



Conference Paper

Computational Simulation Model of Milk Production Process, Case Study: Dairy Plant FCP-ESPOCH

Iván Menes Camejo, Gladys Lorena Aguirre Sailema,
Katherine Maribel Gallegos Carrillo, and Jorge Ariel Menéndez Verdecia

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur km 1 1/2, ECo60155 Riobamba-Ecuador

Abstract

Computational simulation is a powerful tool that allows the experimentation of variants in production environments, which made on real scenarios, would entail heavy costs for the company. For this, it is necessary to correctly define the model that represents the actual processes involved. This paper presents the development of a computational simulation model, developed with "Siman" programming language and "Arena" software, based on queuing theory for the processes of milk production process in the Dairy Plant FCP-ESPOCH. We sought to determine the efficiency of the computational model using the scientific method, techniques of descriptive statistics and hypothesis demonstration. The results indicate that the data of the model are similar to the real ones in the processes of Daily Crude Milk Reception and Production Daily Pasteurized Milk, concluding that the computational model is valid for future experimentation.

Keywords: Simulation, models, computational models, dairy plant.

1. Introducción

La simulación es una técnica numérica para la resolución de problemas. Sus orígenes están en la teoría de muestreo estadístico y análisis de sistemas físicos probabilísticos complejos [1]. El aspecto común de ambos es el uso de números y muestras aleatorias para aproximar soluciones [2]. La simulación consiste básicamente en construir modelos informáticos que describen la parte esencial del comportamiento de un sistema de interés, así como en diseñar y realizar experimentos con el modelo y extraer conclusiones de sus resultados para apoyar la toma de decisiones [3].

Arena es un software de simulación de procesos de negocios. Utilizando la animación permite realizar procesos de simulación de sistemas de manufactura y de servicio o atención al cliente [4]. Arena es un software de simulación orientado a

Corresponding Author:
Iván Menes Camejo
imenes@espoch.edu.ec

Received: 28 July 2017
Accepted: 5 September 2017
Published: 30 January 2018

Publishing services provided by
Knowledge E

© Iván Menes Camejo et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Selection and Peer-review under the responsibility of the SIIPRIN Conference Committee.

OPEN ACCESS

eventos y orientado a procesos. Orientado a eventos porque el estado del modelo cambia en función de la ocurrencia de diversos eventos. Orientado a procesos porque hay un diagrama de flujo que indica el procesamiento que siguen las entidades del modelo. El modelo se construye empleando la orientación a procesos, y la simulación se realiza en función de los eventos. [5]. Los modelos se implementan utilizando el lenguaje de programación Siman (SIMulation ANalisis).

Siman, como producto de software, se comenzó a utilizar en 1984 [6]. Es un lenguaje de simulación basado en el FORTRAN, y el mismo se apoya en los desarrollos previos del GPSS (General Purpose Simulation System) y el GASP (General Application Simulation Program) [4]. Como lenguaje es capaz de modelar procesos combinados discretos continuos, y posee un conjunto de facilidades que lo hacen particularmente útil en la modelación de sistemas de producción, especialmente cuando los mismos contienen componentes importantes referidos al manejo de materiales [6].

1.1. Sistemas y Modelos

Un sistema está formado por entidades, atributos, actividades y eventos, entre otros elementos [7]. Se llama entidad a un objeto de interés dentro del sistema; atributo es una característica o propiedad de una entidad; actividad es un proceso con determinada duración o proceso que implique cambios con una duración dentro del sistema; evento es un inicio o fin de una actividad del sistema; al estado del sistema se le conoce como la descripción de las entidades, atributos y actividades según su existencia en algún punto del tiempo [8, 9]. Se puede definir el estado de un sistema con un conjunto de variables necesarias para describir el mismo, en un punto particular de tiempo, relativo a los objetivos del estudio [2].

Por modelo se entiende la representación de un sistema, desarrollado con el propósito de estudiar dicho sistema [7]. Los modelos deben contener sólo los aspectos esenciales del sistema que representan, aquellos aspectos del sistema que no contribuyen significativamente en su comportamiento no se deben incluir, ya que lo que harían sería obscurecer las relaciones entre las entradas y las salidas. ¿En qué punto se debe parar de incluir realismo en el modelo? Esto depende del propósito para el cual el modelo se haya desarrollado [10].

1.2. Sistemas de Servicio

Las colas o líneas de espera están presentes en la mayoría de las esferas de la actividad diaria y ocurren siempre que la demanda para recibir un servicio exceda la capacidad existente para brindarlo [11, 12]. Es por esta razón que frecuentemente hay que tomar decisiones sobre la capacidad necesaria para brindar un servicio y, dado que es generalmente imposible determinar con precisión cuando arribarán las unidades para solicitar el servicio y cuánto tiempo se requerirá para proveerlo; estas decisiones, en la mayoría de los casos, se vuelven difíciles [1, 13]. Los sistemas con presencia de colas o líneas de espera son denominados sistemas de servicio.

El objetivo principal de analizar estos tipos de sistemas es optimizar su funcionamiento, encontrando su máximo rendimiento. La optimización del funcionamiento de un sistema de servicio se puede efectuar bajo diferentes enfoques contradictorios: desde el punto de vista de la capacidad de servicio, o desde el punto de vista de las personas o unidades (clientes) a los cuales se les presta el servicio. Partiendo del primer punto de vista, es deseable utilizar las capacidades de servicio al máximo, y lograr que todas las estaciones de servicio estén ocupadas. Desde el punto de vista de los clientes, es deseable reducir en lo posible las colas que a menudo se convierten [5]. Para dar solución a este problema es necesario un enfoque sistémico y un análisis profundo de las consecuencias de cada decisión. Por lo tanto, el objetivo del estudio de los sistemas de servicio, o fenómenos de espera, será obtener un balance económico entre el costo del servicio y el costo asociado con la espera para recibir ese servicio [14].

La Teoría de Colas es una de las técnicas básicas de investigación operacional, utilizada para el análisis de los sistemas de servicio, basada en una serie de modelos matemáticos que representan el comportamiento de los sistemas; sin embargo, esta modelación económica-matemática no resuelve directamente los problemas planteados, pero, brindan información que permite simular los diferentes escenarios y así concluir en la mejor alternativa para solucionar este tipo de fenómenos [15].

1.3. Caso de Estudio: Planta de Lácteos FCP-ESPOCH

La Planta de Lácteos FCP-ESPOCH, es una unidad de producción perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH); se encuentra ubicada en la Estación Experimental de Tunshi e inicia su funcionamiento con una donación de equipos de pasteurización mediante el Convenio

ESPOCH - Embajada del Japón. Por ser una unidad de producción, uno de los objetivos que persigue la Planta es el generar recursos económicos autofinanciados para la ESPOCH, con la producción y comercialización de sus productos lácteos, entre los cuales se encuentran la leche en funda, queso y yogurt.

El estudio de este trabajo se centró en el diseño y desarrollo de un modelo de simulación computacional del proceso de producción de la leche en funda, para proveer de una herramienta informática con la que se pueda analizar y experimentar diferentes escenarios a bajo coste, con miras a una mejora en la producción y rentabilidad.

2. Modelo Computacional de Simulación del Proceso de Producción de Leche

El modelo computacional de simulación del proceso de producción de la leche en funda, de la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH, fue desarrollado bajo la metodología que recoge los siguientes pasos:

- Formulación del problema.
- Recolección de datos y análisis.
- Identificación de los modelos matemáticos.
- Desarrollo del modelo computacional de simulación.
- Validación del modelo de simulación.

2.1. Formulación del Problema

Como se ha planteado, uno de los objetivos que persigue la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH es el generar recursos económicos autofinanciados para la ESPOCH, con la producción y comercialización de sus productos lácteos; sin embargo, se debe tomar en cuenta que dicha planta además es una unidad en la que los estudiantes universitarios realizan sus prácticas académicas. Para ser una planta rentable, combinando los objetivos de generación de recursos con los académicos, debe optimizar al máximo sus procesos de producción y comercialización.

Para lograr la optimización planteada se requeriría experimentar diferentes escenarios en los componentes que intervienen en los procesos de producción, a fin de determinar el mejor escenario posible. La experimentación in situ implicaría elevados costos para la planta, lo que no resultaría una solución factible ni deseada por el equipo

directivo. Una opción económica es desarrollar un modelo de simulación computacional que permita experimentar las diferentes alternativas de funcionamiento de la planta sin intervenir en su actividad diaria, ni recurrir a costos adicionales. Bajo esta premisa, es necesario conocer, en primera instancia, el funcionamiento de la planta en el proceso de producción de leche en funda, mismo que se describe en la Fig. 1, a continuación:

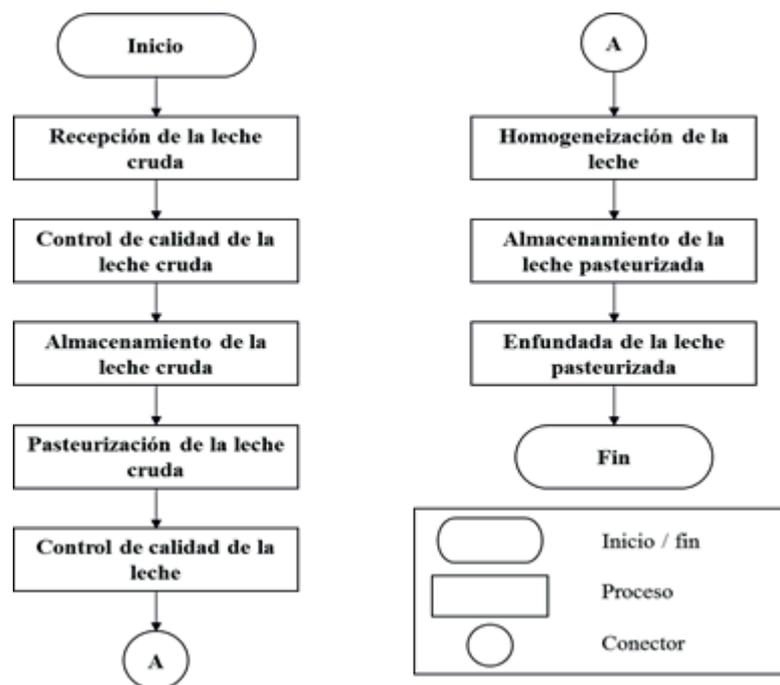


Figura 1: Estaciones y actividades involucradas en el proceso de elaboración de la leche en funda en la planta de lácteos FCP-ESPOCH.

2.2. Recolección de Datos y Análisis

El proceso de producción de la leche en funda es un sistema de servicio integrado a la planta de lácteos. Para su análisis se identificaron las variables que intervienen en el mismo y con la utilización del software "Input Analyzer" se determinaron las características y comportamiento estadístico de cada una. Las tablas Tabla 1. Variables aleatorias exógenas., y Tabla 2. Variables deterministas endógenas., resumen la información, comportamiento y análisis de las variables identificadas del proceso de producción de la leche en funda.

TABLA 1: Variables aleatorias exógenas.

Variable	Descripción	Distribución	Análisis
λ_{LC}	Cantidad diaria de litros de leche cruda que recibe la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH	Normal	Media: 477 litros por día Desviación estándar: 92,5 litros Error cuadrado: 0,003000

TABLA 2: Variables deterministas endógenas.

Variable	Descripción	Cantidad
λ_{LCF}	Cantidad diaria de litros de leche cruda que se utilizan para la elaboración de la leche en funda. Según datos históricos, aproximadamente el 47,82% de la leche cruda que se recibe diariamente se utiliza para la fabricación de leche en funda	47,82% de la leche cruda
C_{TRLC}	Capacidad (en litros) del tanque de recepción de leche cruda	3000 litros
C_{TB}	Capacidad (en litros) del tanque de balance	80 litros
μ_P	Capacidad (en litros / hora) de atención de la pasteurizadora	1000 litros/hora
μ_H	Capacidad (en litros / hora) de atención del homogenizador	1000 litros/hora
C_{TRLP}	Capacidad (en litros) del tanque de recepción de leche pasteurizada	2000 litros
μ_E	Capacidad (en fundas / hora) de atención de la enfundadora o envasadora	1500 fundas/hora
P_{LLP}	Cantidad diaria de litros de leche pasteurizada que se produce en la planta (Dependiente)	$0,999 * \lambda_{LCF}$
P_{FLP}	Cantidad diaria del producto "Leche en Funda" que se produce en la planta. (Dependiente). Según análisis de frecuencia, se fabrica leche en funda de la siguiente manera: el 62,5% de fundas son de 1 litro, el 25% de 2 litro y el 12,5% restante de 3 de litro	$P_{FLP(1L)} + P_{FLP(2L)} + P_{FLP(3L)}$ Donde: $P_{FLP(1L)} = 0,625 * P_{LLP}$ $P_{FLP(2L)} = 2 * 0,25 * P_{LLP}$ $P_{FLP(3L)} = 3 * 0,125 * P_{LLP}$

2.3. Identificación de los Modelos Matemáticos

Para el análisis e identificación de los modelos matemáticos se aplicó la Teoría de Colas y se tomaron en cuenta las variables descritas del problema y el análisis de los datos realizados en cada una de éstas. Dentro del sistema de producción de leche en funda, se han definido los siguientes subsistemas para el modelado: Pasteurización de

la leche; Homogenización de la leche pasteurizada; y, Enfundada de la leche pasteurizada.

Pasteurización de la leche: es un sistema de servicio que se representa según una cola infinita y canal único. Las entidades están representadas por los litros diarios de leche cruda que arriba a la planta. Según el análisis de las variables se considera al arribo de leche cruda un proceso estocástico de distribución normal con media de 477 litros/día y desviación estándar métrica $92,5$ litros $92,5$ litros diarios. A continuación se describen sus características:

Notación de Kendall: M/M/1: ∞ , FIFO

Parámetros: $M \rightarrow \infty$; $k = 1$; $\lambda_{LC} = 477 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$; $\lambda_{LCF} = 0,4782 * \lambda_{LC} \frac{\text{litros}}{\text{día}}$; $\mu_p = 1000 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$; $\lambda = \lambda_{LCF} = 0,4782 * \lambda_{LC} \frac{\text{litros}}{\text{día}}$; $\mu = 4\mu_p = 4000 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$

Homogenización de la leche pasteurizada: es un sistema de servicio que se representa según una cola infinita y canal único. Las entidades están representadas por los litros diarios de leche pasteurizada. A continuación se describen sus características:

Notación de Kendall: M/M/1: ∞ , FIFO

Parámetros: $M \rightarrow \infty$; $k = 1$; $P_{LLP} = 0,999 * \lambda_{LCF} \frac{\text{litros}}{\text{día}}$; $\mu_H = 1000 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$; $\lambda = P_{LLP}$; $\mu = 4\mu_H = 4000 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$

Enfundada de la leche pasteurizada: es un sistema de servicio que se representa según una cola infinita y canal único. Las entidades están representadas por los litros diarios de leche pasteurizada. A continuación se describen sus características:

Notación de Kendall: M/M/1: ∞ , FIFO

Parámetros: $M \rightarrow \infty$; $k = 1$; $P_{LLP} = 0,999 * \lambda_{LCF} \frac{\text{litros}}{\text{día}}$; $\mu_E = 1500 \frac{\text{fundas}}{\text{hora}}$; $\lambda = P_{LLP}$; $\mu = 4687,5 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$

2.4. Desarrollo del Modelo Computacional de Simulación

El modelo computacional y de simulación, del proceso de producción de la leche en funda, fue desarrollado utilizando el software "Arena" y el lenguaje de programación "Siman". El mecanismo de avance del tiempo aplicado en el modelo fue el de incrementos fijos de tiempo, con un intervalo de tiempo de cada 1 día y una jornada de trabajo de 8 horas. Por cada día simulado el reloj se inicializa en la hora 0, simulando el inicio de la jornada de trabajo diario. Se ha considerado una jornada de trabajo de 6 días por semana. A continuación, se muestra el modelo computacional y de simulación del proceso de producción de leche en funda, basado en el análisis de las variables y parámetros de los modelos matemáticos identificados.

```
; Recepción de la Leche Cruda
61$ CREATE, 1,1:8:MARK(A1):NEXT(62$);
62$ ASSIGN: A2=NORM(477, 92.5):
A3=0.4782 * A2:
A4=0.4418 * A2:
A5=0.08 * A2:
X9=X9 + A5;
22$ STATION, E_LecheCruda;
25$ ASSIGN: Picture=I_LecheCruda;
46$ DELAY: o.,Other:NEXT(75$);
48$ ROUTE: 0.25,E_Pasteurizacion;
; Pasteurización de le Leche Cruda
o$ STATION, E_Pasteurizacion;
140$ DELAY: o.,Other:NEXT(184$);
101$ QUEUE, E_Pasteurizacion_R_Q:MARK(QueueTime);
102$ SEIZE, 1,Other: R_Pasteurizacion,1:NEXT(211$);
211$ BRANCH, 1:
If,RTYP(R_Pasteurizacion).eq.2,212$,Yes:
If,RTYP(R_Pasteurizacion).eq.1,114$,Yes;
212$ MOVE: R_Pasteurizacion,E_Pasteurizacion;
114$ TALLY: E_Pasteurizacion_R_Q Queue Time,INT(QueueTime),1;
221$ DELAY: 0.0,,Other;
103$ DELAY: (A3 + A4) / 1000,,Other:NEXT(185$);
104$ RELEASE: R_Pasteurizacion,1;
168$ DELAY: o.,Other:NEXT(112$);
112$ ASSIGN: Picture=I_LechePasteurizada;
108$ ROUTE: 0.03333,C_Calidad;
; Homogenización de la Leche Pasteurizada
5$ STATION, E_Homogenizacion;
485$ DELAY: o.,Other:NEXT(454$);
454$ ASSIGN: Picture=I_FundaLeche;
446$ QUEUE, E_Homogenizacion_R_Q:MARK(QueueTime);
447$ SEIZE, 1,Other: E_Homogenizacion_R,1:NEXT(556$);
```

556\$ BRANCH, 1:
If,RTYP(E_Homogenizacion_R).eq.2,557\$,Yes:
If,RTYP(E_Homogenizacion_R).eq.1,459\$,Yes;
557\$ MOVE: E_Homogenizacion_R,E_Homogenizacion;
459\$ TALLY: E_Homogenizacion_R_Q Queue Time,INT(QueueTime),1;
566\$ DELAY: o.o,,Other;
448\$ DELAY: (A6) / 1000,,Other:NEXT(530\$);
449\$ RELEASE: E_Homogenizacion_R,1;
513\$ DELAY: o.,,Other:NEXT(535\$);
453\$ ROUTE: o.o8333,E_TanqueRLP;
; Uso del Tanque de Recepción de la Leche Pasteurizada
7\$ STATION, E_TanqueRLP;
606\$ DELAY: o.,,Other:NEXT(650\$);
567\$ QUEUE, E_TanqueRLP_R_Q;
568\$ SEIZE, 1,Other: E_TanqueRLP_R,1:NEXT(677\$);
677\$ BRANCH, 1:
If,RTYP(E_TanqueRLP_R).eq.2,678\$,Yes:
If,RTYP(E_TanqueRLP_R).eq.1,687\$,Yes;
678\$ MOVE: E_TanqueRLP_R,E_TanqueRLP;
687\$ DELAY: o.o,,Other;
569\$ DELAY: o.5,,Other:NEXT(651\$);
570\$ RELEASE: E_TanqueRLP_R,1;
634\$ DELAY: o.,,Other:NEXT(656\$);
574\$ ROUTE: o.o8333,E_Envasadora;
; Enfundada de la Leche Pasteurizada y Homogeneizada
9\$ STATION, E_Envasadora;
727\$ DELAY: o.,,Other:NEXT(771\$);
688\$ QUEUE, E_Envasadora_R_Q:MARK(QueueTime);
689\$ SEIZE, 1,Other: E_Envasadora_R,1:NEXT(798\$);
798\$ BRANCH, 1:
If,RTYP(E_Envasadora_R).eq.2,799\$,Yes:
If,RTYP(E_Envasadora_R).eq.1,701\$,Yes;
799\$ MOVE: E_Envasadora_R,E_Envasadora;

```

701$ TALLY: E_Envasadora_R_Q Queue Time,INT(QueueTime),1;
808$ DELAY: 0.0,,Other;
690$ DELAY: (A6) / 1171.875,,Other:NEXT(772$);
691$ RELEASE: E_Envasadora_R,1;
755$ DELAY: 0.0,,Other:NEXT(699$);
699$ ASSIGN: Picture=I_Funda;
    
```

2.5. Validación del Modelo de Simulación

Un modelo de simulación es válido si sus medidas de salida tienen una correspondencia apropiada con las mismas medidas en el sistema real [16]. Para la validación del modelo computacional propuesto se compararon los datos reales o históricos con los valores simulados del funcionamiento de la planta, correspondiente a 671 días laborables. Fueron consideradas las dos variables fundamentales del proceso, una de entrada y la otra de salida, estas son: 1. Recepción Diaria de Leche Cruda; y, 2. Producción Diaria de Leche Pasteurizada. Para cada comparación se utilizó la técnica estadística de prueba de hipótesis Z normalizado, por cuanto las variables a comparar siguen una distribución normal, estableciéndose en cada caso una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alternativa (H_a). En la Tabla 3. Resumen de análisis estadístico de valores reales y valores simulados de la variable Recepción Diaria de Leche Cruda., se recoge el análisis estadístico obtenido de los valores para la variable de entrada, mientras que en la Tabla 4. Resumen de análisis estadístico de valores reales y valores simulados de la variable Producción Diaria de Leche Pasteurizada., se recoge el análisis estadístico de los datos de la variable de salida.

TABLA 3: Resumen de análisis estadístico de valores reales y valores simulados de la variable Recepción Diaria de Leche Cruda.

Origen	Resultados
Sistema Real	Distribución Normal de Media 477 y Desviación Estándar 92,5 de 671 datos reales de Litros de Leche Cruda recibida diariamente en la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH. $\bar{X}_A = 477$ $\sigma_A = 92,5$ $n_A = 671$
Modelo de simulación	Distribución Normal de Media 479 y Desviación Estándar 89,1 de 671 datos simulados con el modelo desarrollado, de Litros de Leche Cruda recibida diariamente en la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH. $\bar{X}_B = 479$ $\sigma_B = 89,1$ $n_B = 671$

Las hipótesis establecidas para la variable Recepción Diaria de Leche Cruda son:

H_0 = Los conjuntos de datos reales y simulados de Litros de Leche Cruda recibida son similares.

H_a = Los conjuntos de datos reales y simulados de Litros de Leche Cruda recibida son diferentes.

Con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y el criterio de aceptación para la hipótesis nula H_0 si $z_C > -1,959$ y $z_C < 1,959$, donde:

$$z_C = \frac{\overline{X}_A - \overline{X}_B}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_B^2}{n_B}}} \quad (1)$$

Reemplazando los valores, se obtiene un $z_C = -0.403$, que se encuentra dentro del intervalo de aceptación de la hipótesis nula H_0 , por lo que se acepta que: Los conjuntos de datos reales y simulados de Litros de Leche Cruda recibida son similares.

TABLA 4: Resumen de análisis estadístico de valores reales y valores simulados de la variable Producción Diaria de Leche Pasteurizada.

Origen	Resultados
Sistema Real	Distribución Normal de Media 228 y Desviación Estándar 188 de 671 datos reales de Litros de Leche Pasteurizada producida diariamente en la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH. $\overline{X}_A = 228$ $\sigma_A = 188$ $n_A = 671$
Modelo de simulación	Distribución Normal de Media 229 y Desviación Estándar 42,6 de 671 datos simulados con el modelo desarrollado, de Litros de Leche Pasteurizada producida diariamente en la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH. $\overline{X}_B = 229$ $\sigma_B = 42,6$ $n_B = 671$

Las hipótesis planteadas para la variable de Producción Diaria de Leche Pasteurizada son:

H_0 = Los conjuntos de datos reales y simulados de Litros de Leche Pasteurizada para la producción de Leche en Funda son similares.

H_a = Los conjuntos de datos reales y simulados de Litros de Leche Pasteurizada para la producción de Leche en Funda son diferentes.

Con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y el criterio de aceptación para la hipótesis nula H_0 si $z_C > -1,959$ y $z_C < 1,959$, donde z_C está definida en la ecuación (1), se obtiene un valor de $z_C = -0,134$, que se encuentra dentro del intervalo de aceptación de la hipótesis nula; esto es, se acepta que: Los conjuntos de datos reales y simulados de Litros de Leche Pasteurizada para la producción de leche en funda son similares.

Dados estos resultados de las pruebas de hipótesis con respecto a las dos variables tomadas como referencia del proceso de producción de leche en funda, se acepta el modelo de simulación computacional desarrollado como válido.

3. Conclusiones

El estudio de simulación se basó en un proceso metodológico que orientó correctamente a los investigadores en las etapas de desarrollo de la investigación.

La Teoría de Colas resultó una buena alternativa que permitió analizar y describir los parámetros de los modelos de los sistemas de servicio identificados del proceso de producción de la leche en funda.

El software "Arena" es una excelente herramienta de simulación que permitió programar y desarrollar el Modelo Computacional y de Simulación para la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH, a través del Lenguaje de Programación "Siman" y las opciones visuales que posee para la animación y obtención de los resultados en forma de gráficos.

El Modelo Computacional y de Simulación desarrollado fue validado con técnicas estadísticas de demostración de hipótesis, lo que resulta que el mismo representa correctamente el funcionamiento de la Planta de Lácteos FCP-ESPOCH y los resultados esperados de su utilización son considerados cercanos a la realidad o válidos.

La Planta de Lácteos FCP-ESPOCH cuenta con una herramienta informática que le permitirá experimentar sobre las condiciones de la planta en el proceso de producción de la leche en funda y encontrar aquellos escenarios que proyecten una mejora de la productividad y rentabilidad, a través del diseño de experimentos en los que se pueda modificar la información sobre la entrada de insumos dentro de las condiciones posibles para la planta en lo que a producción de la leche en funda se refiere, y tener una visión amplificada sobre el mejor escenario bajo el cual la planta genera más recursos económicos.

De igual manera es deseable basar sobre esta metodología de trabajo, un futuro modelo de simulación computacional del proceso de producción de queso. Este desarrollo permitirá fusionar las dos principales líneas de producción de la planta y complementar el presente estudio, generando una herramienta con más alcance sobre las alternativas de experimentación sobre la mejora de la productividad y rentabilidad de la planta, siendo que es posible ver los resultados de una decisión, previo a implementarla a través de los modelos de simulación computacional.

Referencias

- [1] Pazos J., Andrés S. y Rebeca D.: Teoría de colas y simulación de eventos discretos. Pearson Educación (2003).
- [2] Banks J., Carson J., Nelson B. y Nicol D.: Discrete-event system simulation. Prentice Hall (2001).
- [3] Naylor T., Balinffy J., Burdick D. y Chu K.: Computer Simulation Techniques. John Wiley & Sons, Inc (1966).
- [4] Kelton D., Sadowski R. y Sadowski D.: Simulation with ARENA. McGraw Hill (2002).
- [5] Rockwell Automation, ¿rockwellautomation,¿ [En línea]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/>. [Último acceso: marzo 2012].
- [6] Pegden D.: Introduction to SIMAN. Systems Modeling Corporation (1984).
- [7] Fishman G.: Concepts and Methods in Discrete Event Digital Simulation. John Wiley & Sons Inc (1973).
- [8] Guasch A., Piera M., Casanovas J. y Figueras J.: Modelado y simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Edicions UPC (2002).
- [9] Glover F., April J., Kelly J. y Laguna M.: Simulation-based optimization: practical introduction to simulation optimization. Winter Simulation Conference (2003) 71-78.
- [10] Menes I.: Texto Básico Técnicas de Simulación. ESPOCH Riobamba (2007).
- [11] Feller W.: Introduction to Probability Theory and Its Applications. John Wiley & Sons, Inc (1968).
- [12] Morse P.: Queues, Inventories and Maintenance: The Analysis of Operational Systems with Variable Demand and Supply. Dover Publications (2004).
- [13] Saaty T.: Elements of Queueing Theory. McGraw-Hill New York (1961).
- [14] Jun Son Y. y A Wysk R.: Automatic simulation model generation for simulation-based, real-time shop floor control. Computers in Industry (2001) 291-308.
- [15] Gordon G.: System Simulation. Prentice-Hall New Jersey (1969).
- [16] Saaty T.: Mathematical Methods of Operations Research. Dover Publications (2004).