Optimización del servicio ofrecido por multiservidores basado en simulación matemática para un almacén de electrodomésticos en la ciudad de Guayaquil

Nadia Cárdenas Escobar[1], Kleber Barcia[2]
Instituto de Ciencias Matemáticas[1]
Escuela Superior Politécnica del Litoral[1]
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador[1]
nadiacardenas1@hotmal.com, ncardenas@ecualogistic.com[1]
Instituto de Ciencias Matemáticas[2]
Escuela Superior Politécnica del Litoral[2]
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador[2]
kbarcia@espol.edu.ec[2]

Resumen

En este documento se plantea un modelo de simulación para reducir el tiempo de atención del proceso de crédito de un almacén de electrodomésticos en la ciudad de Guayaquil, basado en simulación matemática y visualizado a través del software Witness Powerful Version. El objetivo consiste en reducir el tiempo de atención al cliente y aumentar el número de aprobaciones de crédito que conlleva a incrementar el ingreso por ventas, además de proponer mejoras en implementación de tecnología o redistribución de actividades que ayuden con este propósito. Para escoger los escenarios factibles, lo primero es representar el escenario actual con todas las actividades que se realizan en el día a día y falencias que puedan existir, luego se procede a encontrar las distribuciones que mejor se ajustan estadísticamente al comportamiento de datos reales. Luego se procede a escoger los escenarios que mejoran la situación actual, de lo que se encontró tres escenarios que ayudan a incrementar el número de aprobaciones de crédito.

Finalmente se comprueba mediante técnicas estadísticas cual de los escenarios factibles optimiza el número de aprobaciones y disminuye el tiempo de atención al cliente de forma general o el tiempo de espera en algunas actividades.

Palabras Claves: Modelo de simulación, crédito, optimización, incremento, aprobaciones de crédito, Witness.

Abstract

This paper present a simulation model to reduce the attention time of credit process in a store appliance in Guayaquil City based in a simulation mathematical and displaying through Software Wtiness Powerfull Version. The objective is to reduce the customer attention time and increase the number of credits approvals leading to increase the sales revenue and to proposing improvements implementation about technology or redistribution of activities to help with this purpose. To choose the feasible scenarios, the first is representing the current scenario with all activities carried out in a typical day and weaknesses that may exist, then proceed to find the better distribution to fit statistically the behavior real dates. After, choosing scenarios that improvement the current situation, and finding the three scenarios to help to increase the credit approvals.

Finally, it checks with statistics techniques feasible scenarios to optimize the number of approvals and decrease the service customer time in general or the waiting time in some activities.

Keywords: Simulation model, credit, optimization, increase, credit approvals, Witness.

1. Introducción

Actualmente, el cliente no se siente totalmente satisfecho en las compras de un supermercado, farmacia, almacenes de electrodomésticos, y todo punto de venta o cobranza. Las largas filas y eternos minutos de espera hasta que una persona sea atendida, son los malestares que los clientes sienten al momento de realizar un pago o aplicación a un crédito. Producto de esto se produce una mala imagen del almacén y en algunos casos provoca la pérdida de ventas.

Existen varias implementaciones que las empresas han adoptado para reducir los tiempos de atención al cliente, los que sirven para satisfacer la demanda del momento pero cuando crece la demanda estas implementaciones se hacen obsoletas. De esta forma se convierte en un círculo vicioso en el que las empresas adoptan soluciones transitorias que no prevalecen a través del tiempo.

.

1. Objetivos y Generalidades

1.1 Definición del problema

El proceso de crédito inicia cuando el cliente ingresa la solicitud del cliente al departamento de crédito. El analista enviará al iniciar el día un informe del número de solicitudes a procesar en el día. Paralelamente envía los croquis al verificador de terreno para que verifiquen si el domicilio indicado en la solicitud es correcto y que tenga habitándolo por lo menos 3 años ininterrumpidos. Luego, procederá a verificar los datos personales en las bases de datos como son: registro civil, central de riesgo y base de lista negra (deudores de los almacenes de electrodomésticos). Además realiza las llamadas de verificación de las referencias personales. La política comercial del almacén indica que la aprobación de un crédito tarda 24 horas y la intención de los directivos es de reducir este tiempo a 2 horas de tal modo que el cliente pueda llevarse el producto el mismo día que ingresó la solicitud, pues actualmente el cliente tiene que llamar o regresar al almacén al día siguiente.

1.2 Estructura de la tesis

Esta tesis se encuentra dividida en 6 capítulos que aportan con el desarrollo de la misma. En el figura 1.1 se presenta un esquema del contenido de cada uno de estos capítulos.

1.3 Definición del Macroproceso, procesos y sub-procesos.

La compra de un electrodoméstico está definido como el macro procesos que comprende por cuatros procesos que son:

- Cotización
- Crédito
- Facturación
- Entrega de artículo

Esta tesis se enfocó solo en el proceso de Crédito nuevo, que tiene los subprocesos, se definen en el siguiente capítulo.

2. Estado del Arte

2.1. ¿Qué es simulación?

Una simulación es una imitación de la operación de un proceso o sistema real a lo largo del tiempo [1].

Los modelos de simulación estudian el comportamiento de los sistemas y sus cambios a través del tiempo

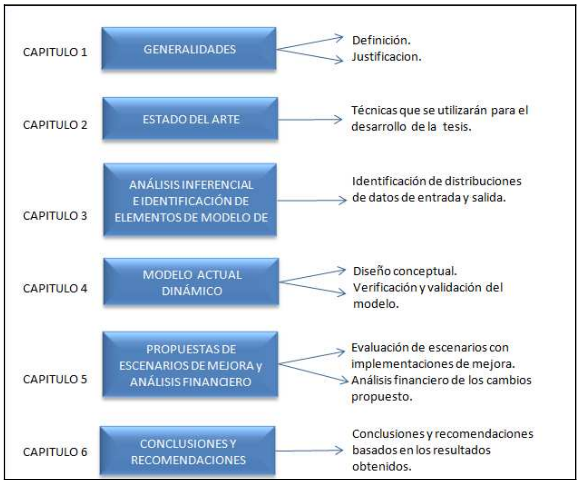

Figura 1. Esquema de capítulos

2.2 Pasos para realizar una simulación [1].

- Formulación del problema
- Objetivos y plan del proyecto
- Conceptualización del modelo apropiado
- Recolección de datos
- Interpretación del modelo
- Verificación
- Validación
- Diseño experimental real
- Experimentación
- Documentación y reporte
- Implementación

3. Análisis inferencial e identificación de elementos del modelo de simulación.

3.1 Especificación de variables

A continuación se procede a describir las variables que se utilizan para realizar la simulación de los procesos de crédito.

Las variables que se definen de acuerdo a las actividades de cada subproceso especificados en el capítulo 1, se detallan a continuación:

Variable	Distribución
Tiempo entre arribos de solicitudes	Exponencial (55.8)
Tiempo de envío de mail	Distribución personalizada
Tiempo de central de riesgo	Lognormal (1.34.0.77)
Tiempo de realizar llamadas	Lognormal (0.72, 0.67)
Tiempo de ingreso al sistema	Lognormal (1.13,0.58)
Tiempo de verificación de terreno.	Distribución personalizada.
Tiempo de análisis y aprobación de crédito.	Distribución personalizada.
Tiempo antes de central de riesgo	Exponencial (56.88)
Tiempo de otras actividades antes de llamadas.	Distribución personalizada.
Tiempo de otras actividades antes de ingresar al sistema.	Lognormal (3.06, 1.79)
Tiempo de otras actividades antes de realizar el análisis.	Distribución personalizada.

Tabla 1. Distribuciones de Variables

Proceso de Crédito
Crédito nuevo

- Tiempo de envío de mail
- Tiempo de central de riesgo
- Tiempo de realizar llamadas
- Tiempo de ingreso al sistema
- Tiempo de verificación de terreno
- Tiempo de análisis y aprobación de crédito.

En este proceso existen tiempos entre actividades que también fueron calculados y que serán colocados como variables:

- Tiempo antes de central de riesgo
- Tiempo de otras actividades antes de llamadas
- Tiempo de otras actividades antes de ingresar al sistema
- Tiempo de otras actividades antes de realizar el análisis.

En la tabla 1.1 se muestra un resumen de las distribuciones que se obtuvieron luego de aplicar las pruebas estadísticas de Anderson Darling y Kolmogorov.

4. Modelo actual dinámico.

4.1 Verificación del modelo

La verificación del modelo consiste en realizar las siguientes sugerencias [1]. :

- Hacer revisar el modelo de otro experto.
- Hacer un diagrama de flujo que incluya las posibles acciones lógicas que el sistema pueda realizar cuando ocurra un evento.
- Revisar los resultados y comprobar su concordancia con las entradas.
- Imprimir los parámetros de entrada al final de la simulación para comprobar que no se han realizado cambios inadvertidos.

4.2 Validación del modelo

Es importante mencionar que ningún modelo es una representación perfecta de un sistema y es el moderador quien debe considerar entre mejorar la exactitud del modelo versus el costo del esfuerzo de continuar la validación [1].

Los pasos a seguir son:

- Construir un modelo realista.
- Validar las asunciones del modelo.
- Comparar las transformaciones en la entrada-salida del modelo con los datos del sistema real.

Al construir un modelo realista se debe asegurar de un alto grado de realismo.

Para validar las asunciones del modelo se debe mencionar que existen dos tipos de asunciones:

Estructurales: como opera el sistema.
De datos: Precisión de los datos y sus consideraciones estadísticas.

Las asunciones estructurales que se realizaron para este sistema son:

- Cola antes de entregar las verificaciones a procesar al verificador de terreno.
- Cola de reportes entregados, estos son los reportes que entregan los analistas y que se mantienen en espera mientras el jefe de crédito no los analice junto con las verificaciones de crédito.

- Cola de verificaciones entregadas, representa las solicitudes verificadas que el verificador de terreno ha entregado para que sean procesadas por el jefe de crédito pero se mantienen en espera hasta que el jede de crédito le de trámite.

Las asunciones de datos que se hizo para elaborar este modelo de simulación son:

- Tiempo entre arribos de solicitudes de crédito nuevo, para la que se halló una distribución que mejor se ajuste al comportamiento de estos datos.

- Tiempo de verificaciones de terreno, este tiempo es considerado muy importante pues esta actividad es vital para la aprobación de un crédito. Se encontró una distribución personalizada para este tiempo pues presentó una alta variabilidad.

- Tiempo de análisis de jefe de crédito, este tiempo corresponde a la última actividad antes de aprobar un crédito que está a cargo del jefe de crédito, para la que se encontró una distribución personalizada a sus datos.

4.3 Comparación con datos del sistema real

Para validar el modelo actual se debe comparar los resultados de la simulación con los datos del sistema real, a través de la variable de interés número de créditos aprobados en día de trabajo, que se denotará como Y2.

Se realizó la simulación para el proceso de crédito correspondiente a 6 días y se procedió a aplicar la prueba T-student para μ con muestras pequeñas, que define las siguientes hipótesis:

H0: E(Y2) = 2.38 solicitudes

Ha: E(Y2) ≠ 2.38 solicitudes

Los supuestos para esta prueba consisten en afirmar que Y2 proviene de una distribución normal con media desconocida μ y varianza desconocida σ2. En este caso se asume un comportamiento normal pues no se conocen los datos del número de créditos aprobados y que al generarse para una muestra mayor a 30 se asume se aproxima a una distribución normal [9].

Se procedió a encontrar el estadístico de prueba para t-student, cuya fórmula se muestra a continuación [1]:

$$|t_0| = \left| \frac{\bar{Y}_2 - \mu_0}{S / \sqrt{n}} \right|$$

Donde $\bar{Y}_2$ y S se expresan como sigue:

$$\bar{Y}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Y_{2i}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_{2i} - \bar{Y}_2)^2}{n-1}}$$

Como se mencionó anteriormente, se corrió el modelo para un tamaño muestral 6 (n=6) y se obtuvieron los siguientes resultados para estos estimadores:

$$\bar{Y}_2 = 3.00$$

$$S = 1.67$$

Luego se reemplazaron los valores en el estadístico, de la siguiente manera:

$$\left| \frac{3.00 - 2.38}{1.67 / \sqrt{6}} \right| = 0.915$$

Para determinar la región de rechazo se toma el valor de la distribución t-student tomando α=0.05 (para dos colas) y con grados de libertad 5. El valor obtenido es:

$t_{\alpha/2, n-1}$ = 2.57 (para dos colas)

Por lo tanto, analizando los valores obtenidos se observó que el estadístico es menor que 2.57, y permite afirmar que no existe evidencia estadística para considerarlo inválido.

Ahora se necesita saber que tan fuerte es esta prueba para considerar al modelo como válido, para esto se aplicó la potencia de pruebas que representa la probabilidad de detectar un modelo inválido (1 – β).

Se procedió a encontrar un β, la probabilidad de aceptar un modelo como válido cuando es invalido. Se debe buscar siempre un β pequeño para asegurar que la prueba sea fuerte, el que depende de [1]:

- El tamaño muestral, n
- La diferencia δ, entre E(Y) y μ

La fórmula para encontrar δ es:

$$\delta = \frac{|E(Y) - \mu|}{\sigma}$$

Para escoger el tamaño de la muestra se utilizan las curvas características de Operación (OC Curve) [10].

Como primer paso se evaluó el β que se obtuvo al realizar la prueba t –student con n= 6. Se pretende que la diferencia entre el valor real de la media con el estimador sea de una unidad, valor que junto con la desviación estándar para la muestra anteriormente encontrada se reemplaza en la formula como sigue:

$$\delta = \frac{1}{1.67} = 0.60$$

Con este δ se observaron las curvas características de Operación (OC Curve) y se hallo que el β correspondiente es aproximadamente 0.80.

Se determinó que el β debería ser igual a 0.10 y con el mismo valor de δ se encontró que el número de replicas necesarias para llegar a este valor es n= 40.

Los estimadores fueron los siguientes:

$$Y_2 = 2.75$$
$$S = 1.58$$

El estadístico se expresa como sigue:

$$\left| \frac{2.75 - 2.38}{1.58 / \sqrt{40}} \right| = 1.50$$

Para determinar la región de rechazo se toma el valor de la distribución t-student tomando α=0.05 (para dos colas) y con grados de libertad 39. El valor obtenido es:

$t_{\alpha/2,n-1}$ = 1.96 (para dos colas)

Como se observa el valor del estadístico es menor que 1.96 por lo tanto no existe evidencia estadística suficiente para considerar el modelo inválido y se lo acepta como válido.

Se observaron los siguientes problemas que se presentan en el proceso real y que se reflejan en el modelo de simulación actual al realizar las réplicas para la validación:

Cola en el buffer_verifica: Solicitudes pendientes a procesar por el verificador de terreno.

Cola en Verificaciones entregadas: Solicitudes acumuladas que el verificador entregó pero el Jefe de crédito tiene pendiente de procesar.

Retraso en Otras_act_antes_análisis: Retraso en análisis de créditos debido a otras actividades antes de análisis del jefe de crédito.

Cola en reportes_entregados: Solicitudes entregadas analizadas por los analistas y están pendientes de aprobación del jede de crédito.

Cola en Bf_1: Solicitudes acumuladas pendientes de realizar la actividad de central de riesgo para el analista A.

Cola en Bf_2: Solicitudes acumuladas pendientes de realizar la actividad de central de riesgo para el analista B.

5. Propuestas de escenarios y mejoras.

5.1 Introducción

En este capítulo se proponen tres escenarios de mejoras para el modelo de simulación dinámico que se válido en el capítulo anterior.

5.2 Escenario 1

El primer escenario propuesto contiene dos cambios que son:

1.- Reducción en el tiempo de otras actividades que se realizan antes de revisar en bases de central de riesgo.
2.- Reducción del tiempo en actividades antes de análisis del jefe de crédito

5.3 Escenario 2

Para el escenario 2, partiendo del escenario original se definieron dos cambios que se detallan a continuación:

1. Aumento de un verificador a medio tiempo.
2. Reducción de tiempo en otras actividades antes de análisis del jefe de crédito.

5.4 Escenario 3

Para el escenario 3 se consideró la combinación de los 2 escenarios anteriores es decir, los cambios para el modelo de simulación dinámico realizados son:

1. Reducción en el tiempo de otras actividades que se realizan antes de revisar en bases de central de riesgo.

2. Reducción del tiempo en otras actividades antes de análisis del jefe de crédito.
3. Aumento de un verificador a medio tiempo.

5.5 Estimación del intervalo de confianza para cada escenario.

5.5.1 Cálculo de número de réplicas

Se tomó la variable de interés número de créditos aprobados acumulados para realizar el cálculo de número de replicas y para la elección de uno de los escenarios propuestos. Existe una segunda variable de interés que son el número de verificaciones entregadas que también será considerada para este análisis.

Se realizó primero una muestra inicial de réplicas como se lo hizo en el capítulo 3 (para la validación del modelo), es decir con tamaño muestra 6 para el proceso actual y los 3 escenarios.

En este caso R es igual a 6 y se determinó que la desviación estándar para cada escenario son los valores que aparecen en la tabla 5.1.

Escenario	Desviación estándar Créditos aprobados	Desviación estándar verificaciones entregadas
Actual	7.36	63.25
Primero	8.29	22.46
Segundo	7.79	0.41
Tercero	10.07	77.15

Tabla 2. Desviación estándar de cada escenario

Se calculó el R mínimo, es decir el mínimo número de réplicas que se necesita para tener un intervalo de confianza válido que compara todos los escenarios.

Se define la siguiente fórmula para calcular el R mínimo [1].

$$R_{\min} \geq \left(\frac{z_{\alpha/2} S_0}{\varepsilon} \right)^2$$

S0: Desviación estándar inicial
α: nivel de confianza
ε: error definido
Zα/2: Se toma el valor de la distribución normal estándar de acuerdo al nivel de confianza.

Luego se calculó el R final con la siguiente fórmula:

$$R \geq \left(\frac{t_{\alpha/2,R-1} S_0}{\varepsilon} \right)^2$$

Se calculó el R mínimo para cada escenario que se muestra a continuación:

Escenario	Variable: créditos aprobados	Variable: Verificaciones entregadas
Actual	9	35
Primer	11	20
Segundo	10	3
Tercer	16	37

Tabla 3. Resultados de variable por escenario

Finalmente, al comparar el R final por cada escenario se tomó aquel con mayor número pues contiene a todos los demás. Para el número de créditos aprobados el R escogido es igual a 19, por lo tanto se procedió a generar 13 réplicas adicionales para completar la muestra deseada. Mientras que para el número de verificaciones entregadas el R escogido es igual a 40, por lo tanto se realizaron 34 réplicas más para esta variable.

5.6. Cálculo de intervalo de confianza

A simple vista se puede observar que el número de créditos aprobados acumulados para 50 días, difiere de la simulación del proceso actual, con el de las propuestas realizadas. Sin embargo, es necesario verificar si realmente ha habido cambios estadísticamente significativos de la variable respuesta. Se utilizó entonces el método de Bonferroni para comparar el sistema actual, con los sistemas propuestos.

$$\bar{D}_{.i} - t_{\alpha_i/2,R-1}\, se\left(\bar{D}_{.i}\right) \leq \theta_1 - \theta_i \leq \bar{D}_{.i} + t_{\alpha_i/2,R-1}\, se\left(\bar{D}_{.i}\right)$$

D.i: Diferencia entre el escenario i y el escenario actual.
αj/2: nivel de confianza dividido para el número de escenarios (para dos colas)
tαj/2,R-1: valor de t student para nivel de confianza α/2 y R-1 grados de libertad.
s.e.: Error estándar

El error estándar se define como sigue:

$$s.e.(\bar{D}) = s.e.\left(\bar{Y}_{.1} - \bar{Y}_{.2}\right) = \frac{S_D}{\sqrt{R}}$$

Donde:

$$S_D^2 = \frac{1}{R-1}\sum_{r=1}^{R}\left(D_r - \bar{D}\right)^2$$

$$D_r = Y_{r1} - Y_{r2} \qquad \bar{D} = \frac{1}{R}\sum_{r=1}^{R} D_r$$

Luego de tener todos los valores para completar la fórmula del intervalo de confianza, se procedió a calcularlo para cada escenario de lo que se obtuvo lo siguiente:

Escenario 1: $72.96 < \theta_2 - \theta_1 < 89.35$

Escenario 2: $18.77 < \theta_3 - \theta_1 < 33.44$

Escenario 3: $83.35 < \theta_4 - \theta_1 < 97.70$

El análisis de la comparación de diseños afirma que si el intervalo de confianza está a la derecha del 0, existe fuerte evidencia de H0: θ2 - θ1 > 0 (θ2 > θ1). Por lo tanto todos los escenarios difieren del escenario actual y son válidos. El intervalo de confianza que otorga una mayor diferencia con el modelo actual es del escenario 3, por lo tanto se escogerá este escenario como el óptimo.

5.7 Análisis financiero

Luego de realizar el estado de resultado del proceso mejorado, se observó que:

Al incrementarse la venta de unidades de 157 a 246 después de implementaciones y costos incurridos la utilidad sería 3 veces mayor que la del proceso actual pues realmente el costo de los cambios no representa un monto muy significativo comparándose con el monto de ventas que se incrementaría al aplicar los cambios propuestos.

Dado que las réplicas realizadas para la simulación fueron de 50 días acumulados se transformó este valor a unidades anuales, pues el estado de pérdidas y resultados presenta comparaciones anuales. De esta forma, las unidades del proceso actual del que se obtuvo 157 solicitudes aprobadas en promedio para 50 días son equivalentes a 1,136 solicitudes aprobadas en promedio anualmente.

El mismo cálculo se realizó para las unidades del modelo mejorado del que se obtuvo 246 solicitudes aprobadas en promedio durante 50 días simulados y que se transformó a aprobaciones anuales, resultando 1, 791 solicitudes aprobadas en promedio.

5.8 Resultados

Para mejorar el proceso de crédito de un almacén de electrodomésticos de la ciudad de Guayaquil se tomó como variable de interés el número de créditos aprobados, una variable indicadora de mejores resultados que optimiza tiempo y recurso al procesar más solicitudes al día.

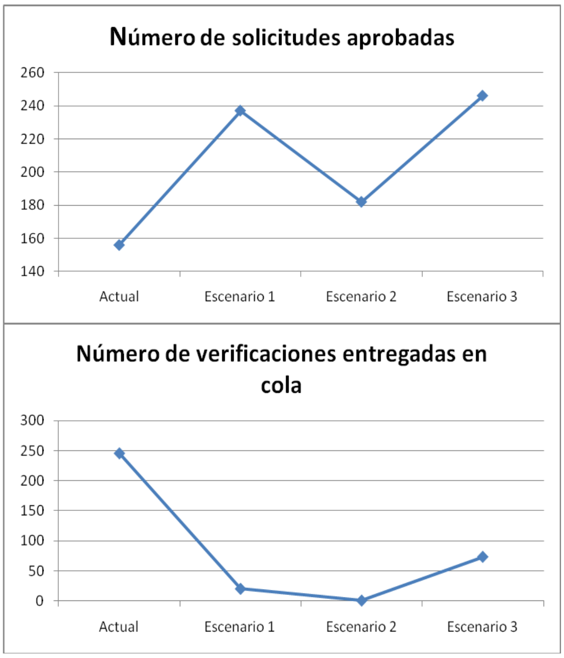

Figura 2. Resultados para variables de interés analizadas

En el cuadro 5.1 se muestran las comparaciones de los resultados obtenidos para cada escenario, como se observa para la variable número de solicitudes aprobadas el escenario 3 muestra 246 solicitudes aprobadas siendo mayor a los otros 2 escenarios.

Para el número de verificaciones entregadas en cola se muestra que el mejor escenario es el 2 pues llega casi a la reducción total de unidades en cola. Si bien es cierto, el escenario 1 presenta el 52% de incremento de número de solicitudes aprobadas y presenta una reducción del 92% en verificaciones en cola, no se lo considera óptimo pues no alcanza el máximo número de solicitudes aprobadas del total de escenarios y al reducir las verificaciones entregadas en cola presenta un incremento en la cola de verificaciones pendientes a procesar, causando retrasos en el sistema. Por lo tanto, se escogió como óptimo el escenario 3 pues la variable de mayor interés presenta el mejor incremento de solicitudes aprobadas en este escenario (58%), y es la que predomina al momento de la elección. Se debe destacar que en este escenario se observó solo una reducción del 30% de verificaciones entregadas en cola comparada con el escenario actual, pero se presenta la ventaja que el sistema funciona a un ritmo constante sin tener colas en las verificaciones pendientes a procesar lo cual le da un valor agregado a esta alternativa.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6. 1 Conclusiones

Se logró incrementar significativamente el número de solicitudes aprobadas a través de cambios en actividades y eligiendo las variables de interés que son de vital importancia, pues se consideró al número de aprobaciones y el número de verificaciones entregadas en cola. Fue muy importante considerar esta última variable pues parte de los retrasos en el sistema se debía a las largas colas que se formaban para esta actividad y otras colas que aunque no fueron analizadas específicamente pero fueron observadas por el comportamiento que pudieron presentar con los cambios realizados al proceso actual.

Se propusieron mejoras en asignación de actividades en el escenario 1 pues las tareas de otras actividades antes de central de riesgo fueron asignadas al jefe de crédito que presentaba disponibilidad para hacerlo. Además se elaboró un análisis de tareas que agregaban valor a las otras actividades antes de análisis que hace el jefe de crédito y se pudo reducir considerablemente este tiempo, que gracias a la implementación de tecnología puede mantenerse en los tiempos promedios expuestos y reducir la variabilidad de los datos que principalmente se debía a los retrasos que el sistema provocaba. La implementación en tecnología que se realizó fue la compra de un computador para el analista y otro para el jefe de crédito, también se consideró el arreglo del sistema que utilizan para ingresar las solicitudes y evitar retrasos en la aprobación de un crédito nuevo.

Se pudo establecer el escenario óptimo para satisfacer al cliente mediante la reducción de tiempos en varias actividades lo que provoca una atención más rápida y cómoda para el cliente. Se probaron tres escenarios de los que se eligió el escenario tres que presenta una combinación de los dos escenarios anteriores y logra aumentar en gran porcentaje el número de solicitudes aprobadas, además de reducir unidades en espera de verificaciones entregadas por el verificador y la reducción de unidades en cola de las verificaciones pendientes de revisar en terreno. Se comprobó que los cambios propuestos no representan una gran inversión para la empresa balanceándolo con el ingreso en ventas que obtendrían con el aumento de unidades vendidas debido a los cambios de mejora, pues mejorarían su utilidad en gran medida.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio de movimientos a futuro tomando como referente esta tesis para así llegar a disminuir la variabilidad de datos y proponer tiempos estándares de atención al cliente.

Se podría considerar mejorar el proceso evaluando que actividades realmente son necesarias para aprobación de crédito pues se pudo notar que existen actividades que no agregan valor y son repetitivas, por ejemplo la revisión de ampliaciones de crédito que realiza el jefe de crédito cuando el analista ya lo aprobó. Este trabajo es innecesario pues deberían existir parámetros de calificación con los que autorizar o no una ampliación de crédito.

Se recomienda un estudio para el proceso de ampliaciones de crédito pues son en muchas ocasiones las acusantes de retrasos en aprobaciones de créditos y en este estudio fueron tomados en consideración dentro del tiempo de otras actividades que precedían a una nueva actividad para la aprobación de un crédito nuevo.

7. Bibliografía

[1]. Barcia Kleber. Apuntes de clases de la materia Simulación matemática dictada en la Maestría de Control de Operaciones y logística. Febrero 2009.

[2]. PROMDEL® Corporation, Manufacturing simulation software. Version 4.0. User's Guide, Utah, 1997.

[3]. Departamento de Matemáticas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. Complemento 3: Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov Smirnov.

[4]. Prueba de Kolmogórov-Smirnov, Wikipedia, la Enciclopedia libre. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Prueba_de_Kolmog%C3%B3rov-Smirnov.

[5]. Prueba de Anderson Darling. Disponible en: http://www.scribd.com/doc/26816059/Prueba-de-Anderson-Darling.

[6]. Witness. © 2007 Lanner Group Ltd. Manufacturing Performance Edition. Tutorial Manual.

[7]. Sociedad de Estadística e Investigación Operativa. BOLETIN Volumen 17, número 2. JUNIO 2001. ESTUDIO MEDIANTE SIMULACIÓN DE UNA ENTIDAD BANCARIA. Francisco José Lluna Taverner y Ramon Martínez Coscollà. Universidad de Valencia.

[8]. SIMULATION AND EXPERIMENTAL DESIGN APPLIED TO SIZING SUPERMARKET CASHIERS IN COLOMBIA. Jorge Alvarado y Luis M. Pulido. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, COLOMBIA (Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference).

[9]. Mendenhall William. Estadística Matemática con aplicaciones. Segunda edición. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F. 1994.

[10]. C. L. Ferris, F. E. Grubbs, and C. L. Weaver, “Operating Characteristics for the Common Statistical Tests of Significance”, Annals of Mathematical Statistics, Junio 1946. Reproducido con permiso del Institute of Mathematical Statistics.

APROBACIÓN DIRECTOR DE TESIS:

Ph. D. Kleber Barcia