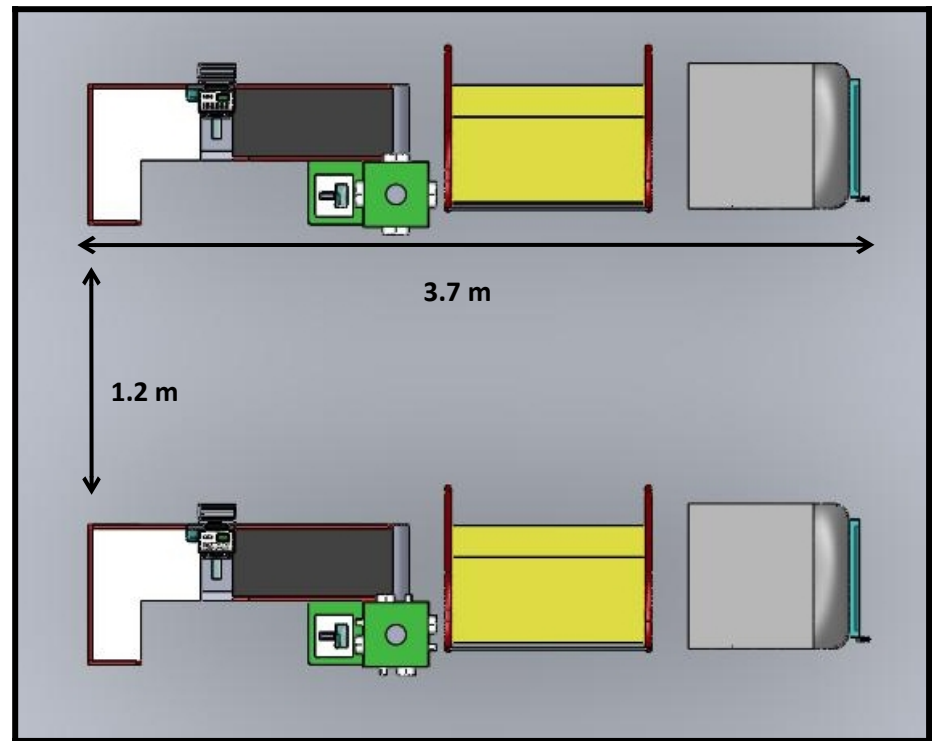
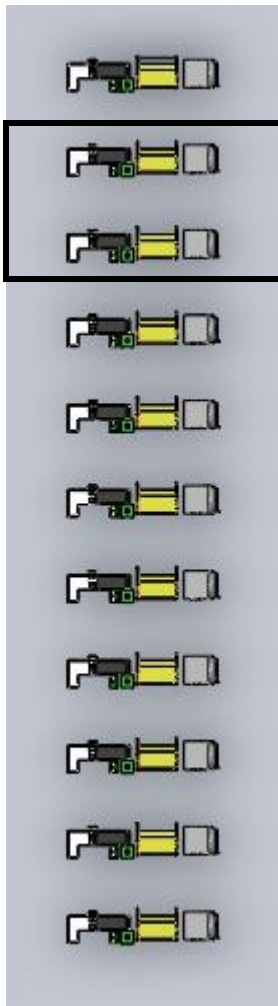


Fig.4 Layout del sistema cajas de cobro Bodega Aurrera. (Vista superior).

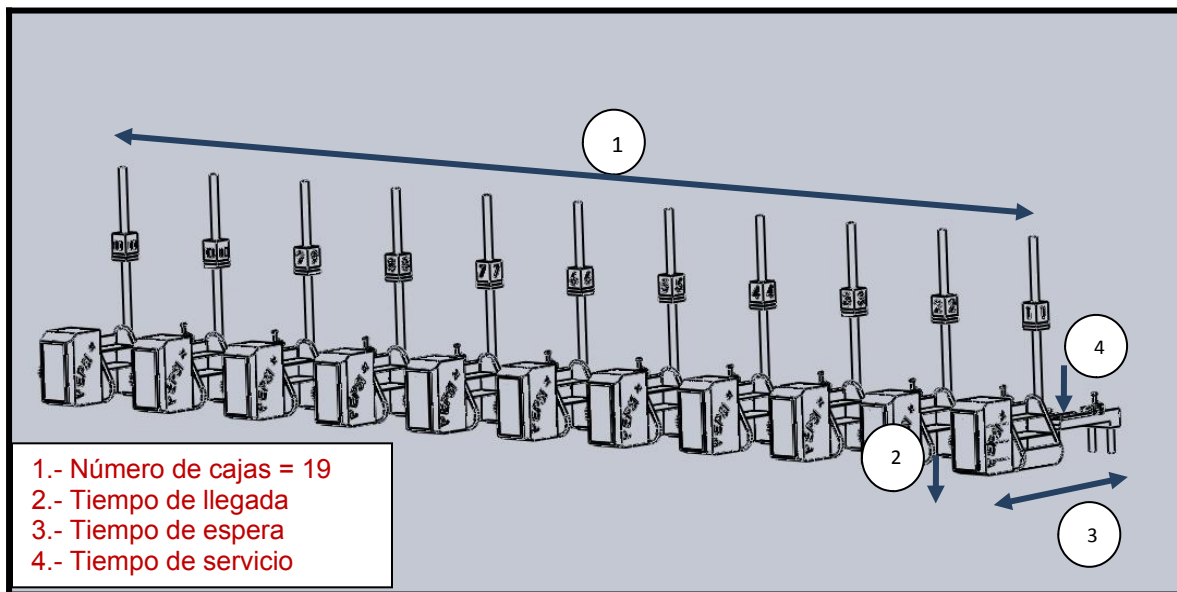


Fig.5 Elementos del sistema.

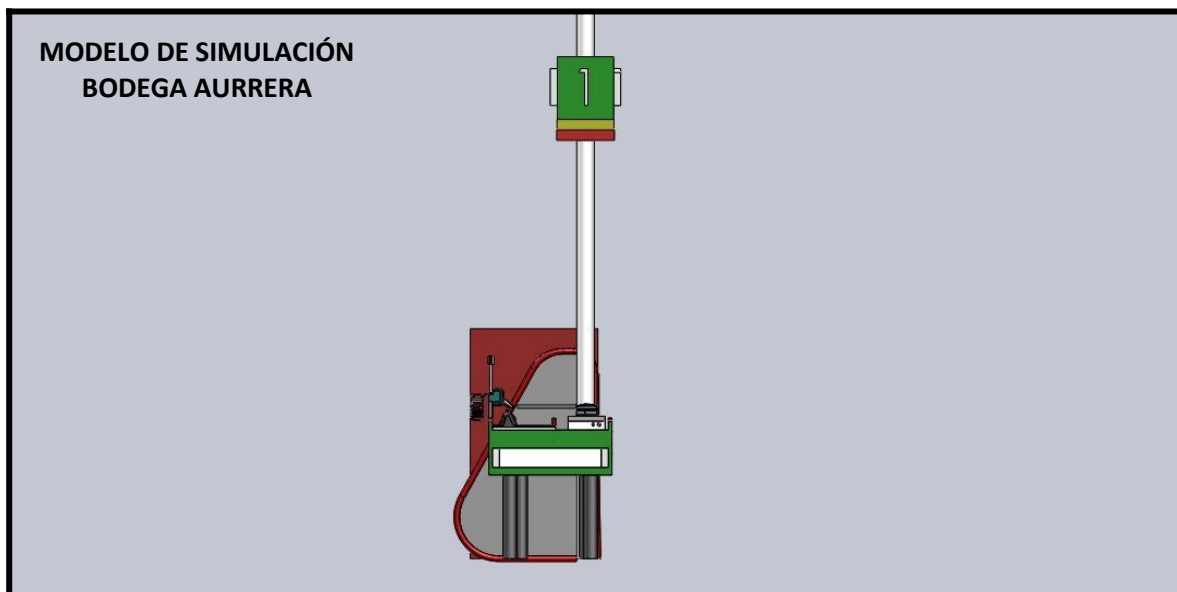
3.1.2 DIAGRAMAS DEL SISTEMA

Los diagramas ayudan a entender mejor el comportamiento de las variables además de que nos sirven de apoyo visual como herramienta para conocer y evaluar los elementos del sistema. A continuación se presentan algunos con la intención de describir las variables del sistema Bodega Aurrera Mariano Hidalgo.

Empresa:



General: La empresa ofrece productos de todo tipo y necesidades es necesario conocer el flujo de operaciones actual que define al proceso con vista a mejorarlo, con la ayuda de este diagrama que muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones que se usan en el proceso desde la llegada de los clientes a la caja de cobro hasta la entrega de su producto embolsado.



3.1.3. Diagrama de operaciones

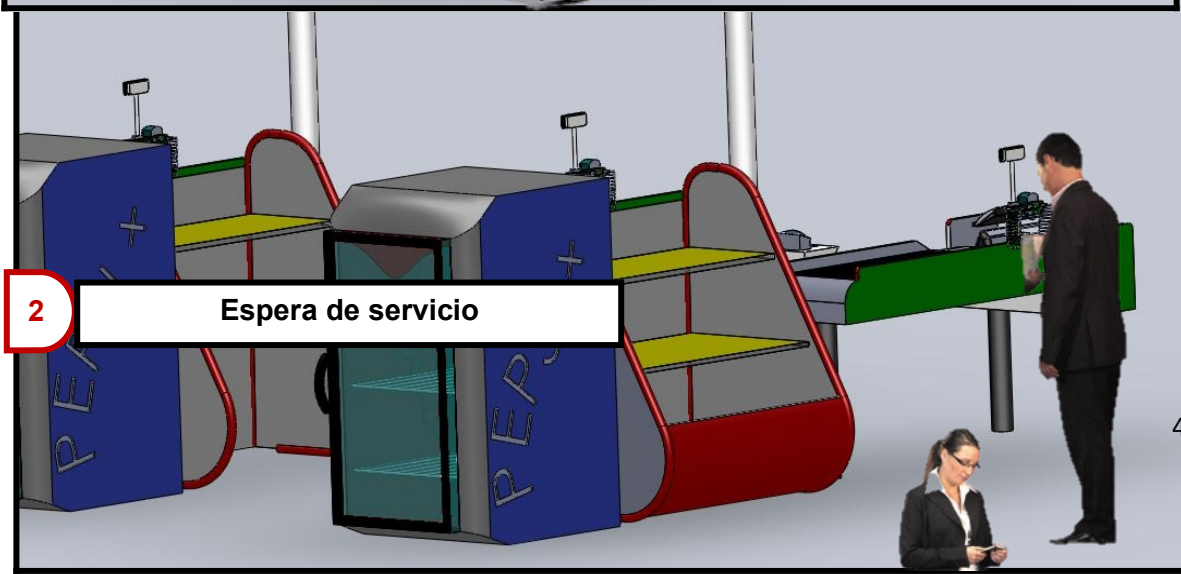
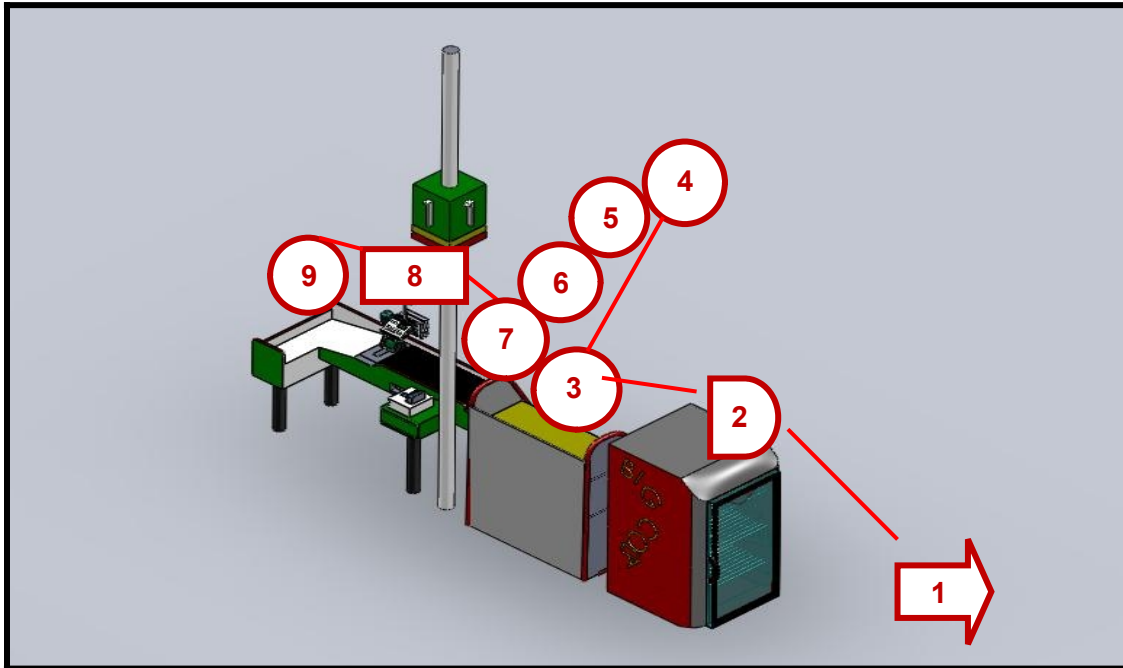
DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO					
OBJETIVO DEL DIAGRAMA		Optimizacion de servicio			
DIAGRAMA	Operaciones 001	METODO	Muestral	HOJA	06:00 p.m.
ELABORADO POR	Samuel Garcia	FIRMA		FECHA	07/04/2012
AUTORIZO	Sergio Humberto Romo Picazo	FIRMA		FECHA	



3.1.4 Diagrama de flujo de proceso

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO			DIAGRAMA N°. 2		HOJA N°. 2		DE 2			
RESUMEN										
SISTEMA	MATERIAL	EQUIPO	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	AHORROS				
☒	☐	☐	Operación	7						
ACTIVIDAD: Cobro de productos			Demora	1	-					
			Inspección	1						
			Almacenamiento	0						
MÉTODO: ☒ ACTUAL ☐ PROPUESTO			Distancia (m.)							
LUGAR: Bodega Aurrera			Tiempo (seg.)	4.288						
OPERARIO:			Costos:	Información Confidencial						
REALIZADO POR: Samuel García – Abraham Duran										
FECHA: 7/ Abr. /12 VoBo. Sergio Humberto Romo Picazo			Total							
Descripción de la actividad			Distancia (metros)	Tiempo (seg.)	Símbolo					Observaciones
1	Llegada de cliente a caja de cobro		-	0.988						
2	Espera de servicio			1.848						
3	Colocación de producto en barra transportadora			1.452						
4	Registro de productos por el lector									
5	Generación de total de cuenta									
6	Pago de cuenta									
7	Entrega de Comprobante y/o cambio									
8	Revisar cambio									
9	Toma de producto embolsado									

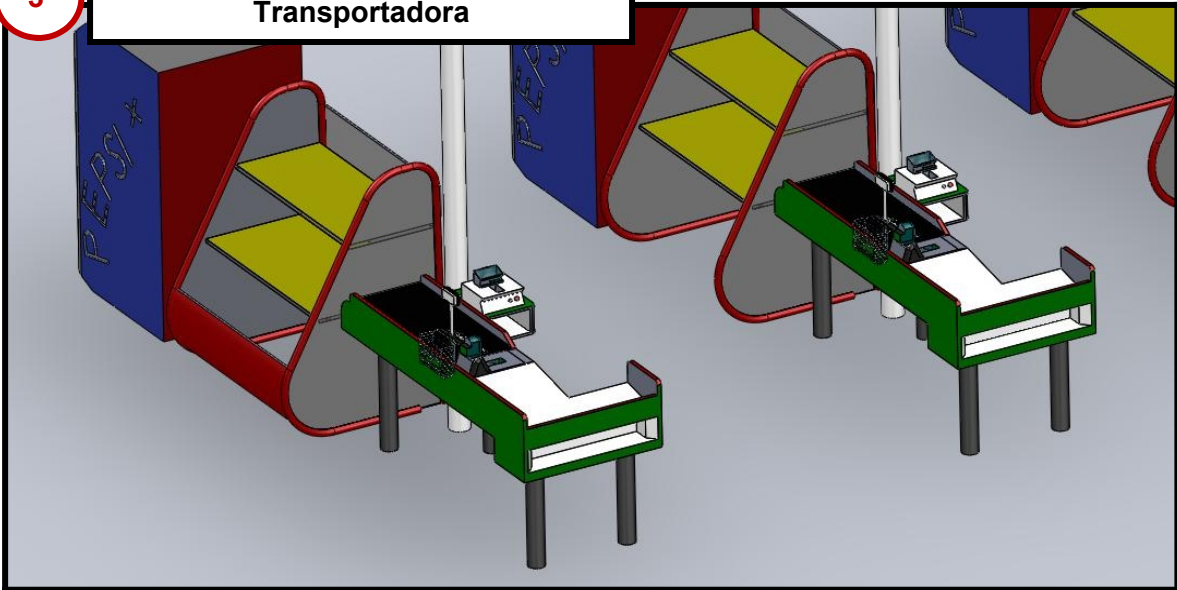
3.1.5 Diagrama de Flujo





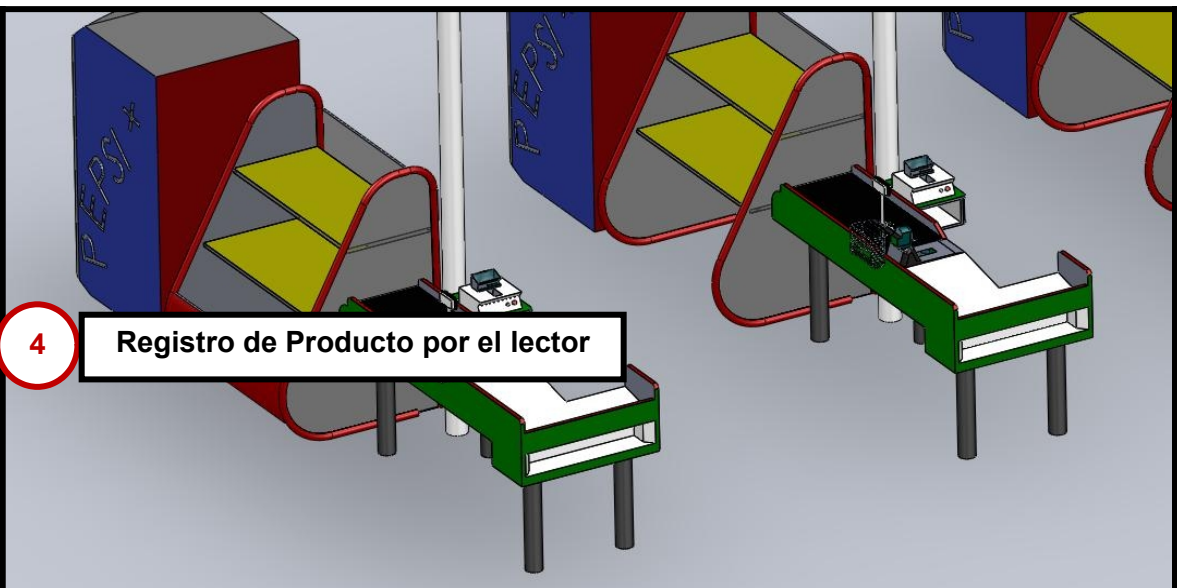
3

**Colocación Producto(s) Barra
Transportadora**



4

Registro de Producto por el lector





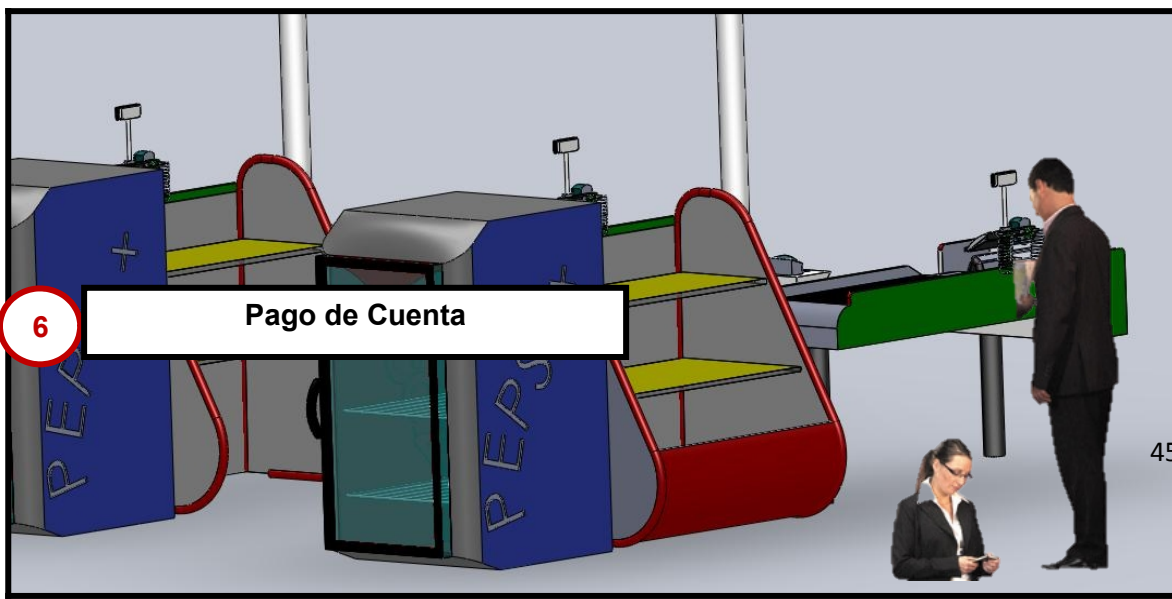
5

Generacion de Total de Cuenta



6

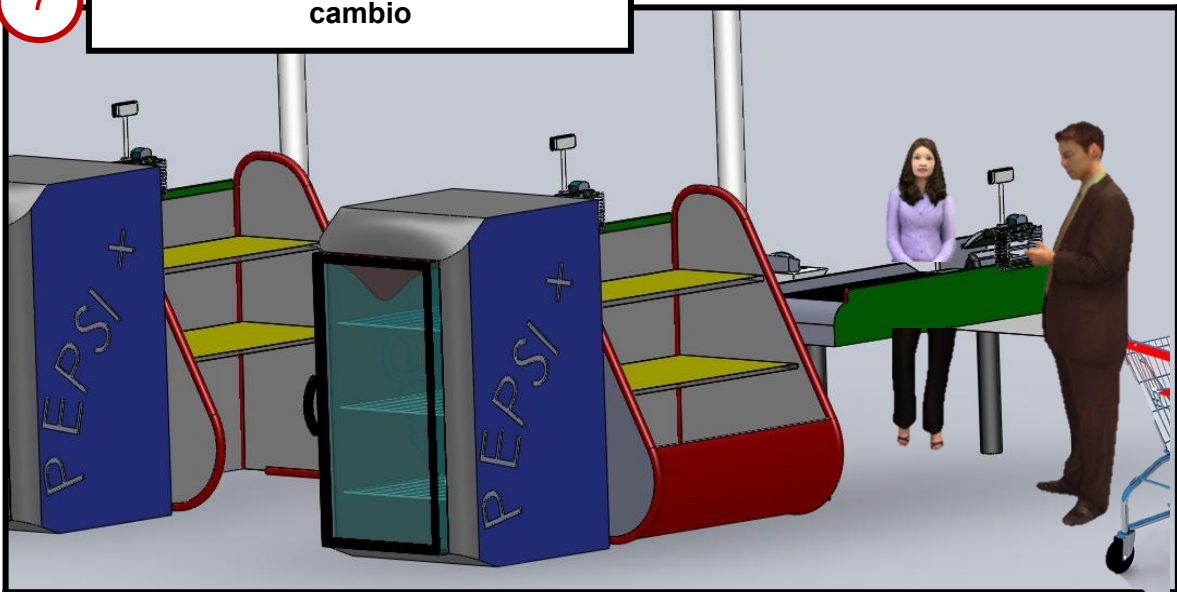
Pago de Cuenta





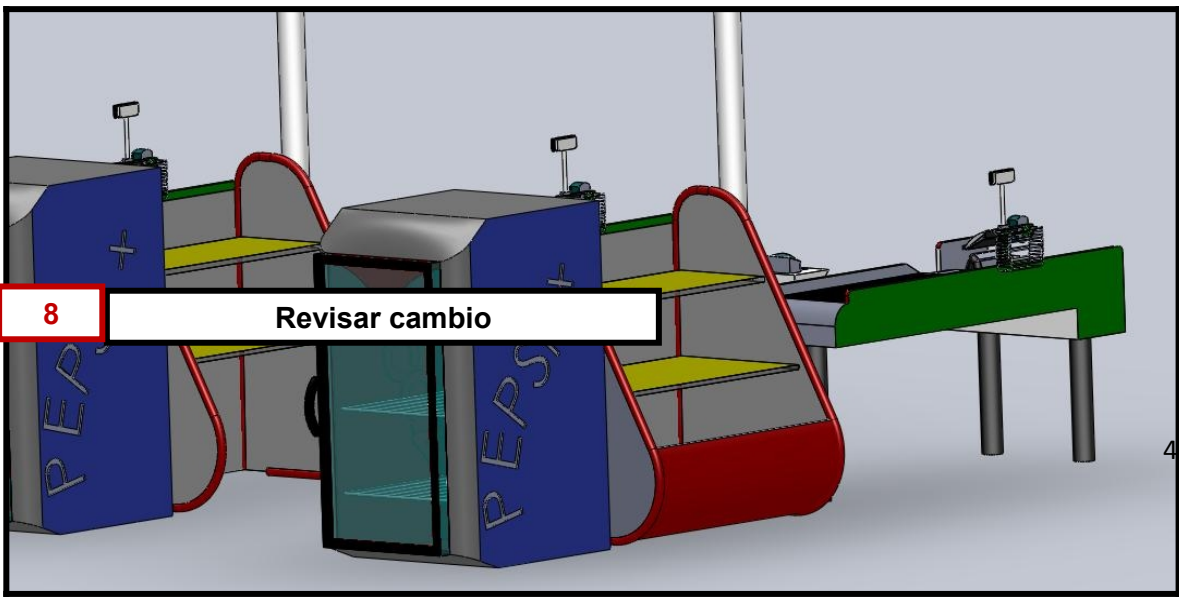
7

Entrega de Comprobante y/o
cambio



8

Revisar cambio





3.2 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL SISTEMA.

3.2.1 Análisis de los datos del sistema.

Con base a lo anterior, se obtuvieron los siguientes tiempos que corresponden a las actividades antes mencionadas:

		Muestreo del trabajo: Bodega AURRERA			
Fecha ____/____/____					
Estudio No. <u>1</u> Área de estudio: <u>Cajas de cobro rápidas</u>					
Observador: <u>Varios</u>					
Número de observaciones: <u>102</u>					
RESULTADOS OBTENIDOS					
Estado	No.	Tiempo entre llegada	Tiempo de servicio	Tiempo de espera	%
ACTIVO	1	0.130	0.52	0.95	
	2	2.320	0.68	0.82	
	3	0.080	1.9	1.46	
	4	1.500	1.55	1.23	
	5	1.150	1.23	2.23	
	6	1.020	0.75	2.76	
	7	2.100	0.45	0.66	
	8	1.070	0.71	1.53	
	9	1.380	0.75	2.09	
	10	0.730	3.26	2.06	
	11	1.280	0.87	2.53	
	12	0.250	2.73	2.46	
	13	1.620	1.68	2.1	
	14	3.300	2.65	5.58	
	15	1.000	1.08	2.93	
	16	0.050	0.25	3.34	
	17	0.550	0.42	2.26	
	18	0.220	0.68	1.78	
	19	0.420	1.3	1.01	
	20	1.680	0.85	1.81	
	21	0.330	0.58	1.66	
	22	0.280	2.33	1.65	
	23	0.380	0.92	1.45	
	24	0.220	0.18	1.83	
	25	0.260	0.83	1.58	
	26	0.880	0.71	1.75	
	27	0.280	0.58	1.95	
	28	0.500	0.91	2.91	
	29	0.720	1.03	1.23	
	30	0.880	1.13	2.48	

	31	3.350	0.76	1.7	
	32	0.970	3.43	1.68	
	33	0.530	0.88	1.58	
	34	0.550	1.25	2.25	
	35	0.920	0.55	1.33	
	36	1.260	0.9	1.23	
	37	0.860	0.8	1	
	38	1.670	0.9	1.38	
	39	0.350	0.73	1.23	
	40	0.300	2.08	1.7	
	41	0.680	2.82	2.01	
	42	0.180	1.15	1.78	
	43	1.800	4.3	2.2	
	44	3.930	0.5	2.33	
	45	0.420	1.18	1.66	
	46	0.470	0.73	1.98	
	47	0.220	0.8	2.11	
	48	1.460	1.4	1.23	
	49	2.960	3.1	2.18	
	50	0.950	1.26	2.16	
	51	1.430	6.6	1.85	
	52	0.680	1.9	1.75	
	53	1.200	1.63	2.35	
	54	3.820	2.4	2.2	
	55	0.080	2.23	1.75	
	56	0.860	0.45	1.18	
	57	1.110	1.58	1.95	
	58	0.250	0.55	2.03	
	59	0.970	0.46	1.95	
	60	0.700	2.25	1.7	
	61	0.930	0.6	2.2	
	62	0.750	0.73	1.73	
	63	0.260	0.26	1.71	
	64	0.030	0.9	1.56	
	65	0.480	1.08	2.03	
	66	0.400	1.22	2.05	
	67	0.900	2.3	1.7	
	68	1.300	0.6	1.15	
	69	2.950	0.8	1.58	
	70	1.250	0.81	2.15	
	71	1.920	0.8	1.91	
	72	0.200	0.49	2	
	73	0.670	2.25	1.5	
	74	1.120	1.65	1.66	
	75	0.120	1.48	2.33	
	76	0.650	0.6	1.85	

	77	0.520	0.21	1.61	
	78	0.750	3.47	2.1	
	79	0.600	3.18	2.25	
	80	1.280	1.08	1.2	
	81	0.200	2.48	1.83	
	82	0.050	2.43	1.78	
	83	0.820	2.28	1.33	
	84	1.180	1.46	2.11	
	85	0.100	1.9	2.16	
	86	0.720	3.9	2.25	
	87	2.480	2.03	1.65	
	88	1.070	0.75	2.01	
	89	2.300	1.98	1.83	
	90	0.100	1.75	1.58	
	91	0.330	0.58	1.41	
	92	1.970	1.56	1.83	
	93	1.330	3.1	1.58	
	94	0.280	2.7	2	92.15 %
INACTIVO	95	0	0	0	
	96	0	0	0	
	97	0	0	0	
	98	0	0	0	
	99	0	0	0	
	100	0	0	0	
	101	0	0	0	
	102	0	0	0	7.84%
Total				102	100%

Para poder realizar un muestreo confiable, se ha realizado el reconocimiento del área laboral y de las operaciones que se realizan en el turno en estudio de trabajo (4 horas) durante tres días.

En el muestreo se obtuvieron los siguientes resultados basados en 102 observaciones, las cuales fueron la mayor cantidad de observaciones que el equipo pudo tomar en dichos 3 días.

Comprendiendo que el tiempo de recorrido fue de 3 ½ min, ya que el flujo de clientes es continuo, por lo tanto la línea tiene mucho flujo y no podíamos interferir mucho en el proceso:

$$\frac{232 \text{ min}}{2(3.5)} = 33.14 \approx 34 \text{ observaciones/día}$$

$$(34 \text{ observaciones})(3 \text{ días}) = 102 \text{ observaciones}$$

Además, se nos ha pedido que el muestreo involucre a las cinco cajas que la empresa contempla abrir en estos días.

$$\frac{34 \text{ observaciones} \times \text{día}}{5 \text{ cajas}} = 7 \text{ recorridos/día}$$

Por lo tanto, cada recorrido comprenderá lo siguiente:

$$\frac{34 \text{ observaciones} \times \text{día}}{7 \text{ recorridos} \times \text{día}} = 5 \text{ observaciones/recorrido}$$

3.2.2 Tamaño de la muestra.

Número de observaciones en tiempo productivo	94
Número de observaciones en tiempo no productivo	8
Total de observaciones	102

Nota: las observaciones anteriores fueron tomadas como prueba piloto, para obtener el número de observaciones requeridas para la confiabilidad del estudio.

$$p = \frac{94}{102} = 0.9215$$

$$q = \frac{8}{102} = 0.0784$$

Con un nivel de confianza del 95% y un error permisible (Precisión), se calcula el tamaño de la muestra con la siguiente formula:

$$n = (Z^2_{\alpha/2}) (p \cdot q) / (B^2) = \text{número de observaciones}$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0.025 \text{ (nivel de significancia)}$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96 \text{ (Valor de estadístico)}$$

$$B = 5\% \text{ (error permisible)}$$

$$n = (1.96)^2 * (0.9215 * 0.0784) / (0.05^2)$$

$$n = 111.01 \approx 112 \text{ observaciones}$$

En total se tomaran 112 observaciones para el estudio, las cuales aplican en la toma de tiempos del flujo de los clientes en las cajas de cobro. Estos tiempos incluyen tiempo entre llegada, tiempo de espera y tiempo de servicio

3.2.3 Completar las observaciones faltantes.

Muestreo del trabajo: Bodega AURRERA					
Fecha ____/____/____					
Estudio No. ____1____		Área de estudio: <u>Cajas de cobro rápidas</u>			
Observador: <u>Varios</u>					
Número de observaciones: <u>112</u>					
RESULTADOS OBTENIDOS					
Estado	No.	Tiempo entre llegada	Tiempo de servicio	Tiempo de espera	%
ACTIVO	1	0.130	0.52	0.95	
	2	2.320	0.68	0.82	
	3	0.080	1.9	1.46	
	4	1.500	1.55	1.23	
	5	1.150	1.23	2.23	
	6	1.020	0.75	2.76	
	7	2.100	0.45	0.66	
	8	1.070	0.71	1.53	
	9	1.380	0.75	2.09	
	10	0.730	3.26	2.06	
	11	1.280	0.87	2.53	
	12	0.250	2.73	2.46	

	13	1.620	1.68	2.1	
	14	3.300	2.65	5.58	
	15	1.000	1.08	2.93	
	16	0.050	0.25	3.34	
	17	0.550	0.42	2.26	
	18	0.220	0.68	1.78	
	19	0.420	1.3	1.01	
	20	1.680	0.85	1.81	
	21	0.330	0.58	1.66	
	22	0.280	2.33	1.65	
	23	0.380	0.92	1.45	
	24	0.220	0.18	1.83	
	25	0.260	0.83	1.58	
	26	0.880	0.71	1.75	
	27	0.280	0.58	1.95	
	28	0.500	0.91	2.91	
	29	0.720	1.03	1.23	
	30	0.880	1.13	2.48	
	31	3.350	0.76	1.7	
	32	0.970	3.43	1.68	
	33	0.530	0.88	1.58	
	34	0.550	1.25	2.25	
	35	0.920	0.55	1.33	
	36	1.260	0.9	1.23	
	37	0.860	0.8	1	
	38	1.670	0.9	1.38	
	39	0.350	0.73	1.23	
	40	0.300	2.08	1.7	
	41	0.680	2.82	2.01	
	42	0.180	1.15	1.78	
	43	1.800	4.3	2.2	
	44	3.930	0.5	2.33	
	45	0.420	1.18	1.66	
	46	0.470	0.73	1.98	
	47	0.220	0.8	2.11	
	48	1.460	1.4	1.23	
	49	2.960	3.1	2.18	
	50	0.950	1.26	2.16	
	51	1.430	6.6	1.85	
	52	0.680	1.9	1.75	
	53	1.200	1.63	2.35	
	54	3.820	2.4	2.2	
	55	0.080	2.23	1.75	
	56	0.860	0.45	1.18	
	57	1.110	1.58	1.95	
	58	0.250	0.55	2.03	

	59	0.970	0.46	1.95	
	60	0.700	2.25	1.7	
	61	0.930	0.6	2.2	
	62	0.750	0.73	1.73	
	63	0.260	0.26	1.71	
	64	0.030	0.9	1.56	
	65	0.480	1.08	2.03	
	66	0.400	1.22	2.05	
	67	0.900	2.3	1.7	
	68	1.300	0.6	1.15	
	69	2.950	0.8	1.58	
	70	1.250	0.81	2.15	
	71	1.920	0.8	1.91	
	72	0.200	0.49	2	
	73	0.670	2.25	1.5	
	74	1.120	1.65	1.66	
	75	0.120	1.48	2.33	
	76	0.650	0.6	1.85	
	77	0.520	0.21	1.61	
	78	0.750	3.47	2.1	
	79	0.600	3.18	2.25	
	80	1.280	1.08	1.2	
	81	0.200	2.48	1.83	
	82	0.050	2.43	1.78	
	83	0.820	2.28	1.33	
	84	1.180	1.46	2.11	
	85	0.100	1.9	2.16	
	86	0.720	3.9	2.25	
	87	2.480	2.03	1.65	
	88	1.070	0.75	2.01	
	89	2.300	1.98	1.83	
	90	0.100	1.75	1.58	
	91	0.330	0.58	1.41	
	92	1.970	1.56	1.83	
	93	1.330	3.1	1.58	
	94	0.280	2.7	2	
	95	0.580	0.66	1.78	
	96	1.430	0.78	3	
	97	0.380	1.2	2.1	
	98	2.050	0.29	1.35	
	99	1.350	1.45	1.21	
	100	1.050	0.25	2.5	
	101	1.000	0.88	2.31	
	102	0.290	0.63	2.19	
	103	0.500	0.35	1.97	
	104	1.330	1.5	1.83	92.15

					%
INACTIVO	105	0	0	0	
	106	0	0	0	
	107	0	0	0	
	108	0	0	0	
	109	0	0	0	
	110	0	0	0	
	111	0	0	0	
	112	0	0	0	7.84%
		media	1.41		

3.2.4 Tiempo estándar.

Para el cálculo del tiempo estándar es necesario determinar la calificación del desempeño, en este caso el desempeño de los cajeros al atender a los clientes, por lo tanto el cálculo del tiempo estándar será enfocado a los cajeros, es decir, al tiempo de servicio.

De acuerdo con lo anterior, se le ha solicitado al supervisor de piso José Antonio Salas Vázquez una calificación del desempeño promedio de los cajeros de la Bodega AURRERA sucursal Mariano Hidalgo, por la experiencia y el tiempo que ha trabajado con ellos (calificación objetiva).

El supervisor de piso ha determinado una calificación del desempeño para los cajeros del 85% de efectividad.

Los suplementos se han determinado con base al estándar de un trabajo normal, que comprenden lo siguiente:

- 5% Necesidades personales.
- 4% Fatiga básica.

De acuerdo con lo anterior podemos calcular el tiempo normal:

Media del tiempo de servicio	1.41 min
Calificación del desempeño	.85
Tiempo normal	1.2 min

De acuerdo con lo anterior podemos calcular el tiempo normal:

Tiempo normal	1.1985 min
Suplementos	1.09
Tiempo estándar	1.31 min

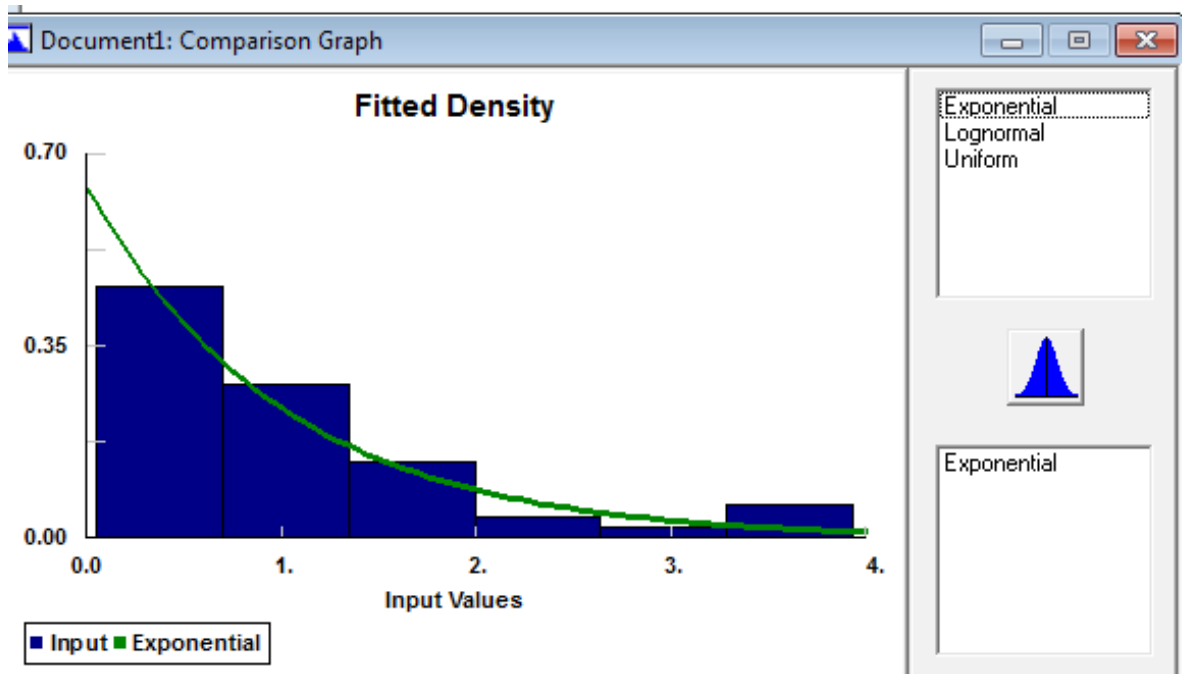
3.2.5 Distribuciones de probabilidad.

A continuación se muestran las distribuciones de probabilidad a las que están sujetos las mediciones observadas en el muestreo anterior:

- **TIEMPO ENTRE LLEGADA**

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal(0., -0.394, 0.962)	100	do not reject
Exponential(0., 1.01)	47.7	do not reject
Uniform(0., 3.93)	0.	reject

Document1: Goodness of Fit	
Exponential	
minimum =	0. [fixed]
beta =	1.0082
Kolmogorov-Smirnov	
data points	50
ks stat	0.116
alpha	5.e-002
ks stat(50,5.e-002)	0.188
p-value	0.476
result	DO NOT REJECT
Anderson-Darling	
data points	50
ad stat	0.613
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	0.635
result	DO NOT REJECT

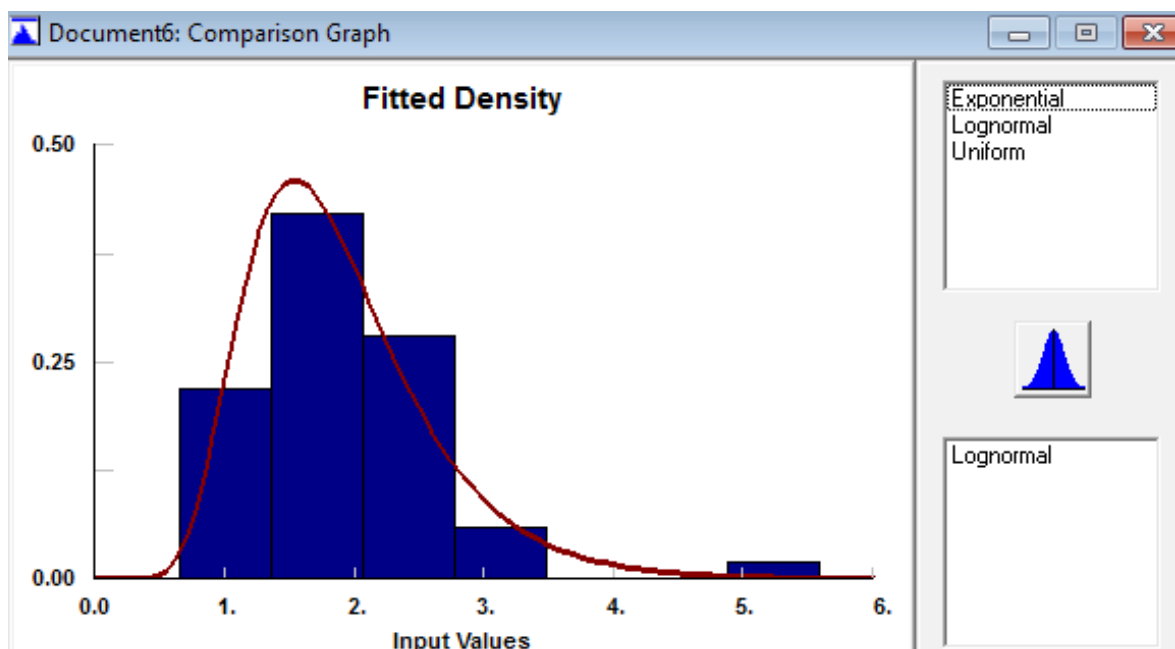
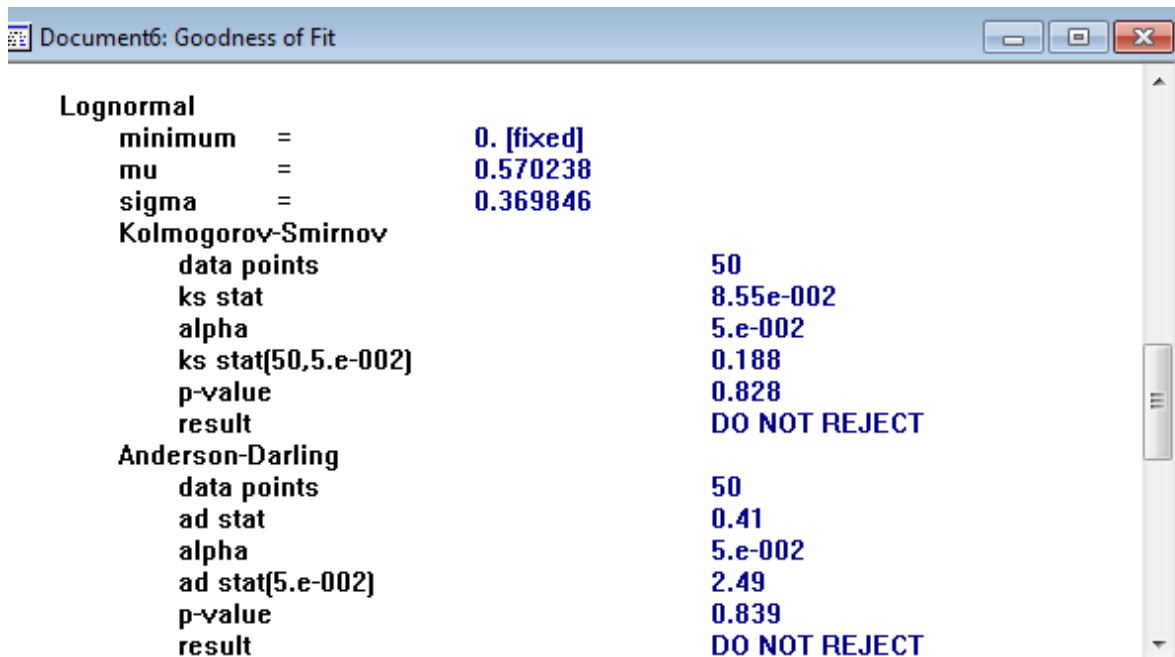


Se concluye que las mediciones observadas que corresponden al tiempo entre llegadas de los clientes a caja se adaptan a una distribución exponencial.

- **TIEMPO DE ESPERA**

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal(0., 0.57, 0.37)	100	do not reject
Exponential(0., 1.9)	0.	reject
Uniform(0., 5.58)	0.	reject

Como se muestra en la imagen, la única distribución que no rechaza la distribución de los datos es la Lognormal



Se concluye que las mediciones observadas que corresponden al tiempo de espera de los clientes en espera de ser atendidos se adaptan a una distribución lognormal

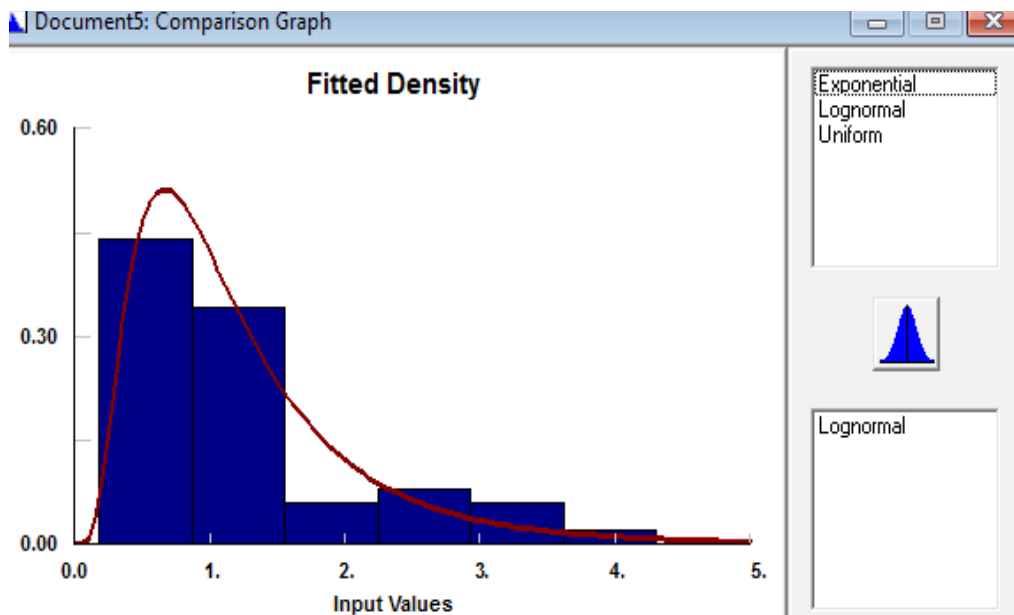
- **TIEMPO DE SERVICIO.**

Document5: Automatic Fitting

distribution	rank	acceptance
Lognormal(0., 1.61e-002, 0.651)	100	do not reject
Exponential(0., 1.26)	1.44e-002	reject
Uniform(0., 4.3)	0.	reject

Document5: Goodness of Fit

Lognormal	
minimum	= 0. [fixed]
mu	= 1.60705e-002
sigma	= 0.650882
Kolmogorov-Smirnov	
data points	50
ks stat	0.121
alpha	5.e-002
ks stat(50,5.e-002)	0.188
p-value	0.426
result	DO NOT REJECT
Anderson-Darling	
data points	50
ad stat	0.722
alpha	5.e-002
ad stat(5.e-002)	2.49
p-value	0.541
result	DO NOT REJECT



Se concluye que las mediciones observadas que corresponden al tiempo de servicio de los clientes en caja se adaptan a una distribución lognormal.

3.2.6 Datos anexos

La gerencia de operaciones de BODEGA AURRERA sucursal Mariano Hidalgo ha dictaminado algunos datos relevantes al modelo y son los siguientes:

ITEM	DESCRIPCIÓN	DATO	FUENTE
Fila de espera	Numero finito de entidades	< 15	Lic. Eduardo Miranda Guerrero
Cerillos	Operación en tiempo constante	1 min	Lic. Eduardo Miranda Guerrero
Desbloqueo de caja	Operación en tiempo constante	2 min	Lic. Eduardo Miranda Guerrero
Frecuencia de bloqueo de cajas	Determinado en estudios previos por la empresa	50% de las cajas abiertas, aproximadamente cada dos horas	Supervisor José Antonio Salas Vázquez
Descanso de cerillos	Determinado en estudios previos por la empresa	Exponencial de 5 min cada dos horas	Supervisor José Antonio Salas Vázquez

Nota: Los datos que se fueron proporcionados para la realización del modelo están relacionados únicamente a cajas rápidas y tendientes a cambios en el futuro.

3.3 CONSTRUIR EL MODELO

Estructura del problema que enfrenta bodega aurrera en sus cajas de cobro rápidas:

La empresa Bodega Aurrera sucursal Mariano Hidalgo, enfrenta un problema de distribución de trabajo en sus cajas rápidas, el problema se presenta con mayor amplitud los días viernes, sábados y domingos en el último período en el que esta abierta la tienda, que comprende de 6:00 pm a 10:00 pm. La gerencia se interesa en conocer cual sería la mejor manera de distribuir las cajas, incluso la cantidad de cajas, ya que mantener una caja rápida abierta involucra un alto costo. Por política gerencial, no pueden estar abiertas las 5 cajas rápidas al mismo tiempo, y tampoco puede haber más de 15 clientes formados en la fila común de las cajas.

A la fila de espera del sistema arriban clientes exponencialmente distribuidos con una media de 1.0082 min, donde esperan a ser procesados por las cuatro cajas de cobro abiertas. En dichas cajas se procesa al cliente con una distribución lognormal con media de 1.2606 min y una desviación estándar de 0.91222 min.

Después el cliente a tomar su producto con los empacadores que trabajan a una distribución constante de 1 minuto. La empresa ha detectado que el 50% de las cajas presentaran un bloqueo de cuenta el cual se presenta cada 2 horas.

Para desbloquear la caja el supervisor tarda 2 minutos con una distribución constante. Los empacadores toman un descanso cada 2 horas exponencialmente distribuido con una media de 5 minutos. Actualmente se tiene un empacador por cada caja.

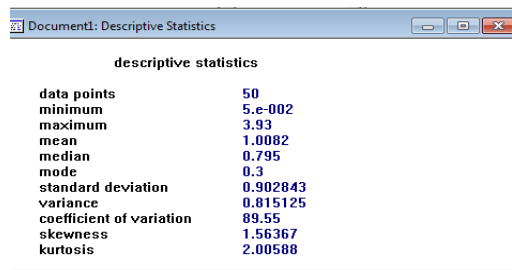
Realice el modelo de simulación, analice los resultados y determine las medidas necesarias para optimizar el proceso del sistema, considerando que la empresa gasta una cantidad considerable por hora en que una caja rápida este abierta.

3.4 VALIDAR EL MODELO

Como se mencionó anteriormente el modelo se construyo a base de 4 cajas rapidas de cobro por instrucciones de la gerencia, ya que como se indico que implica un gasto considerable el tener mas cajas rapidas abiertas. Con las observaciones obtenidas a partir del muestreo que se realizo anteriormente (viernes, sabado y domingo), se utilizaran para obtener los parametros necesarios para poder realizar el modelo de simulación.

Tiempo entre llegada

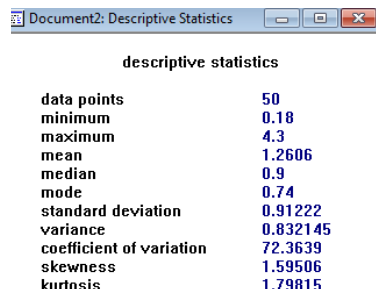
Se distribuye exponencialmente con los siguientes parametros:



descriptive statistics	
data points	50
minimum	5.e-002
maximum	3.93
mean	1.0082
median	0.795
mode	0.3
standard deviation	0.902843
variance	0.815125
coefficient of variation	89.55
skewness	1.56367
kurtosis	2.00588

Tiempo de servicio

Se distribuye con una distribución Lognormal con los siguientes parametros:



descriptive statistics	
data points	50
minimum	0.18
maximum	4.3
mean	1.2606
median	0.9
mode	0.74
standard deviation	0.91222
variance	0.832145
coefficient of variation	72.3639
skewness	1.59506
kurtosis	1.79815

Con los valores de los datos que representan los parametros de cada una de las distribuciones obtenidas mediante Stat::Fit y con los datos proporcionados por la empresa procedemos a la realización del modelo de simulación de Bodega Aurrera sucursal Mariano Hidalgo.

Primeramente para la validación del modelo se procede con las localizaciones que en este caso son las cajas de cobro, linea de espera y el empaque como se muestra a continuación:

```
*****
*                               Locations                               *
*****
```

Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost
FILA_ESPERA	15	1	Time Series Oldest	, First	
CAJA_DE_COBRO	1	4	Time Series Oldest	, First	
CAJA_DE_COBRO.1	1	1	Time Series Oldest	, ,	
CAJA_DE_COBRO.2	1	1	Time Series Oldest	, ,	
CAJA_DE_COBRO.3	1	1	Time Series Oldest	, ,	
CAJA_DE_COBRO.4	1	1	Time Series Oldest	, ,	
EMPACADO	1	4	Time Series Oldest	, First	
EMPACADO.1	1	1	Time Series Oldest	, ,	
EMPACADO.2	1	1	Time Series Oldest	, ,	
EMPACADO.3	1	1	Time Series Oldest	, ,	
EMPACADO.4	1	1	Time Series Oldest	, ,	

Como se muestra tenemos una fila de espera con capacidad de 15 clientes debido a que la gerencia de Bodega Aurrera considera esta cantidad como maxima en la fila de espera comun hacia las cajas rápidas de cobro, tambien se muestran las 4 cajas de cobro de las cuales se compone nuestro modelo de simulación asi como los empacadores (cerillos).

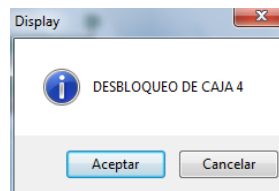
A continuacion se muestran los paros no programados que se pueden presentar en el modelo de simulación:

```
*****
*                               Clock downtimes for Locations                               *
*****
```

Loc	Frequency	First Time	Priority	Scheduled	Disable	Logic
CAJA_DE_COBRO.2	120	90	99	No	No	DISPLAY " DESBLOQUEO DE CAJA 2" GET SUPERVISOR WAIT 2 FREE SUPERVISOR
CAJA_DE_COBRO.4	120	30	99	No	No	DISPLAY " DESBLOQUEO DE CAJA 4" GET SUPERVISOR WAIT 2 FREE SUPERVISOR

Mediante la ayuda de ProModel podemos incluir los paros en las cajas de cobro, que en este caso seria los bloqueos de cajas que se presentan aproximadamente cada 2 horas, el cual consume un tiempo de desbloqueo de 2 minutos con una distribucion constante el cual se presenta aproximadamente en el 50 % de las cajas (datos proporcionados por la empresa), para llevar a cabo esta situacion y mostrarlo un poco mas real a la situacion que se presenta en la empresa Bodega

Aurrera utilizamos el comando DISPLAY el cual nos muestra en la simulación del modelo cuando la caja ha sido desbloqueada mediante la siguiente ventana:



Al dar clic en el botón “aceptar” la simulación continuará, cabe mencionar que este evento se mostrará varias veces todo dependiendo de cuánto tiempo programemos el modelo de simulación. Para poder realizar los desbloques en cajas se utilizó un recurso llamado SUPERVISOR el cual se encargará de la función de desbloqueo de cajas.

Procedemos con las entidades y los recursos

***** Entities *****							
* Entities *							
Name	Speed (fpm)	Stats	Cost				
CLIENTE	150	Time Series					
***** Resources *****							
* Resources *							
Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion	Cost
CERILLO	4	By Unit	None	Oldest		Empty: 150 fpm Full: 150 fpm	
SUPERVISOR 1		By Unit	None	Oldest		Empty: 150 fpm Full: 150 fpm	

La entidad nos representa al cliente que se procesará en la caja de cobro, los recursos son los empacadores (cerillos), los cuales son 4 ya que se considera uno para cada caja de cobro y un supervisor el cual se encargará del desbloqueo de caja como se mencionó anteriormente.

Ahora continuamos con el uso de los recursos:

***** Usage downtimes for Resources *****						
* Usage downtimes for Resources *						
Res	Frequency	First Time	Priority	Node	List	Logic
CERILLO	60	60	99			WAIT E<5>

En esta imagen se muestra la configuración que se le da a los empacadores (cerillos), ya que estamos considerando una jornada de 4 horas de trabajo. Lo

que indica esta tabla es el descanso que tienen los empacadores (cerillos), cada hora con una distribución exponencial de 5 minutos (datos proporcionados por la gerencia de la empresa).

```
*****
*                               Arrivals                               *
*****
```

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
CLIENTE	FILA_ESPERA	1	0	INF	E<1.0082>	

En esta tabla apreciamos las llegadas de los clientes a la linea de espera con una distribución exponencial de 1.0082 min (dato que se obtuvo a partir de las obserbaciones realizadas en los tres dias de trabajo).

```
*****
*                               Processing                               *
*****
```

Process			Routing			
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule
CLIENTE	FILA_ESPERA		1	CLIENTE	CAJA_DE_COBRO	FIRST 1
CLIENTE	CAJA_DE_COBRO	WAIT L<1.2606, 0.91222> CLIENTES_PROCESADOS=ENTRIES <CAJA_DE_COBRO>	1	CLIENTE	EMPACADO	FIRST 1
CLIENTE	EMPACADO	GET CERILLO WAIT 1 FREE CERILLO	1	CLIENTE	EXIT	FIRST 1

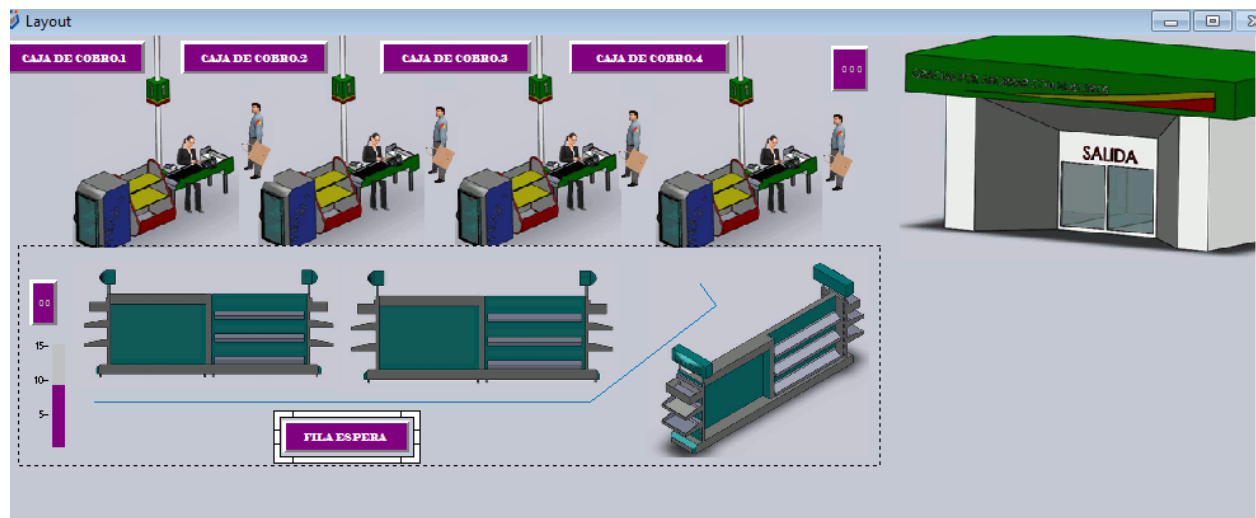
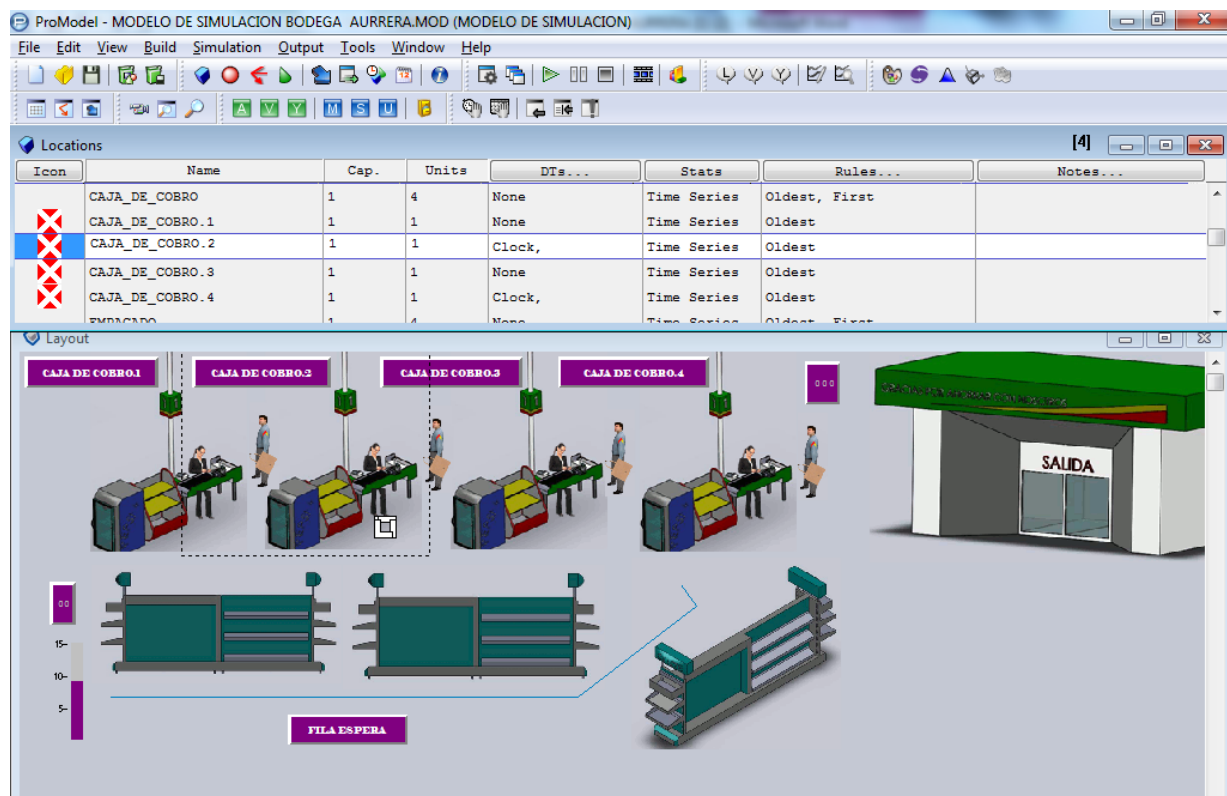
En esta tabla observamos el procesamiento de los clientes en todo el sistema desde que llegan a la linea de espera, se les da el servicio en caja de cobro, obtienen sus productos empacados por parte del cerillo y salen del sistema.

```
*****
*                               Variables <global>                               *
*****
```

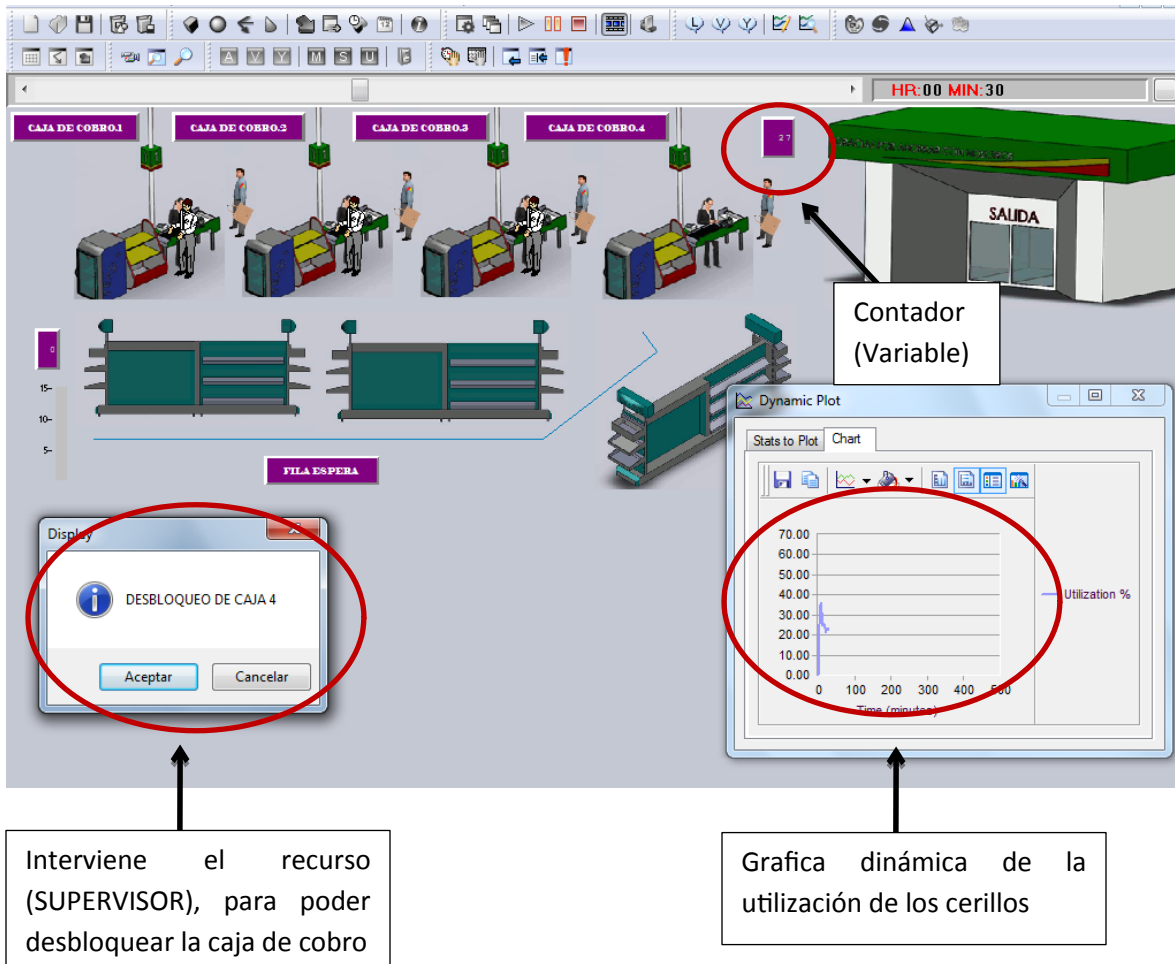
ID	Type	Initial value	Stats
CLIENTES_PROCESADOS	Integer	0	Time Series

En esta tabla se muestra la aplicación de una variable global para cuantificar el total de clientes procesados en el sistema.

En la siguiente imagen se muestra el modelo de simulación que se construyó en ProModel.



Al modelo de simulación se le agrego una grafica dinámica de la utilizacion de los empacadores (cerillos), nótese que la ventana se muestra nuevamente donde indica cuando interviene el supervisor para poder desbloquear la caja.



Una vez que la simulación termino en el tiempo que programamos (4 horas), procedemos a verificar el reporte general de la simulación para observar el funcionamiento del sistema.

Ficha LOCATIONS

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
FILA ESPERA	4.00	15.00	241.00	0.42	0.42	4.00	1.00	2.79
CAJA DE COBRO.1	4.00	1.00	102.00	1.43	0.61	1.00	1.00	60.92
CAJA DE COBRO.2	4.00	1.00	74.00	1.24	0.38	1.00	1.00	38.33
CAJA DE COBRO.3	4.00	1.00	44.00	1.31	0.24	1.00	1.00	23.96
CAJA DE COBRO.4	4.00	1.00	20.00	0.98	0.08	1.00	1.00	8.16
CAJA DE COBRO	16.00	4.00	240.00	1.31	0.33	4.00	4.00	32.84
EMPACADO.1	4.00	1.00	121.00	1.00	0.50	1.00	1.00	50.23
EMPACADO.2	4.00	1.00	65.00	1.00	0.27	1.00	0.00	27.08
EMPACADO.3	4.00	1.00	37.00	1.00	0.15	1.00	0.00	15.42
EMPACADO.4	4.00	1.00	13.00	1.00	0.05	1.00	0.00	5.42
EMPACADO	16.00	4.00	236.00	1.00	0.25	4.00	1.00	24.54

Como podemos observar la utilización de las cajas de cobro y de los empacadores (cerillos), es muy baja en el tiempo programado (4 horas), por lo que es necesario mejorar la utilización de las cajas.

También se muestra que el total de entradas al sistema son 241 clientes, así como el contenido máximo de 4 clientes que tuvo la fila de espera.

Ficha LOCATION STATES MULTIPLE

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Scheduled Time (HR)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
FILA ESPERA	4.00	65.52	34.48	0.00	0.00

Esta ficha muestra el porcentaje que la fila estuvo parcialmente ocupada 34.48% y porcentaje que estuvo vacía 65.52%

Ficha LOCATION STATES SINGLE

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
CAJA DE COBRO.1	4.00	60.70	0.00	39.08	0.00	0.22	0.00
CAJA DE COBRO.2	4.00	38.16	0.00	60.00	0.00	0.17	1.67
CAJA DE COBRO.3	4.00	23.92	0.00	76.04	0.00	0.04	0.00
CAJA DE COBRO.4	4.00	8.16	0.00	90.17	0.00	0.00	1.67
CAJA DE COBRO	16.00	32.74	0.00	66.32	0.00	0.11	0.83
EMPACADO.1	4.00	50.23	0.00	49.77	0.00	0.00	0.00
EMPACADO.2	4.00	27.08	0.00	72.92	0.00	0.00	0.00
EMPACADO.3	4.00	15.42	0.00	84.58	0.00	0.00	0.00
EMPACADO.4	4.00	5.42	0.00	94.58	0.00	0.00	0.00
EMPACADO	16.00	24.54	0.00	75.46	0.00	0.00	0.00

Esta ficha muestra el porcentaje que las localizaciones (cajas de cobro y empacadores) estuvieron en operación, estuvieron ociosas, en espera, bloqueadas y agotadas.

Ficha RESOURCES

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	% Utilization	
CERILLO.1	1.00	4.00	59.00	1.00	24.58	24.58
CERILLO.2	1.00	4.00	59.00	1.00	24.58	24.58
CERILLO.3	1.00	4.00	59.00	1.00	24.58	24.58
CERILLO.4	1.00	4.00	59.00	0.99	24.40	24.40
CERILLO	4.00	16.00	236.00	1.00	24.54	24.54
SUPERVISOR	1.00	4.00	4.00	2.00	3.33	3.33

Esta ficha muestra el estado de los recursos, numero de veces usados, el tiempo promedio por uso, así como el porcentaje de utilización de los empacadores (cerillos), podemos observar que la utilización es baja por lo que es otro punto en cual enfocarnos para mejorar el modelo, en si el supervisor no es muy importante ya que solo interviene en el sistema cuando hay cajas bloqueadas.

Ficha RESOURCE STATES

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)				
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Idle	% Down
CERILLO.1	4.00	24.58	75.42	0.00
CERILLO.2	4.00	24.58	75.42	0.00
CERILLO.3	4.00	24.58	75.42	0.00
CERILLO.4	4.00	24.40	75.60	0.00
CERILLO	16.00	24.54	75.46	0.00
SUPERVISOR	4.00	3.33	96.67	0.00

En esta ficha observamos el estado de los recursos en porcentaje y podemos identificar que los empacadores tienen un alto porcentaje de tiempo ocioso.

Ficha ENTITY ACTIVITY

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
CLIENTE	235.00	6.00	2.72	0.00	0.00	2.70	

En esta ficha se muestra la cantidad de clientes procesados en el sistema (235 clientes), la cantidad actual que se quedo en el sistema al momento de finalizar la simulación (6 clientes), y también muestra el tiempo promedio del cliente en el sistema (2.72 min).

Ficha ENTITY STATES

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run Rep. 1)				
Name	% In Move Logic	% Waiting	% In Operation	% Blocked
CLIENTE	0.00	0.00	99.28	0.72

Esta ficha nos muestra el estado de la entidad en el sistema.

Como información importante de este modelo de simulación tenemos:

LOCATIONS

Name	% Utilización
FILA ESPERA	2.79
CAJA DE COBRO.1	60.92
CAJA DE COBRO.2	38.33
CAJA DE COBRO.3	23.96
CAJA DE COBRO.4	8.16
CAJA DE COBRO	32.84
EMPACADO.1	50.23
EMPACADO.2	27.08
EMPACADO.3	15.42
EMPACADO.4	5.42
EMPACADO	24.53

RESOURCE STATES

Name	% Idle
CERILLO.1	75.42
CERILLO.2	75.42
CERILLO.3	75.42
CERILLO.4	75.60
CERILLO	75.46

ENTITY ACTIVITY

Name	Total Exits	Avg. Time In System (MIN)
CLIENTE	235	2.72

Con esta información obtenida mediante el modelo de simulación anterior podemos experimentar para encontrar el punto óptimo para mejorar el sistema y maximizar los recursos.

3.5 EXPERIMENTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

Se realizaron varias pruebas en el modelo de simulación con el fin de analizar y observar cuales eran los cambios en las variables y con ello poder dictaminar cual de esos cambios es mas conveniente para la empresa, de acuerdo a las políticas y lineamientos que establece el corporativo. La primera observación que fue de vital importancia fue reducir el numero de cajas, ya que las utilizations de cada una de las cajas de cobro estaban mal distribuidas y por consiguiente no tenían un porcentaje de utilización aceptable, por lo que se determino reducir el numero de cajas rápidas de cobro a la mitad (2 cajas), considerando que el 50 % de las cajas en uso reciben un bloqueo cada 2 horas (según datos del supervisor), lo cual representaría una disminución de paros de caja en un 50 % si se reduce aun 50% la cantidad de cajas abiertas.

La segunda observación fue el porcentaje de tiempo ocio por parte de los empacadores (cerillos), ya que también su utilización no era aceptable. Los empacadores (cerillos), así como las cajas de cobro se redujeron a 2, los empacadores también, aun así al correr el modelo de simulación del modelo con dos cajas de cobro y dos empacadores, la utilización de estos no era aun aceptable, por lo que experimentamos con un solo empacador que satisficiera las dos cajas y nos arrojó una utilización mayor que la consideramos aceptable.

En la siguiente ilustración se muestra la diferencia de utilización con 2 empacadores (cerillos) y con uno solo:

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA OPTIMIZADO.MOD (Normal Run - Rep. 1)				
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Idle	% Down
CERILLO.1	4.00	49.63	50.38	0.00
CERILLO.2	4.00	49.58	50.42	0.00
CERILLO	8.00	49.60	50.40	0.00
SUPERVISOR	4.00	1.67	98.33	0.00



% Tiempo ocio con
dos empacadores
(cerillos)

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA OPTIMIZADO.MOD (Normal Run - Rep. 1)				
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Idle	% Down
CERILLO	4.00	98.47	1.53	0.00
SUPERVISOR	4.00	1.67	98.33	0.00



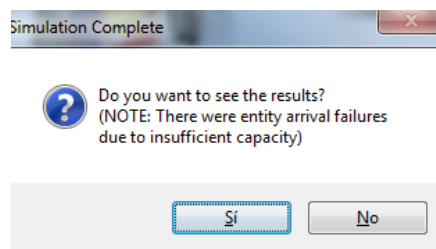
% Tiempo ocio con
1 empacador
(cerillo)

Por lo tanto la primera optimización del modelo será reducir el número de cajas a 2, las cuales serán operadas por un solo cerillo que empaquetara los productos terminados de los clientes.

La tercera observación hace referencia a la línea de espera de acuerdo con la capacidad, ya que como se nos notifico no debería haber mas de 15 clientes en la fila de acuerdo al supervisor, pero debido a la reducción de cajas a 2 y que estás serán atendidas por un solo empacador (cerillo), la capacidad de la fila seria de 16 clientes como mínimo para evitar las llegadas fallidas de los clientes.

A continuación se muestra la justificación de la capacidad de la línea de espera:

Si la capacidad como mínimo fuera de 15 clientes, la simulación en el reporte general nos muestra llegadas fallidas

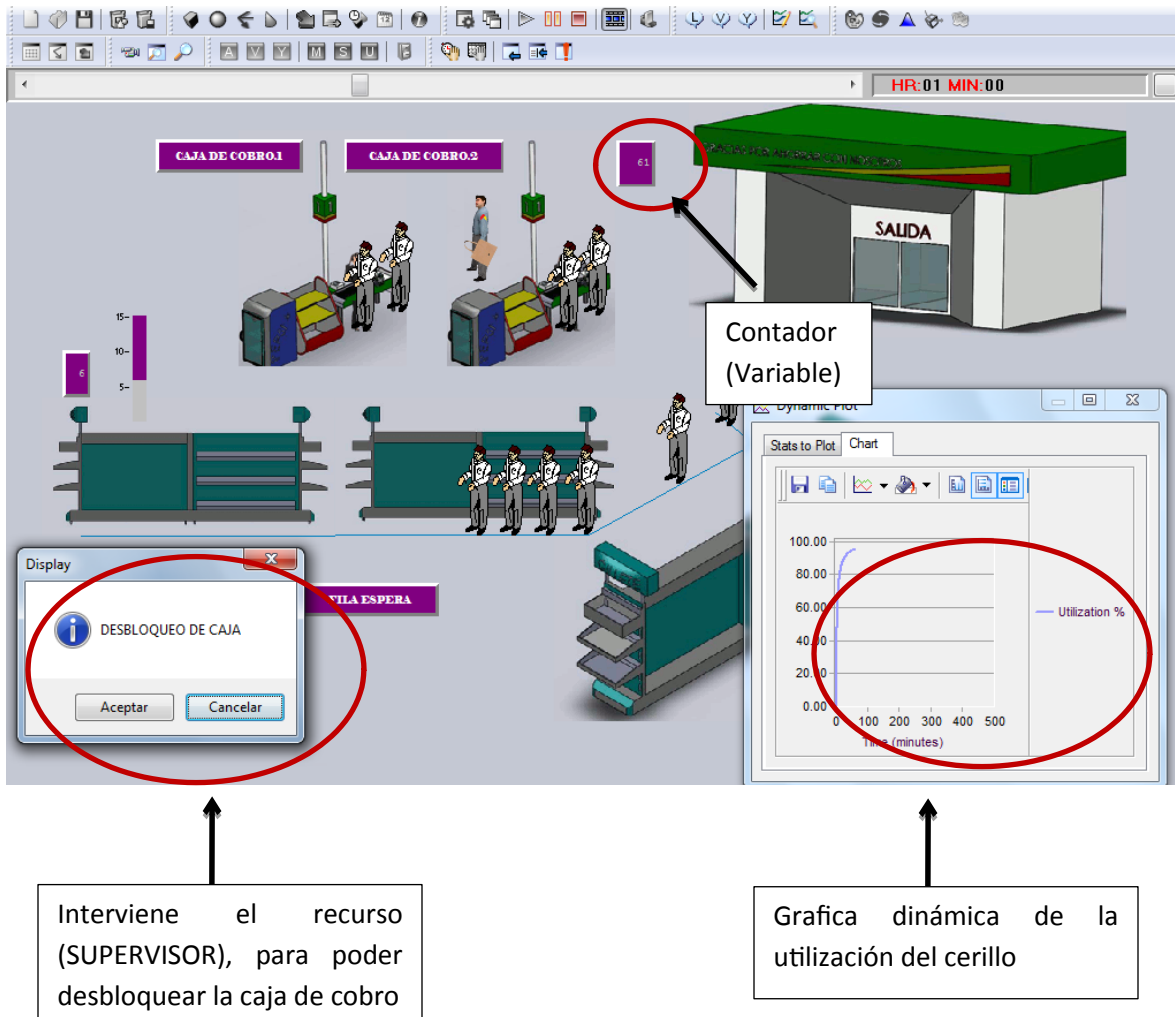


MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA OPTIMIZADO.MOD (Normal Ru...		
Entity Name	Location Name	Total Failed
CLIENTE	FILA ESPERA	1.00

Como notificamos si la capacidad de la línea de espera es de 15 clientes, entonces existirá una llegada fallida, pero para optimizarlo y no existan llegadas fallidas la capacidad de la línea de espera es de 16 como minino para garantizar el flujo de clientes a caja de cobro.

3.6 DOCUMENTACIÓN DEL MODELO

En la siguiente imagen se muestra el modelo de simulación del sistema de Bodega Aurrera sucursal Mariano Hidalgo, con la optimización adecuada para maximizar la disponibilidad de los recursos, haciendo uso de dos cajas rápidas y un solo empacador (cerillo).



A continuación se hace la comparación entre el modelo de simulación original y el modelo de simulación optimizado.

Ficha LOCATIONS del modelo de simulación original:

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
FILA ESPERA	4.00	15.00	241.00	0.42	0.42	4.00	1.00	2.79	
CAJA DE COBRO.1	4.00	1.00	102.00	1.43	0.61	1.00	1.00	60.92	
CAJA DE COBRO.2	4.00	1.00	74.00	1.24	0.38	1.00	1.00	38.33	
CAJA DE COBRO.3	4.00	1.00	44.00	1.31	0.24	1.00	1.00	23.96	
CAJA DE COBRO.4	4.00	1.00	20.00	0.98	0.08	1.00	1.00	8.16	
CAJA DE COBRO	16.00	4.00	240.00	1.31	0.33	4.00	4.00	32.84	
EMPACADO.1	4.00	1.00	121.00	1.00	0.50	1.00	1.00	50.23	
EMPACADO.2	4.00	1.00	65.00	1.00	0.27	1.00	0.00	27.08	
EMPACADO.3	4.00	1.00	37.00	1.00	0.15	1.00	0.00	15.42	
EMPACADO.4	4.00	1.00	13.00	1.00	0.05	1.00	0.00	5.42	
EMPACADO	16.00	4.00	236.00	1.00	0.25	4.00	1.00	24.51	

Ficha LOCATIONS del modelo de simulación optimizado

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA OPTIMIZADO.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
FILA ESPERA	4.00	16.00	251.00	6.13	6.41	16.00	11.00	40.05	
CAJA DE COBRO.1	4.00	1.00	119.00	2.01	0.99	1.00	1.00	99.47	
CAJA DE COBRO.2	4.00	1.00	121.00	1.93	0.97	1.00	1.00	97.14	
CAJA DE COBRO	8.00	2.00	240.00	1.97	0.98	2.00	2.00	98.31	
EMPACADO.1	4.00	1.00	121.00	1.91	0.96	1.00	1.00	96.17	
EMPACADO.2	4.00	1.00	117.00	1.94	0.95	1.00	1.00	94.79	
EMPACADO	8.00	2.00	238.00	1.93	0.95	2.00	2.00	95.48	

Como se puede apreciar en cada una de las fichas de los modelos de simulación, existe una gran diferencia en cuanto a la utilización de las estaciones de trabajo (cajas de cobro y empacadores), ya que con modelo optimizado aprovechamos de una manera mas eficiente las utilizaciones de las locaciones.

Ficha RESOURCE STATES del modelo de simulación original

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)				
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Idle	% Down
CERILLO.1	4.00	24.58	75.42	0.00
CERILLO.2	4.00	24.58	75.42	0.00
CERILLO.3	4.00	24.58	75.42	0.00
CERILLO.4	4.00	24.40	75.60	0.00
CERILLO	16.00	24.54	75.46	0.00
SUPERVISOR	4.00	3.33	96.67	0.00

Ficha RESOURCE STATES del modelo de simulación optimizado

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA OPTIMIZADO.MOD (Normal Run - Rep. 1)				
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Idle	% Down
CERILLO	4.00	98.47	1.53	0.00
SUPERVISOR	4.00	1.67	98.33	0.00

La mejora es evidente ya que con el modelo de simulación original teníamos 4 empacadores, los cuales tenían un alto % de tiempo ocioso y con el modelo de simulación optimizado con un solo empacador (cerillo), podemos satisfacer 2 cajas aumentando su % de tiempo en uso y disminuyendo su % de tiempo ocio.

Como se muestra el supervisor muestra un tiempo de ocio muy grande aunque en realidad el estadístico solo representa el tiempo que el supervisor invirtió en desbloquear la caja, por lo tanto se puede entender que ese 98.33% de ocio en realidad representa el tiempo que gasta el supervisor en otras operaciones diferentes a desbloquear caja.

Ficha ENTITY ACTIVITY del modelo de simulación original

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
CLIENTE	235.00	6.00	2.72	0.00	0.00	2.70	

Ficha ENTITY ACTIVITY del modelo de simulación optimizado.

MODELO DE SIMULACION BODEGA AURRERA OPTIMIZADO.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
CLIENTE	236.00	15.00	9.87	0.00	0.95	2.67	

La mejora mas significativa que se puede mostrar en el sistema es que en el modelo de simulación original procesamos 235 clientes en todo el sistema durante 4 horas y por lo consiguiente en el modelo de simulación optimizado procesamos 236 clientes, pero con la diferencia de que solo usamos dos cajas registradoras y

un solo empacador (cerillo), esta mejora se refleja económicamente ya que solo estarán en operación solo dos cajas lo que trae como beneficio un ahorro de dinero para la empresa.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto de simulación implementado al sistema de cajas de la tienda Bodega Aurrera sucursal Mariano Hidalgo, se logro maximizar la atención al cliente con el modelo planteado para mejora del sistema ya que se analizaron las variables se observan en la ejecución de tareas del sistema.

Con la estructuración del modelo podemos tener una noción certera del proceso real que se tiene en las cajas de cobro de la tienda Aurrera, ya que implico desde cronometrar las variables de estudio hasta la integración de todos los elementos del sistema para llevar a cabo la simulación del proyecto.

Para mejorar el proceso de cobro en las cajas de la tienda Aurrera se recomienda el uso de estándares de tiempo sobre las variables lo que quiere decir es hacer una programación de locaciones que ayuden en dado caso a reducir el saturamiento de clientes en el sistema que se verá reflejado en la disminución de tiempos de servicio y espera.

Lo que nos llevara a tener beneficios como:

- Mejor distribución de los recursos humanos
- Disminución en el tiempo de espera de clientes
- Mejor calidad de servicio
- Mejor flujo de clientes en el sistema
- Ahorros económicos
- Ganar mas clientes

En conclusión específicamente podemos definir gracias a la experimentación del modelo antes evaluado las siguientes recomendaciones para mejorar la eficiencia del sistema:

- Disminuir las cajas de 4 a 2; con lo cual se reducirán los costos de energía eléctrica y salario de cajero además de que los bloqueos de caja antes mencionados disminuirán en un 50%
- Disminuir el numero empacadores de 4 a 1
- Aumentar la capacidad de la fila de espera de 15 a 16 para no tener ninguna entrada fallida en otras palabras que ningún cliente deje de comprar por que la caja esta llena

Con las propuestas antes mencionadas se ha simulado que los clientes procesados originalmente 235 pueden aumentar a 236 con aproximadamente el 50% de los recursos que actualmente manejan.

5. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

GARCÍA DUNA EDUARDO, GARCIA REYES HERIBERTO Y CÁRDENAS BARRÓN LEOPOLDO EDUARDO, SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE SISTEMAS CON PROMODEL, PRIMERA EDICIÓN, PEARSON EDUCACIÓN, MÉXICO 2006.

GARCÍA, SIERRA Y GUZMÁN, SIMULACIÓN DE SISTEMAS PARA ADMINISTRACIÓN E INGENIERÍA, CECSA

COSS BU RAÚL. SIMULACIÓN UN ENFOQUE PRÁCTICO, VIGÉSIMA REIMPRESIÓN 2003. EDITORIAL LIMUSA, S.A de C.V.

PIÑEIRO REDONDO YOLANDA, SIMULACIÓN DE MONTE CARLO DE SISTEMAS COMPLEJOS EN RED, PRIMERA EDICIÓN.