



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**Modelo de localización de facilidades de almacenaje,
mediante la teoría de colas**

TESINA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Roberto Carlos FLORES TORRES

ASESOR

Eduardo Eliseo RAFFO LECCA

Lima, Perú

2008



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Flores, R. (2008). *Modelo de localización de facilidades de almacenaje, mediante la teoría de colas*. Tesina para optar el título profesional de Ingeniero Industrial. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Dedicatoria:

A MIS PADRES

INDICE

	Nro. Pág.
Introducción	
Capítulo I	1
La Empresa	1
1.1 Aspectos generales	1
1.2 Organización de la empresa	2
Capítulo II	12
Conceptos en fenómenos de Espera	12
2.1 Conceptos en Teoría de Colas	12
2.2 Modelo de Tiempo Recorrido	13
Capítulo III	22
Modelo de Optimización de Facilidades	22
3.1 Alternativas de facilidades	22
3.2 Alternativa óptima	40
Capítulo IV	41
Conclusiones y Recomendaciones	41
4.1 Conclusiones	42
4.2 Recomendaciones	44
Bibliografía	

INTRODUCCIÓN

Sobre la última cuarta centuria, la manufactura y el desarrollo de modelos matemáticos auxiliados por el soporte computacional (los programas de computadoras o software), han permitido diseñar partes y sistemas de costos del producto en grandes detalles.

En la actualidad mucha de la tecnología está basada en el uso del soporte de las computadoras; con el advenimiento de las capacidades computacionales y el software, han contribuido a que los negocios en los últimos años, reduzcan de una forma considerable sus costos.

Muchos costos indirectos afectan el desarrollo de una compañía; una planta con una pésima distribución física de sus almacenes o *layout*, tiene como consecuencia el incremento de los costos totales en su producción.

Por experiencia, muy pocos manufactureros reconocen el gran efecto de una pobre distribución física en sus almacenes; el que les ocasiona deterioro en su productividad y en los costos totales de la empresa.

Los problemas de distribución de plantas, son generalmente latentes y ocultos, una buena distribución de facilidades, origina una buena gestión por parte de sus administradores.

El propósito del presente trabajo, es disponer las facilidades del almacén de herramientas, que ofrecen servicio a los mecánicos. Estos continuamente están demandando sus servicios durante la jornada laboral.

El problema de dar servicio, a la demanda de los clientes es estudiado por los fenómenos de espera, o denominado teoría de colas. Una optimización entre la atención al cliente, el tiempo perdido en la travesía a la facilidad, el costo de espera y el de servicio, involucran una función objetivo , que el presente trabajo resuelve.

El estudio realiza una optimización discreta, mediante la Teoría de Colas; con la finalidad de encontrar las características de la facilidad de atención a los mecánicos en una empresa manufacturera.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cook, T., y R. Russell: "A Simulation and Statistical Analysis of Stochastic Vehicle Routing with Timing Constraints", "Decision Sciences", vol. 9, no. 4, October 1978, pp. 673-687.
2. Hillier, F., Lieberman, G., "Operations Research", Holden-Day, Inc., Second Edition 1974.
3. Johnston, B., y B. Morris: "Monitoring Control in Service Operations", International Journal of Operations and Production Management", vol. 5, no. 1, 1985, pp. 33-38.
4. Levitt, Theodore: "Production-Line Approach to Service", Harvard Business Review", September-October 1976, pp. 63-74.
5. Schrage, Linus: "Optimization Modeling with LINGO", Lindo System Inc., Fifth edition 2002.
6. Nahmias, Steven: "Production and Operations Analysis", McGraw-Hill Irwin, 2001.

CAPITULO I

LA EMPRESA

El presente capítulo, esta concebido, con la finalidad de conocer el entorno donde se desenvuelve el proceso productivo y además el planteamiento de las operaciones diarias de elaboración de pinturas las que se resumen líneas adelante.

Primero se hará una breve descripción de la empresa y sus principales características. Luego se describirá el proceso de elaboración de pinturas, considerando el proceso general y los procesos secundarios.

En la actualidad el uso de software de optimización, contiene el conocimiento de realización de un buen plan de producción. Anticipadamente se puede visualizar una serie de eventos que solo podrían ser conocidos después de un proceso productivo.

1.1.ASPECTOS GENERALES

Industrias PAINT es una empresa dedicada a la elaboración de esmalte, barniz, anticorrosivos y pinturas látex, fabricados todos en sus instalaciones de Lima – Perú. Es una empresa relativamente joven que a través de los años ha experimentado un paulatino crecimiento y esta basada en la idea de integrar tecnología con calidad y la satisfacción de las necesidades de los clientes.

1.1.1 Características de la empresa

La planta está ubicada en el distrito de Ate Vitarte, así como los almacenes de producto terminado y materias primas.

Los tamaños de pintura que son producidos en la planta son 1/32, 1/16, 1/4, 1/2 y 1 galón. Las pailas son de 84 gl. de capacidad, los envases de las pinturas son de hojalata y estos se colocan en cajas de cartón, ubicándose en pilas de 7 galones.

1.2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa esta constituida por los siguientes departamentos:

- Directorio
- Gerencia General
- Finanzas
- Marketing y Ventas
- Producción
- Logística
- Almacenes

1.2.1 Características del producto

Se define la pintura como una composición líquida pigmentada que se convierte en una película sólida después de su aplicación. Los factores físicos y las características generales conseguidas en una pintura están determinadas por su formulación y su cuidadosa fabricación. También existen otros factores como las condiciones de uso, preparación de superficie, métodos de aplicación y secado. Las pinturas constituyen el medio de recubrimiento más rápido, eficiente y ventajoso.

Alguna de las funciones que cumplen son:

- **Protección:** La pintura es usada en la protección contra el ataque atmosférico, se utilizan para proteger una superficie de la corrosión.
- **Decoración:** Las pinturas permiten embellecer los ambientes, es un medio de higiene que permite formar superficies lisas que facilitan la limpieza.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

1.3.1 Proceso de elaboración de la pintura

En el diagrama se presenta el proceso general de la elaboración de pinturas y cuyos procesos principales son:

- Proceso de elaboración de pasta
- Proceso de completado
- Proceso de envasado

DOP DE LA ELABORACIÓN DE PINTURAS

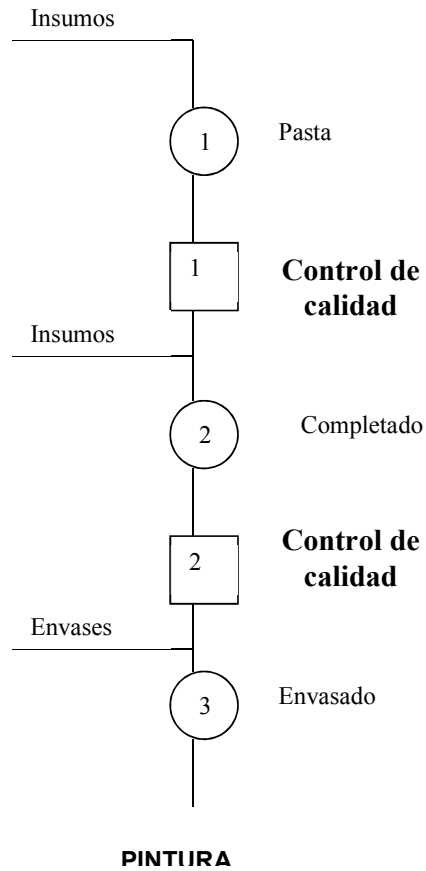


Figura 1

1.3.2 Proceso de elaboración de pasta

Esquema del Proceso:

Para este proceso se cuenta con tres molinos, los cuales son controlados por un operario. Permanentemente se debe preparar la solución la cual puede ser de soya o pescado las cuales son usadas según el color que se va a preparar.

Solución Soya: - Resina de Soya (60 Kg.)

- Aguarrás 3 latas (14 Kg.)

Solución de Pescado: - Resina de pescado (50 Kg.)

- Aguarrás 5 latas

Se agregan las perlas a la olla, se pesa la solución de soya o pescado (aprox. 18-20 Kg.), se vierte en la olla. Se pesan los pigmentos en las proporciones necesarias para obtener el color deseado, la cual es agregada en la olla. Se prende el molino para realizar el mezclado de insumos. Se pesa la lecitina de soya 350gr. Esto es agregado en la olla. Se pesa 6 Kg. de solvente (aguarrás) y es vertido en la olla. Después de aproximadamente 1 hora se apaga el molino y se procede al filtrado de perlas seguidamente se vacía la pasta en un recipiente y se lava la olla del molino con aguarrás. La pasta obtenida se coloca a un lado para un almacenamiento temporal, para pasar seguidamente al proceso de completado.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE LA ELABORACIÓN DE PASTA

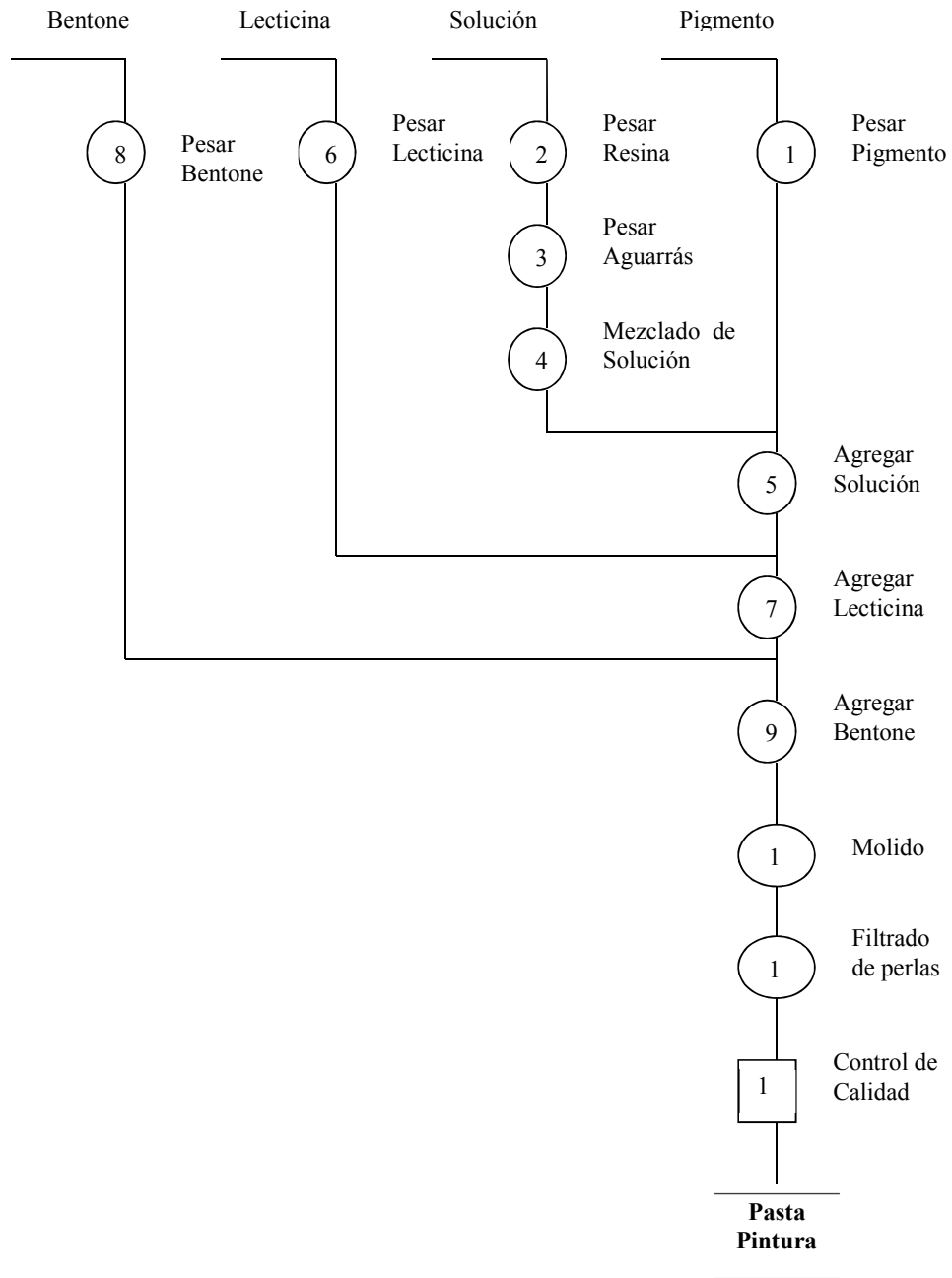


Figura 2

1.3.3 Proceso de completado

El proceso de completado se realiza en la maquina mezcladora, la cual consta de un motor a alta velocidad, un eje y una cuchilla circular.

En este proceso se adicionan la resina, aguarrás y otros aditivos los cuales son mezclados y dispersados a alta velocidad, procurando un perfecto matizado obteniendo así el tono del color deseado. También se realiza controles de calidad para lograr determinadas propiedades de la pintura, como la densidad y la viscosidad, espesor, durabilidad, etc; previamente 2 operarios hacen rodar el cilindro de resina por una rampa seguidamente se coloca la paila en una balanza de plataforma, ambos son llevados hacia donde se encuentra la resina. Se gradúa la balanza con el peso requerido. Se destapa el cilindro para que caiga la resina en la paila y es trasladada a la maquina mezcladora, donde se le agregaran diversos aditivos y su posterior dispersión. Se le agregan 4 latas de aguarrás (aprox. 68 Kg.), se baja la cuchilla dispersadora y se prende la maquina mezcladora y la dispersión de la pintura se realiza a alta velocidad, procurando una correcta mezcla de los diversos insumos.

En una pequeña balanza de precisión se pesan los aditivos en los pesos requeridos para cada color. Estos aditivos son plomo, calcio, cobalto y antipiel, los cuales son agregados en la paila.

Posteriormente es traído desde la zona de molinos el cilindro que contiene la pasta la cual es vertida en la paila, esta operación la realizan 2 operarios. El operario de la maquina dispersadora continuamente va removiendo con un palo la resina que se adhiere a las paredes de la paila.

En el matizado se debe obtener el tono exacto de acuerdo al patrón de color para ello continuamente se le agrega pasta de determinado color hasta lograr el tono deseado.

DOP DEL PROCESO DE COMPLETADO EN LA DISPERSIÓN DE PINTURA

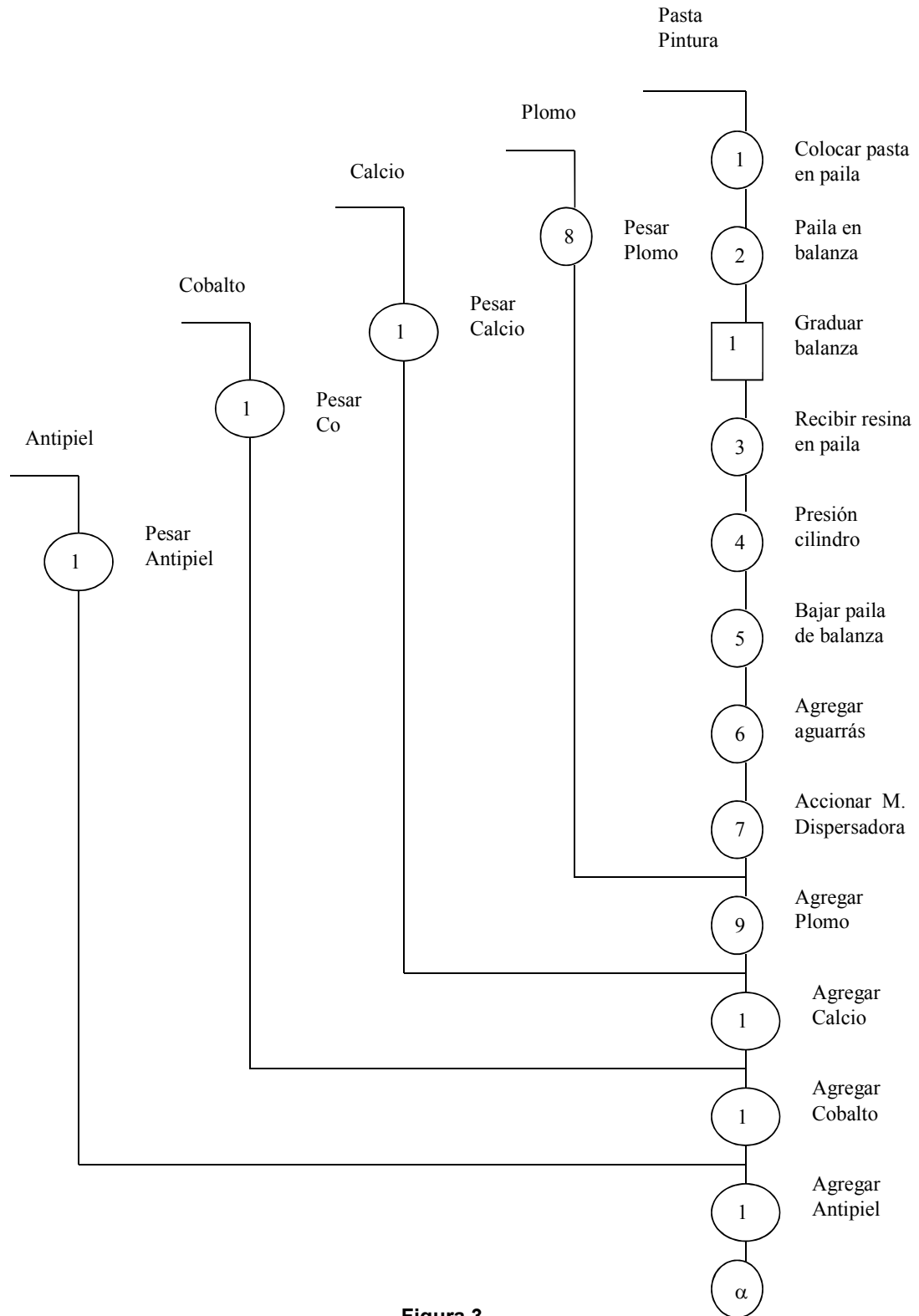


Figura 3

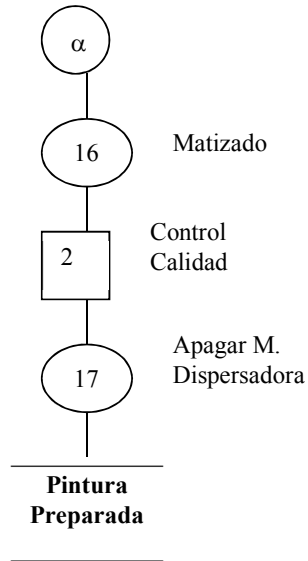


Figura 3

1.3.4 Proceso de envasado

En el diagrama se presenta el esquema de este proceso.

En este proceso se llenan los envases en el tamaño y color requeridos, así mismo se le pegan las etiquetas que indican el color de la pintura.

Los tamaños que trabajan son: 1/32, 1/16, ¼, ½, y 1 galón.

Operaciones:

- Cogger envase
- Posicionar en la boquilla
- Presionar botón para recibir la pintura
- Presionar tapa
- Colocar a la derecha el producto
- Pone punto (color) en la tapa
- Coloca productos en caja de cartón

DOP DEL PROCESO DE ENVASADO DE PINTURA

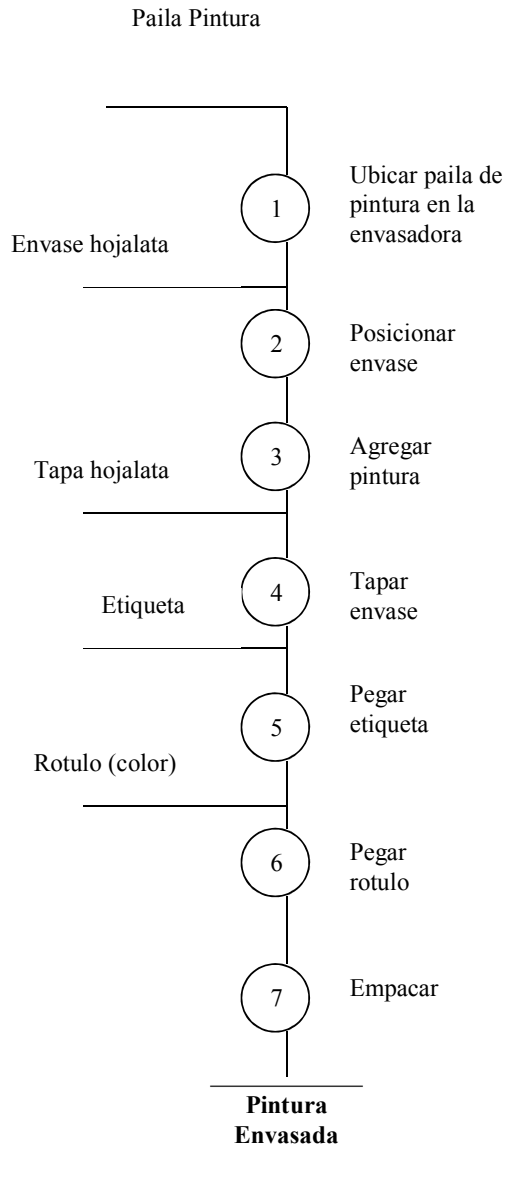


Figura 4

El etiquetado se realiza de la siguiente manera:

- Un operario coge etiqueta.
- Coge envase.
- Coloca etiqueta en envase.
- Un extremo de la etiqueta es untado de goma.
- Seguidamente pega ambos extremos.
- Los envases etiquetados son colocados en cajas de cartón.
- Las cajas de cartón son colocadas a un lado de la envasadora.

CAPITULO II

CONCEPTOS EN FENÓMENOS DE ESPERA

En el presente capítulo, se plantean los conceptos de Teoría de Colas; como además las toma de decisiones, usando esperanzas matemáticas.

2.1 CONCEPTOS EN TEORÍA DE COLAS

La teoría de colas, fue desarrollada para proveer modelos que sirvan para pronosticar la conducta de los sistemas, que proveen servicios producidos por las demandas aleatorias.

E. Erlang un ingeniero de telefonía danés, es considerado el padre de la teoría de colas; por sus desarrollos teóricos en el área de colas; allá en los tempranos años del siglo 20.

2.2.1 Conceptos en colas

Teoría de colas, estudia la conducta de los fenómenos de espera; en donde las unidades arriban desde una población de acuerdo a una distribución de probabilidades; esperan ser atendidos por el servidor y en su momento son atendidos en un tiempo denominado tiempo de servicio. Este tiempo también está regido por las leyes de la probabilidad; para luego finalmente salir del sistema.

El balance entre las variables aleatorias del arribo y el servicio, producen un proceso de conteo; donde las unidades se encuentran en la línea de espera (denominada comúnmente cola) o en servidor.

2.2 MODELO DE TIEMPO RECORRIDO

$E(T)$ puede ser interpretado como el tiempo de recorrido promedio hecho por los clientes venideros yendo hacia y saliendo de una estación de servicio dada. Además el valor de $E(T)$ depende bastante de las características de la situación individual. Sin embargo, se ilustrara un acercamiento muy general para evaluar $E(T)$ al desarrollar un modelo básico de recorrido-tiempo y luego calcular $E(T)$ para un ejemplo en particular que envuelva una situación mas complicada. En ambos casos se asume que la porción de la población asignada a la estación de servicio considerada esta distribuida uniformemente a través del área asignada, que cada arribo regresa a su locación original después de recibido el servicio y que la velocidad promedio de recorrido no depende de la distancia recorrida. Se asume además que el recorrido es rectilíneo, por ejemplo, el recorrido se desarrolla dentro de un sistema de caminos ortogonales (pasillos, calles, carreteras, etc.) que son paralelos con los lados principales del área bajo consideración.

2.2.1 Modelo Básico de Recorrido-Tiempo

El área rectangular y recorrido rectilíneo, como se ilustra en la figura 2.1.

Definiciones:

T = tiempo de recorrido para una llegada.

v = velocidad promedio de clientes yendo hacia la estación y saliendo de la estación.

a, b, c, d = distancia respectivas desde la estación a los limites del área asignada para la estación.

Encontrar: Valor esperado de $T, E(T)$.

Usando un sistema ortogonal (x, y) de coordenadas, las coordenadas (x, y) de la locación de un cliente en particular. Las coordenadas x e y de la locación desde la cual viene una llegada aleatoria son en realidad variables aleatorias X e Y , donde X se encuentra entre $-a$ y c , e Y se encuentra entre $-b$ y d . Ya que la distancia total de recorrido de la llegada aleatoria es

$$D = 2(|X| + |Y|)$$

y

$$T = \frac{D}{v}$$

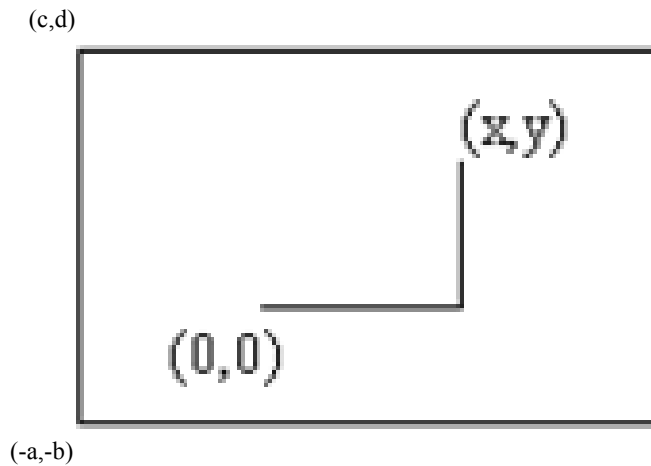


Figura 2.1

Se concluye que

$$E(T) = \frac{2}{v} (E(|X|) + E(|Y|))$$

Así el problema se reduce a identificar la distribución de probabilidades de $|X|$ e $|Y|$ y luego calcular sus medias.

Primero considerar $|X|$. Su distribución de probabilidades se puede obtener directamente de la probabilidad de X . Ya que se asume que los clientes están distribuidos uniformemente sobre el área asignada, y que la *altura* del área

rectangular es la misma para todos los posibles valores de $X = x$, entonces X debe tener una distribución uniforme entre $-a$ y c , como se muestra en la figura 2.2. Ya que $|x| = |-x|$, adicionar los valores de la función de densidad probabilística en x y $-x$, se tiene que la distribución de probabilidades de $|X|$ mostrada en la figura 2.3.

Por consiguiente:

$$\begin{aligned}
 E(X) &= \int_0^{\max(a,c)} Xf(X)dX \\
 &= \int_0^{\max(a,c)} \left(\frac{2X}{a+c} \right) dX + \int_{\min(a,c)}^{\max(a,c)} \frac{X}{a+c} dX \\
 &= \frac{1}{2} * \frac{1}{a+c} * \left[(\min(a,c))^2 + (\max(a,c))^2 \right] \\
 &= \frac{a^2 + c^2}{2 * (a+c)}
 \end{aligned}$$

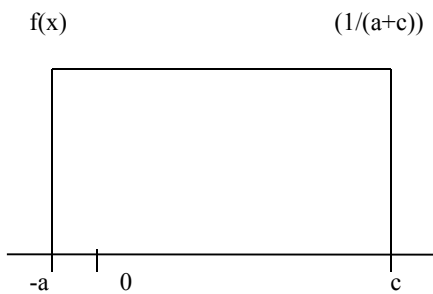


Figura 2.2

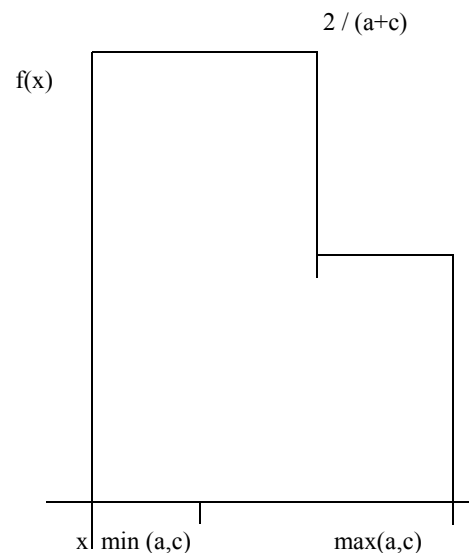


Figura 2.3

El análisis para $|Y|$ es completamente análogo, donde ahora el *ancho* del área rectangular para los posibles valores de $Y = y$ y determinan la distribución de probabilidades de Y . El resultado es el siguiente:

$$E(Y) = \frac{b * b + d * d}{2(b + d)}$$

Consecuentemente:

$$E(T) = \frac{1}{v} \left(\frac{a * a + c * c}{a + c} + \frac{b * b + d * d}{b + d} \right)$$

2.2.2 Número óptimo de facilidades

Actualmente la industria PAINT esta diseñando sus facilidades de almacenaje o el esquema de la porción de la fábrica donde los mecánicos trabajarían, se muestra en la figura 2.4. Las 3 posibles locaciones para los almacenes de herramientas son identificados como Loc. 1, Loc. 2 y Loc. 3, donde el acceso a estas locaciones sería proporcionada por un sistema de pasillos ortogonales paralelos a los lados del área indicada. Las coordenadas están dadas en unidades de pies. Los mecánicos serán distribuidos uniformemente por sobre el área mostrada y cada mecánico será asignado al almacén de herramientas más cercano. Esta estimado que los mecánicos caminarán hacia y desde un almacén de herramientas a una velocidad promedio de poco menos de 3 pies/hora, entonces v se fija a v = 15000 pies/hora.

(300,600)

(600,600)

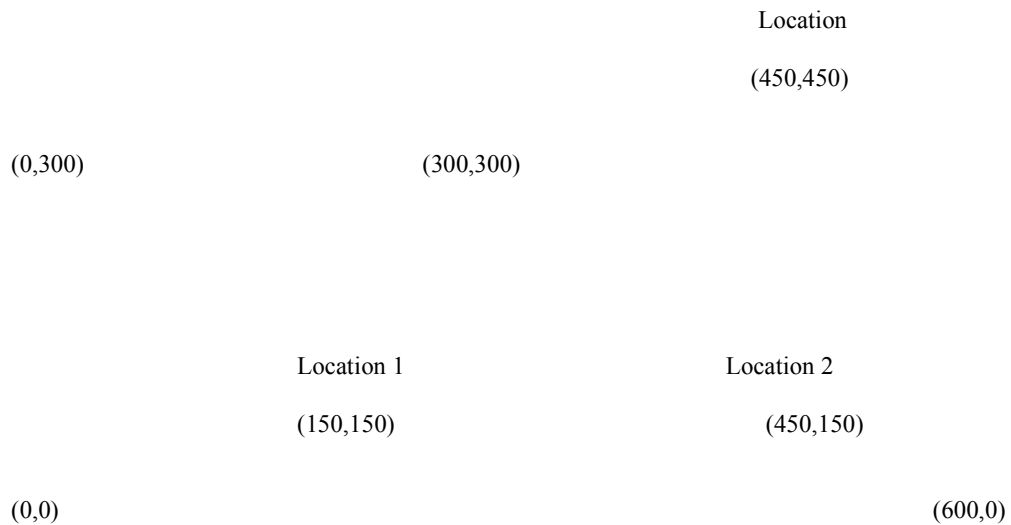


Figura 2.4

Las tres alternativas básicas que están siendo consideradas son tener 3 almacenes en las locaciones indicadas, tener solo un almacén en Loc. 2 y tener 2 almacenes en Loc. 1 y en Loc.3. El cálculo de E(T) para cada alternativa esta dado a continuación, seguido por el uso del modelo para elegir la adecuada.

Al usar las tres locaciones, cada almacén de herramientas estará ofreciendo servicio en un área cuadrada de 300 x 300 pies. Por consiguiente este es un caso especial del modelo básico de recorrido-tiempo presentado arriba, donde $a = c = 150$ y $b = d = 150$.

Consecuentemente:

$$\begin{aligned}
 E(T) &= \frac{1}{15000 \text{ ft/hr}} \left(\frac{150 * 150 + 150 * 150}{150 + 150} + \frac{150 * 150 + 150 * 150}{150 + 150} \right) \text{ft} \\
 &= \frac{1}{15000 \text{ ft}} (300 \text{ft}) \\
 &= 0.02
 \end{aligned}$$

Con solamente 1 almacén de herramientas, la derivación de E(T) es un poco mas complicada que el modelo básico de recorrido-tiempo. El primer paso es renombrar Loc. 2 como el origen (0, 0) para un (x, y) sistema de coordenadas, así que 450 serán sustraídos de la primera coordenadas mostradas y 150 lo serán de la segunda coordenada. A función de densidad probabilística para X es luego obtenida al dividir la *altura* de cada posible valor de X = x entre el área total (así, el área bajo la curva de la función será iguala a 1). Combinando los valores para x y - x resulta en la distribución de probabilidades de |X| .

$$\begin{aligned}
 E(X) &= \int_0^{450} Xf(X)dX \\
 &= \int_0^{150} X\left(\frac{1}{225}\right)dX + \int_{150}^{450} X\left(\frac{1}{900}\right)dX \\
 &\quad \frac{150 * 150}{450} + \frac{450 * 450 - 150 * 150}{1800} \\
 &= 150
 \end{aligned}$$

Se sugiere que ahora se intente la mismo aproximación (pero usando el *ancho* del área en vez del la altura) para derivar E(|Y|). Se encontrará que la distribución de probabilidades de |Y| es idéntica a la de |X|, entonces E(|Y|) = 150. Como resultado

$$\begin{aligned}
 E(T) &= \frac{2}{15000}(150 + 150) \\
 &= 0.04 \text{ hrs}
 \end{aligned}$$

Con 2 almacenes de herramientas en Loc.1 y 3, las áreas asignadas a ellos serán divididas por un segmento de recta entre (300, 300) y (600, 0). Nótese que las dos áreas y sus almacenes están colocados simétricamente con respecto a

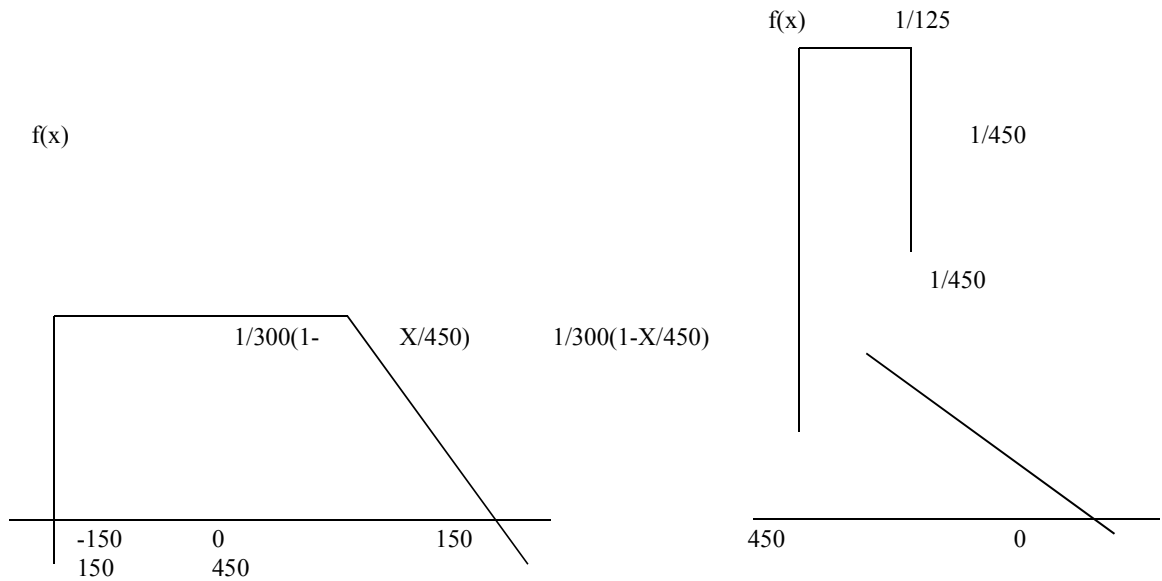
este segmento de recta. Además $E(T)$ es el mismo para ambos, así que solo se derivara el almacén de Loc. 1.

Procediendo como para el caso de $n = 1$, renombramos Loc. 1 como el origen $(0, 0)$ de un (x, y) sistema de coordenadas, así que sustraemos 150 de todas las coordenadas. Esto lleva directamente a la función de densidad probabilística de X , y luego la de $|X|$.

Como resultado.

$$\begin{aligned}
 E(X) &= \frac{1}{225} \int_0^{150} X dx + \frac{1}{300} \int_{150}^{450} ((1-dX)) X dx \\
 &= \frac{1}{225} \left[\frac{X * X}{2} \right]_0^{150} + \frac{1}{300} \left[\frac{X^2}{2} - \frac{X^3}{1350} \right]_{150}^{450} \\
 &= \frac{1}{225} * \frac{150^2}{2} + \frac{1}{300} \left(\frac{450^2}{2} - \frac{450^3}{1350} \right) - \frac{1}{300} \left(\frac{150^2}{2} - \frac{150^3}{1350} \right) \\
 &= 133 * (1/3)
 \end{aligned}$$

Figura 2.5



Después, la función de densidad probabilística de Y es obtenida al usar el ancho del área asignada al almacén de la Loc. 1 para cada posible valor de $Y = y$, luego lo dividimos entre el tamaño del área. Esto lleva a la distribución uniforme de $|Y|$:

$$E(Y) = \int_0^{150} Y dy$$

Consecuentemente,

$$E(T) = \frac{2}{15000} (133(1/3) + 75)$$

$$= 0.0278 \text{ hrs.}$$

Ya que $E(T)$ ha sido evaluado para las tres alternativas a tener bajo consideración, se procede a usar modelo 3 de la sección anterior para elegir entre las alternativas. Los datos son:

$$\mu = 120/\text{Hr} , C_f = \$4/\text{hr},$$

$$C_s = \$5/\text{hrs}$$

$$\lambda = 120/\text{hr} , C_s = \$12/\text{hr}.$$

$$E(TC) = n \left([4 + 5s] + 12L + \frac{120}{n} * 12E(T) \right)$$

El resultado del cálculo de E(TC) de varios s para cada n esta dado en la Tabla 2.1, cual indica que el mínimo global E(TC) es obtenido al tener *tres* almacenes de herramientas (así $\lambda = 40$ para cada uno), con un empleado en *cada* almacén de herramientas.

n	λ	s	L	$E(T)$	$C_f + sC_s$	$E(WC)$	$\frac{\lambda}{C_s E(T)}$	$E(TC)$
1	120	1	Infinito	0.04	9.00	Infinito	57.60	Infinito
1	120	2	1.333	0.04	14.00	16.00	57.60	87.60
1	120	3	1.044	0.04	19.00	12.53	57.60	89.13
2	60	1	1.000	0.0278	9.00	12.00	20.00	82.00
2	60	2	0.534	0.0278	14.00	6.41	20.00	80.82
3	40	1	0.500	0.02	9.00	6.00	9.60	73.80
3	40	2	0.344	0.02	14.00	4.13	9.60	83.10

Tabla 2.1

CAPITULO III

MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE FACILIDADES

3.1 ALTERNATIVA DE FACILIDADES

El modelo ha considerar, corresponde a la situación de ubicar las facilidades de un almacén de herramientas, dentro del negocio.

Con la finalidad de exponer este modelo de optimización discreta, asociado a un fenómeno de espera; se presenta a continuación la problemática en la empresa.

El área de operaciones de la empresa, está ubicada en un extensión cuadrada de 600 pies de lado, y la decisión a tomar es el numero de estaciones para el almacenamiento y despacho de las herramientas. El costo de capital asociado al aprovisionamiento de cada estación será de \$ 10/hora. Existen solo 4 locaciones potenciales disponibles para las estaciones, uno en el centro de cada uno de los lados del área cuadrada; tal como se muestra en la figura 3.1.

De un estudio estadístico basado en una muestra de los arribos al almacén, se ha obtenido que las llegadas de los mecánicos a la facilidad de almacenaje, es de acuerdo a un proceso aleatorio (exponencial), con una tasa de 90 clientes en la unidad de tiempo (hora). La lógica de esta cantidad, se encuentra en que en promedio cada 2 horas, un mecánico realiza un pedido en almacenes. Como la fuerza laboral es de 180 mecánicos; entonces, cada hora llegaría $\frac{1}{2}$ mecánico.

La velocidad, con que se desplaza un mecánico por la planta es de aproximadamente 6.66 km/hora; lo que equivaldría a 20000 pies /hora.

El tiempo que demora el servicio, es markoviano, con un tiempo de 2 minutos en promedio; lo que equivaldría a una tasa de 30 servicios por hora.

El sueldo de un mecánico es de 160 soles por jornada de 8 horas; lo que es S/ 20.00 por hora. Por su parte el almacenero, tiene un salario de 80 soles por jornada; es decir S/ 10.00 por hora.

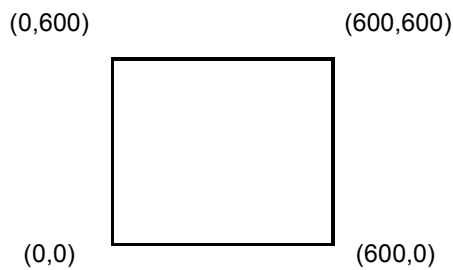


Figura 3.1

Las cargas a ser transportadas hacia las estaciones de almacenamiento y embarque serán distribuidas uniformemente sobre el área del establecimiento, y estarán disponibles de acuerdo a un proceso de *Poisson* con una tasa media de 30 unidades por hora. Cada vez que una carga se convierte en disponible, un vehículo especial para manejo de materiales será enviado desde la estación mas cercana para recogerla (con un tiempo promedio de carga de 3 minutos) y será llevada hacia ella, donde el costo será de \$10/hora por el tiempo del viaje, tiempo de carga y tiempo de espera para descarga. Los vehículos viajan a una velocidad de 20000 pies / hora a través de un sistema de pasillos ortogonales paralelos a los lados del área de la tienda.

Otra decisión a tener en cuenta es el número de hombres (k) a proporcionar a cada estación de almacenamiento y embarque para la descarga de los vehículos que van llegando.

El problema, es determinar el número de estaciones, y el valor de k para cada una, que minimice el costo total esperado en la unidad de tiempo.

Los datos se pueden resumir, con la siguiente notación:

1. Costo fijo : $C_f = 10$.

2. Costo servir = $Cm = 10$. (Costo del almacenero)
3. Costo de espera = $Ct = 20$. (Costo del mecánico)
4. Tasa de arribos : $\lambda_p = 90$.
5. Velocidad : $V = 20000$ pies / hora.
6. Tasa de servicios $\mu = 30$.

Suponiendo, la implementación de una sola facilidad, (para $n = 1$), se tiene que el punto centro o el centro de gravedad del área de 600×600 , es tal como se presenta en la figura 3.2. Se observa el plano cartesiano, divide exactamente en dos áreas de 300×600 .

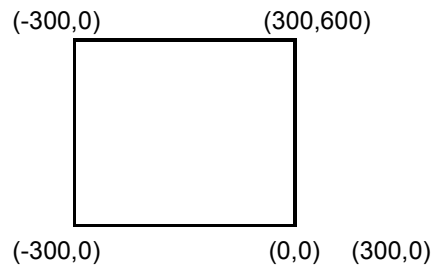


Figura 3.2

De acuerdo a la relación, de $E(t)$, se tiene para: $a = 300$, $b = 0$, $c = 300$ y $d = 600$; y aplicando la relación :

$$E(T) = \frac{1}{v} \left(\frac{a^2 + c^2}{a + c} + \frac{b^2 + d^2}{b + d} \right)$$

$$E(T) = \frac{1}{20000} \left(\frac{300^2 + 300^2}{300 + 300} + \frac{600^2}{600} \right) = \frac{9}{200} = 0.45 \text{ horas}$$

Y también, el número de esperado de unidades en el sistema, para un modelo **M/M/k**. Cumpléndose la condición :

$$\lambda / \mu < 1$$


```

! Problema de colas;
! Optimizacion numero de servidores : M/M/C;

! QUEUE6;
SETS:
  NODO/1..5/: K,L;

ENDSETS
DATA:
  MHU      =30;
  LAMBDA   =90;
  K        =4,5,6,7,8;

ENDDATA

@FOR(NODO(I) :
  RHO=LAMBDA/MHU;
  L=(RHO/(K(I)-RHO))*
    @PEB(RHO,K(I))+RHO;
);

```

Figura 3.3: Programa LINGO para M/M/k

```

Feasible solution found at step:          0

```

Variable	Value
MHU	30.000000
LAMBDA	90.000000
RHO	3.000000
K(1)	4.000000
K(2)	5.000000
K(3)	6.000000
K(4)	7.000000
K(5)	8.000000
L(1)	4.528302
L(2)	3.354227
L(3)	3.099143
L(4)	3.028234
L(5)	3.007769

Row	Slack or Surplus
1	0.0000000
2	0.0000000
3	0.0000000
4	0.0000000
5	0.0000000
6	0.0000000
7	0.0000000
8	0.0000000
9	0.0000000

Figura 3.4: Programa LINGO con lambda=90

En la situación, de contar con dos facilidades($n = 2$);el marcando las dos áreas simétricas, es el como aparece en la figura 3.5. Donde cada una de las dos áreas es de 300 x 600.

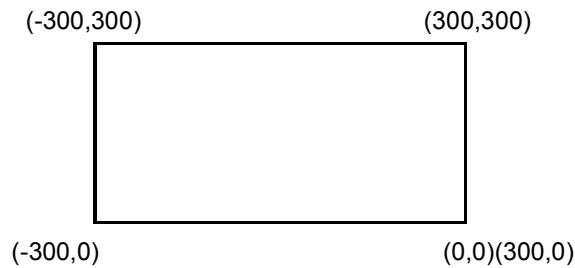


Figura 3.5

De $a = 300$, $b = 0$, $c = 300$, $d = 300$, para cada una de las áreas, se tienen

:

$$E[T] = \frac{1}{20000} \left[\frac{300^2 + 300^2}{300 + 300} + \frac{300^2}{300} \right] = \frac{6}{200} = 0.30 \text{ horas}$$

Como la población de los clientes, se divide en dos áreas iguales; entonces también la tasa de arribos, queda dividida en dos partes iguales:

$$\lambda = \frac{\lambda_p}{n} = 45$$

! Problema de colas;

! Optimizacion numero de servidores : M/M/C;

! QUEUE6;

SETS:

NODO/1..5/: K,L;

ENDSETS

DATA:

MHU =30 ;

LAMBDA =45 ;

K =2,3,4,5,6 ;

ENDDATA

@FOR (NODO (I) :

RHO=LAMBDA/MHU ;

L= (RHO/ (K (I) -RHO)) *

@PEB (RHO, K (I)) +RHO ;

);

Figura 3.6: Programa LINGO para M/M/k

Variable	Value
MHU	30.00000
LAMBDA	45.00000
RHO	1.50000
K(1)	2.00000
K(2)	3.00000
K(3)	4.00000
K(4)	5.00000
K(5)	6.00000
L(1)	3.428571
L(2)	1.736842
L(3)	1.544751
L(4)	1.508631
L(5)	1.501568

Row	Slack or Surplus
1	0.000000
2	0.000000
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000000
6	0.000000
7	0.000000
8	0.000000
9	0.000000

Figura 3.7: Programa LINGO con lambda=45

En la situación, de contar con tres facilidades($n = 3$);el marcando las tres áreas, es el como aparece en la figura 3.8.

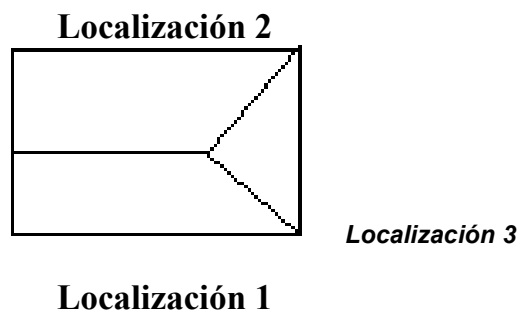


Figura 3.8

En la consideración de las localizaciones 1 y 2; las áreas, que son simétricas; el área que desea marcar es el que se presenta en la figura 3.9.

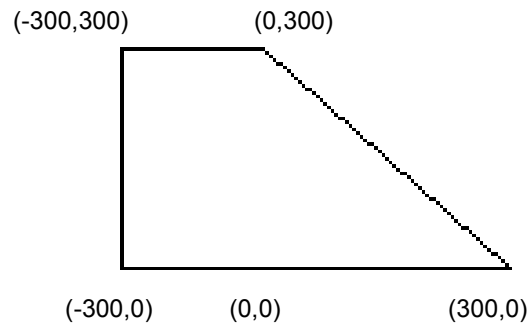


Figura 3.9

El área total de las localidades 1 y 2, es de 135000, unidades cuadradas.

El análisis de la función de densidad probable de X , viene dada por la relación geométrica, dada en la figura 3.10.

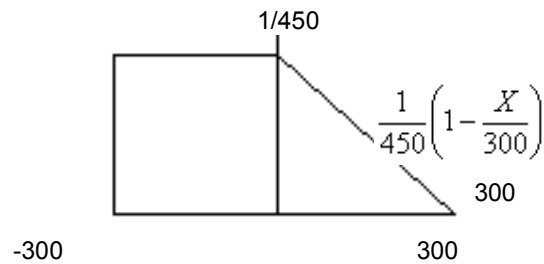


Figura 3.10

La función de densidad de probabilidad de $|X|$, es decir en valor absoluto, se presenta en la figura 3.11.

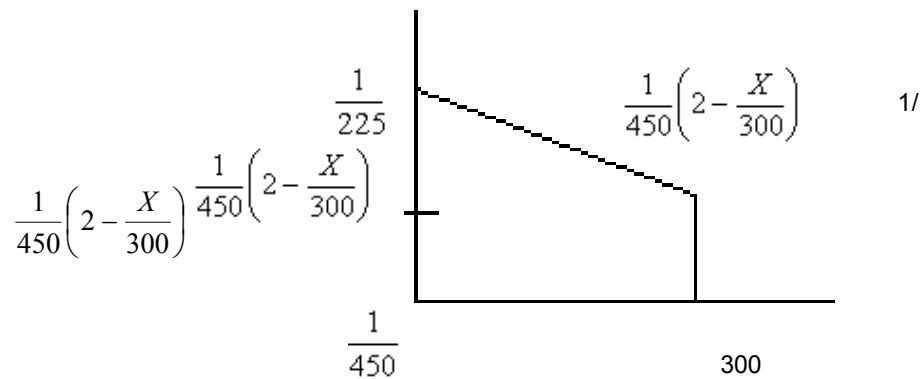


Figura 3.11

Desde la definición de $E(T)$, se tiene que la integración de la función $f_{|X|}$, viene dada por:

$$E(|X|) = \int_0^{300} \left(\frac{1}{450} \right) \left(2 - \frac{X}{300} \right) X dX = \frac{400}{3}$$

De igual manera para Y , se tiene que la densidad de $Y = |Y|$, aparece en la figura 3.12.

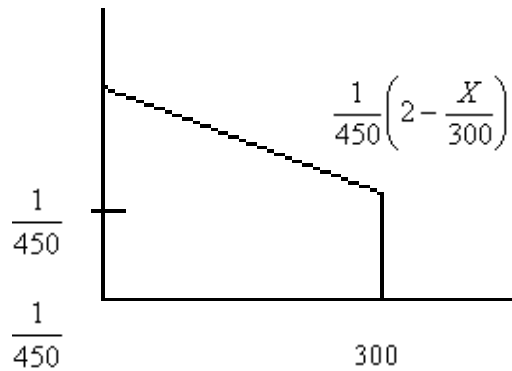


Figura 3.12

$$E[|Y|] = E[|X|] = \frac{400}{3} \quad y$$

$$E[T] = \frac{2}{20000} \left(\frac{400}{3} + \frac{400}{3} \right) = \frac{4}{150} = 0.26$$

También:

$$\lambda = 33 \frac{3}{4}$$

```

! Problema de colas;
! Optimizacion numero de servidores : M/M/C;

! QUEUE6;
SETS:
    NODO/1..5/: K,L;

ENDSETS
DATA:
    MHU      =30;
    LAMBDA   =33.75;
    K        =2,3,4,5,6;

ENDDATA

@FOR(NODO(I) :
    RHO=LAMBDA/MHU;
    L=(RHO/(K(I)-RHO))*
        @PEB(RHO,K(I))+RHO;

);

```

Figura 3.13: Programa LINGO para M/M/k

Variable	Value
MHU	30.00000
LAMBDA	33.75000
RHO	1.125000
K(1)	2.000000
K(2)	3.000000
K(3)	4.000000
K(4)	5.000000
K(5)	6.000000
L(1)	1.645714
L(2)	1.197610
L(3)	1.136767
L(4)	1.126826
L(5)	1.125260

Row	Slack or Surplus
1	0.0000000
2	0.0000000
3	0.0000000
4	0.0000000
5	0.0000000
6	0.0000000
7	0.0000000

Figura 3.14: Programa LINGO con lambda = $33 \frac{3}{4}$

Ahora se considera la localización 3. El área que deseamos marcar aparece en la figura 3.15; con un total de 90000 de área.

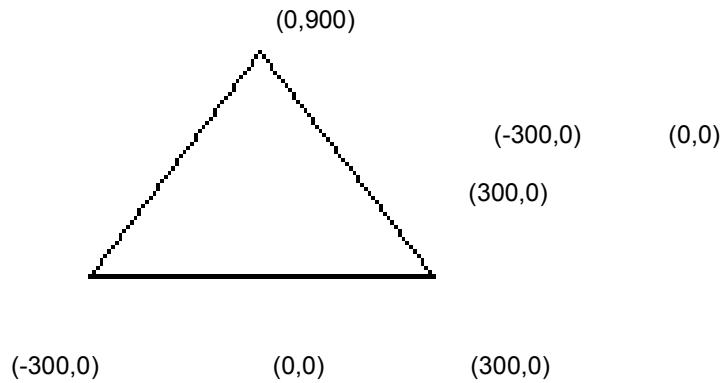


Figura 3.15

Densidad probable de X, definida como en la figura 3.16 :

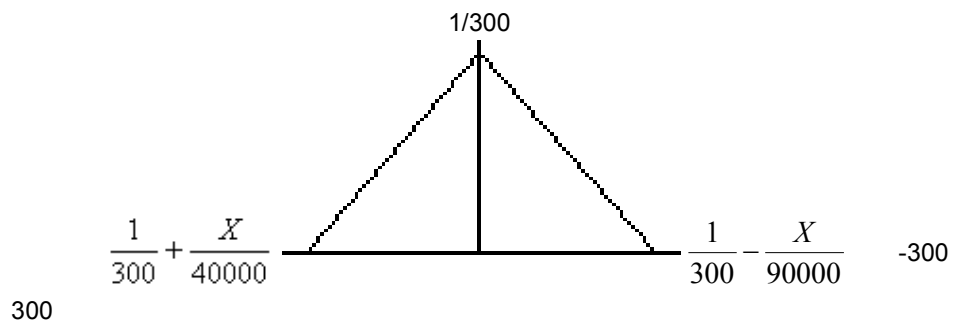


Figura 3.16

La función de densidad de probabilidad de $|X|$, aparece en la figura 3.17.

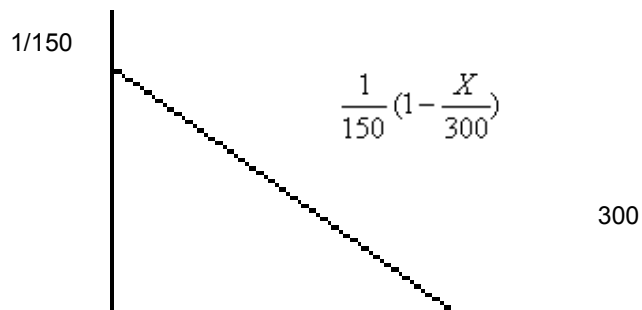


Figura 3.17

$$E(|X|) = \int_0^{300} \left(\frac{1}{150} \right) \left(1 - \frac{X}{300} \right) X dX = 100$$

La función de densidad de probabilidad de $Y = |Y|$, es

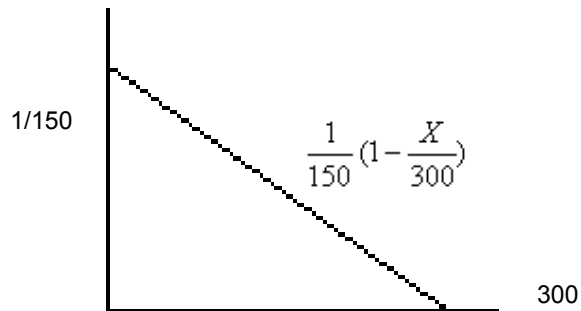


Figura 3.18

Entonces: $E[|X|] = E[|Y|] = 100$ y $E[T] =$

$$\frac{2}{20000} (100 + 100) = \frac{4}{200} = 0.020 \text{ horas}$$

También: $\lambda = 22 \frac{1}{2}$

! Problema de colas;
! Optimizacion numero de servidores : M/M/C;

! QUEUE6;

SETS:

NODO/1..5/: K,L;

ENDSETS

DATA:

MHU =30;
LAMBDA =22.50;
K =1,2,3,4,5;

ENDDATA

```
@FOR (NODO (I) :
    RHO=LAMBDA/MHU;
    L=(RHO/ (K (I) -RHO)) *
        @PEB (RHO, K (I)) +RHO;
```


);

Figura 3.19: Programa LINGO para M/M/k

Variable	Value
MHU	30.00000
LAMBDA	22.50000
RHO	0.7500000
K(1)	1.000000
K(2)	2.000000
K(3)	3.000000
K(4)	4.000000
K(5)	5.000000
L(1)	3.000000
L(2)	0.8727273
L(3)	0.7647059
L(4)	0.7517681
L(5)	0.7501939

Row	Slack or Surplus
1	0.0000000
2	0.0000000
3	0.0000000
4	0.0000000
5	0.0000000
6	0.0000000
7	0.0000000
8	0.0000000

Figura 3.20: Programa LINGO con lambda = 22 ½

Finalmente el análisis para $n = 4$, es idéntica a la localidad 3. El valor de $E[T]$ es de $4/200$; es decir 0.020 horas. El valor de la tasa de arribo para cada uno de las partes es de $90/4$.

Resumiendo toda los cálculos obtenidos, para cada una de las alternativas, se presenta la tabla 3.1, con referencia al esperado de los tiempos:

n	$E[T]$
1	0.045 horas
2	0.030 horas
3	Localización 1,2 ; Localización 3 0.026 horas 0.020 horas
4	0.020horas

Tabla 3.1

$$n = 1; E[TC] = (C_f + kC_m) + C_tL + \lambda C_t E[T] + \lambda C_t / 20 \text{ donde } \lambda = 90; \text{ el}$$

calculo del optimo se detalla en la figura 3.21. Ver los detalles en la tabla 3.2

Global optimal solution found at step: 0
Objective value: 298.0845

Variable	Value	Reduced Cost
MHU	30.00000	0.000000
LAMBDA	90.00000	0.000000
CF	10.00000	0.000000
CM	10.00000	0.000000
CT	20.00000	0.000000
ET	0.4500000E-01	0.000000
FACTOR	1.000000	0.000000
RHO	3.000000	0.000000
K(1)	4.000000	0.000000
K(2)	5.000000	0.000000
K(3)	6.000000	0.000000
K(4)	7.000000	0.000000
K(5)	8.000000	0.000000
L(1)	4.528302	0.000000
L(2)	3.354227	0.000000
L(3)	3.099143	0.000000
L(4)	3.028234	0.000000
L(5)	3.007769	0.000000
CFKCM(1)	50.00000	0.000000
CFKCM(2)	60.00000	0.000000
CFKCM(3)	70.00000	0.000000
CFKCM(4)	80.00000	0.000000
CFKCM(5)	90.00000	0.000000
CTL(1)	90.56604	0.000000
CTL(2)	67.08455	0.000000
CTL(3)	61.98286	0.000000
CTL(4)	60.56468	0.000000
CTL(5)	60.15538	0.000000
LCTET(1)	81.00000	0.000000
LCTET(2)	81.00000	0.000000
LCTET(3)	81.00000	0.000000
LCTET(4)	81.00000	0.000000
LCTET(5)	81.00000	0.000000
LCT20(1)	90.00000	0.000000
LCT20(2)	90.00000	0.000000
LCT20(3)	90.00000	0.000000
LCT20(4)	90.00000	0.000000
LCT20(5)	90.00000	0.000000
COSTO(1)	311.5660	0.000000
COSTO(2)	298.0845	0.000000
COSTO(3)	302.9829	0.000000
COSTO(4)	311.5647	0.000000
COSTO(5)	321.1554	0.000000

Figura 3.21

K	L	E[T]	C _f + C _m	C _t L	λ C _f E[T]	λ C _t /20	E[TC]
4	4.528302	0.045	50	60	81	90	311.56
5	3.354227	0.045	60	30	81	90	298.08
6	3.099143	0.045	70	20	81	90	302.98
7	3.028234	0.045	80	15	81	90	311.56

Tabla 3.2

Para $n = 1$, el mínimo costo por hora es \$298.08, con $k = 5$.

Para $n = 2$; $E[TC] = 2[(C_f + mC_m) + C_tL + \lambda C_t/20]$ donde $\lambda = 45$.; el calculo del optimo se detalla en la figura 3.22. Ver los detalles en la tabla 3.3

Global optimal solution found at step: 0

Objective value: 293.4737

Variable	Value	Reduced Cost
MHU	30.00000	0.0000000
LAMBDA	45.00000	0.0000000
CF	10.00000	0.0000000
CM	10.00000	0.0000000
CT	20.00000	0.0000000
ET	0.3000000E-01	0.0000000
FACTOR	2.000000	0.0000000
RHO	1.500000	0.0000000
K(1)	2.000000	0.0000000
K(2)	3.000000	0.0000000
K(3)	4.000000	0.0000000
K(4)	5.000000	0.0000000
K(5)	6.000000	0.0000000
L(1)	3.428571	0.0000000
L(2)	1.736842	0.0000000
L(3)	1.544751	0.0000000
L(4)	1.508631	0.0000000
L(5)	1.501568	0.0000000
CFKCM(1)	30.00000	0.0000000
CFKCM(2)	40.00000	0.0000000
CFKCM(3)	50.00000	0.0000000
CFKCM(4)	60.00000	0.0000000
CFKCM(5)	70.00000	0.0000000
CTL(1)	68.57143	0.0000000
CTL(2)	34.73684	0.0000000

CTL(3)	30.89503	0.0000000
CTL(4)	30.17262	0.0000000
CTL(5)	30.03137	0.00000
LCTET(1)	27.00000	0.0000000
LCTET(2)	27.00000	0.0000000
LCTET(3)	27.00000	0.0000000
LCTET(4)	27.00000	0.0000000
LCTET(5)	27.00000	0.0000000
LCT20(1)	45.00000	0.0000000
LCT20(2)	45.00000	0.0000000
LCT20(3)	45.00000	0.0000000
LCT20(4)	45.00000	0.0000000
LCT20(5)	45.00000	0.0000000
COSTO(1)	341.1429	0.0000000
COSTO(2)	293.4737	0.0000000
COSTO(3)	305.7901	0.0000000
COSTO(4)	324.3452	0.0000000
COSTO(5)	344.0627	0.0000000

Figura 3.22

k	L	$E[T]$	$C_f + mC_m$	$C_f L$	$\lambda C_f E[T]$	$\lambda C_f / 20$	$E[TC]$
2	3.422857	0.030	30	68.57	27	45	341.14
3	1.736842	0.030	40	34.74	27	45	293.47
4	1.54	0.030	50	30.89	27	45	305.79

Tabla 3.3

Para $n = 2$ el costo mínimo por hora es \$293.47 con $k = 3$

Para el análisis con $n=3$ para localización 1 y 2 donde $33 \frac{3}{4}$; el calculo es

:

Global optimal solution found at step: 0
Objective value: 114.2143

Variable	Value	Reduced Cost
MHU	30.00000	0.0000000
LAMBDA	33.75000	0.0000000
CF	10.00000	0.0000000
CM	10.00000	0.0000000
CT	20.00000	0.0000000
ET	0.2600000E-01	0.0000000
FACTOR	1.000000	0.0000000
RHO	1.125000	0.0000000
K(1)	2.000000	0.0000000
K(2)	3.000000	0.0000000

K(3)	4.000000	0.000000
K(4)	5.000000	0.000000
K(5)	6.000000	0.000000
L(1)	1.645714	0.000000
L(2)	1.197610	0.000000
L(3)	1.136767	0.000000
L(4)	1.126826	0.000000
L(5)	1.125260	0.000000
CFKCM(1)	30.00000	0.000000
CFKCM(2)	40.00000	0.000000
CFKCM(3)	50.00000	0.000000
CFKCM(4)	60.00000	0.000000
CFKCM(5)	70.00000	0.000000
CTL(1)	32.91429	0.000000
CTL(2)	23.95219	0.000000
CTL(3)	22.73534	0.000000
CTL(4)	22.53651	0.000000
CTL(5)	22.50519	0.000000
LCTET(1)	17.55000	0.000000
LCTET(2)	17.55000	0.000000
LCTET(3)	17.55000	0.000000
LCTET(4)	17.55000	0.000000
LCTET(5)	17.55000	0.000000
LCT20(1)	33.75000	0.000000
LCT20(2)	33.75000	0.000000
LCT20(3)	33.75000	0.000000
LCT20(4)	33.75000	0.000000
LCT20(5)	33.75000	0.000000
COSTO(1)	114.2143	0.000000
COSTO(2)	115.2522	0.000000
COSTO(3)	124.0353	0.000000
COSTO(4)	133.8365	0.000000
COSTO(5)	143.8052	0.000000

Figura 3.23

<i>K</i>	<i>L</i>	<i>E[T]</i>	<i>C_r + C_m</i>	<i>C_rL</i>	$\lambda C_r E[T]$	$\lambda C_r / 20$	<i>E[TC]</i>
2	1.645714	0.026	30	32.91	17.57	33.75	164.57
3	1.197610	0.026	40	23.95	17.55	33.75	115.25
4	1.1368	0.026	50	22.74	17.55	33.75	124.04

Tabla 3.4

Para la localización 3 donde $\lambda = 22 \frac{1}{2}$, se tienen los cálculos de la figura 3.24 y la tabla 3.5.

Global optimal solution found at step: 0
 Objective value: 78.95455

Cost	Variable	Value	Reduced
0.0000000	MHU	30.00000	
0.0000000	LAMBDA	22.50000	
0.0000000	CF	10.00000	
0.0000000	CM	10.00000	
0.0000000	CT	20.00000	
0.0000000	ET	0.2000000E-01	
0.0000000	FACTOR	1.000000	
0.0000000	RHO	0.7500000	
0.0000000	K (1)	1.000000	
0.0000000	K (2)	2.000000	
0.0000000	K (3)	3.000000	
0.0000000	K (4)	4.000000	
0.0000000	K (5)	5.000000	
0.0000000	L (1)	3.000000	
0.0000000	L (2)	0.8727273	
0.0000000	L (3)	0.7647059	
0.0000000	L (4)	0.7517681	
0.0000000	L (5)	0.7501939	
0.0000000	CFKCM (1)	20.00000	
0.0000000	CFKCM (2)	30.00000	
0.0000000	CFKCM (3)	40.00000	
0.0000000	CFKCM (4)	50.00000	
0.0000000	CFKCM (5)	60.00000	
0.0000000	CTL (1)	60.00000	

0.0000000	CTL (2)	17.45455
0.0000000	CTL (3)	15.29412
0.0000000	CTL (4)	15.03536
0.0000000	CTL (5)	15.00388
0.0000000	LCTET (1)	9.000000
0.0000000	LCTET (2)	9.000000
0.0000000	LCTET (3)	9.000000
0.0000000	LCTET (4)	9.000000
0.0000000	LCTET (5)	9.000000
0.0000000	LCT20 (1)	22.50000
0.0000000	LCT20 (2)	22.50000
0.0000000	LCT20 (3)	22.50000
0.0000000	LCT20 (4)	22.50000
0.0000000	LCT20 (5)	22.50000
0.0000000	COSTO (1)	111.5000
0.0000000	COSTO (2)	78.95455
0.0000000	COSTO (3)	86.79412
0.0000000	COSTO (4)	96.53536

Figura 3.24

k	L	$E[T]$	$C_f + C_m$	$C_f L$	$\lambda C_f E[T]$	$\lambda C_f / 20$	$E[TC]$
1	3	0.020	20	60	9	22.5	111.50
2	0.872727	0.020	30	17.45	9	22.5	78.95
3	0.764706	0.020	40	15.29	9	22.5	86.79

Tabla 3.5

Para $n = 3$ el costo mínimo por hora: $2(115.25) + 78.95 = \$309.35$, con $k = 3$ a la localización 1 y 2 y $k = 2$ para localización 3. Para $n = 4$: desde todas las áreas marcadas, son simétricas para localización 3 para $n = 3$.

3.3 Alternativa óptima

En la tabla 3.6, se resumen todas las alternativas. De donde se desprende, que la mejor alternativa es dividir en dos grandes áreas; el Dpto. de operaciones; con la finalidad de contar con dos grandes facilidades, cada una con 3 servidores.

n	K	E[TC]
1	5	\$298.08
2	3 para ambas localizaciones	\$293.47
3	3 para loc. 1 y 2 para loc. 3	\$303.95
4	2 para todas las localizaciones	\$315.8

Tabla 3.6

En la figura 3.25, se presenta el programa LINGO, para la alternativa 2.

```

! Problema de colas;
! Optimizacion numero de servidores : M/M/C;

! QUEUE11;
SETS:
    NODO/1..5/: K,L,CFKCM,CTL,LCTET,LCT20,COSTO;

ENDSETS
DATA:
    MHU      =30;
    LAMBDA   =45;
    K        =2,3,4,5,6;
    CF       =10;
    CM       =10;
    CT       =20;
    ET       =0.030;
    FACTOR   =2;

ENDDATA

@FOR(NODO(I):
    RHO=LAMBDA/MHU;
    L=(RHO/(K(I)-RHO))*
        @PEB(RHO,K(I))+RHO;
    CFKCM=CF+K(I)*CM;
    CTL=CT*L(I);
    LCTET=LAMBDA*CT*ET;
    LCT20=LAMBDA*CT/20;
    COSTO=FACTOR*(CFKCM+CTL+LCTET+LCT20);
);

```


MIN=@MIN (NODO : COSTO) ;

Figura 3.25: Programa LINGO para la alternativa 2

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Toda empresa constantemente, necesita tomar decisiones sobre su negocio y para efectuar una toma de decisiones, se necesitan de hechos, cifras y datos históricos.

Como la competencia es cada vez mas fuerte, las decisiones que se deben tomar, deberán ser más dinámicas. Desde la competitividad, es importante que la toma de decisiones sea óptima, y se vean acompañadas de una distribución racional de los recursos.

El presente trabajo, denominado “Modelo de Localización de Facilidades , mediante la Teoría de Colas”, es una aplicación de la Investigación de Operaciones, para optimizar las características de las facilidades del almacenes, de herramientas.

Por la Teoría de Colas, se refiere a la gestión de la espera, cuando los clientes acuden solicitando un servicio. En tal caso, aquí se incluyen parámetros de tiempos de llegada de los clientes; como la correcta distribución del tiempo de atención, por parte de quienes ofrecen el servicio. La Teoría de Colas, ha sido aplicada al presente trabajo.

4.1 CONCLUSIONES

La calidad en el servicio , significa entre otros temas: la reducción del tiempo de espera por parte del cliente, en este caso para la empresa PAIN'T, que presenta un costo por pérdida, cuando espera ante una fila de clientes, para ser atendido. El número de “facilidades”, así como el número de servidores con que cuenta cada una de las “facilidades”, es el fin de este trabajo.

Las conclusiones que arriban del presente trabajo, se resumen en tres aspectos:

4.1.1 Computacional

El uso de una herramienta computacional es muy importante a la hora de optimizar un sistema de soporte a la decisión. Como este trabajo es un soporte a la organización , en la forma mas adecuada de localizar las facilidades de entrega de las herramientas en la empresa PAIN'T. La utilización de la Teoría de Colas y los PROCESOS ESTOCÀSTICOS, demandan un sin fin de cálculos de probabilidades y esperanzas matemáticas.

Para el presente trabajo, la utilización de los clásicos modelos de colas en paralelo, han requerido de grandes procesos computacionales; los cuales han sido realizados con la ayuda de software como LINDO .

4.1.2 Económica

En la tabla 4.1, se presenta el resumen, de la propuesta de un esquema óptimo de la determinación del número de facilidades de almacenes de entrega de herramientas, para la empresa **PAINT**; y se efectúa el análisis de costos, entre las alternativas propuestas y la solución para el presente trabajo.

De la tabla se observa, que para una demanda promedio de 90 clientes por hora, sólo se requiere de 2 facilidades de almacenamiento para la atención óptima a sus clientes. La tabla explica que, sólo son necesarios 3 operarios o servidores en cada una de las facilidades, para la atención óptima del despacho.

Desde la misma tabla, se observa que el ahorro entre llevar la atención con dos facilidades en PAINT y su inmediato competidor que es contar con una facilidad, involucra un costo de ahorro de S/ 4.50 por hora; o S/ 108.00 por una jornada de diaria de tres turnos.

En la tabla 3.2, se resumen un análisis de sensibilidad, para el caso de variación del costo de servir. De la figura 4.1, se observa que la variación es lineal; y continua siempre con esta alternativa, que en cada una de las variaciones en esta componente de costos. El óptimo sigue siendo contar con tres servidores, para la atención.

Después de este análisis de sensibilidad, se desprende que la mejor alternativa en PAINT es dividir en dos grandes áreas; el Dpto. de operaciones; con la finalidad de contar con dos grandes facilidades, cada una con 3 servidores.

4.2 RECOMENDACIONES

Es importante, que nuestras organizaciones inteligentes, recurran a las técnicas modernas de Toma de decisiones, tales como la Investigación de Operaciones y los sistemas inteligentes; como se ha realizado con la empresa PAINT, esto con el fin de permitir esquemas óptimos de solución. Aquí se encuentran los problemas de transporte, asignación, trasbordo, los de ruta óptima; como también la aplicación de la Teoría de Colas.

El análisis de sensibilidad en PAINT, para nuestros costos principales; nos determina que la mejor decisión para el análisis de las facilidades, consiste en dos instalaciones de almacenamiento y despacho; y cada una de ellas, con tres despachadores.

El modelo de tiempo recorrido, basado en la Teoría de Colas es una tremenda herramienta de localización y distribución de facilidades; cuando está de por medio los costos de tránsito y espera en un negocio, como se vio con la empresa PAINT.

n	K	E[TC]
1	5	\$298.08
2	3 para ambas localizaciones	\$293.47
3	3 para loc. 1 y 2 para loc. 3	\$303.95
4	2 para todas las localizaciones	\$315.8

Tabla 4.1

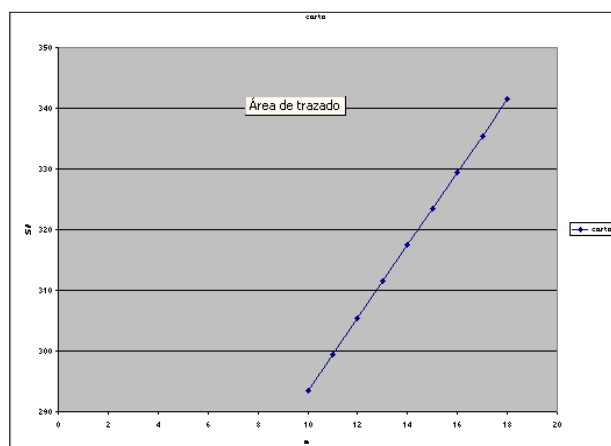


Figura 4.2

Cm	costo
10	293.4737
11	299.4737
12	305.4737
13	311.4737
14	317.4737
15	323.4737
16	329.4737
17	335.4737
18	341.4737

Tabla 4.2