

Tipo de artículo: Artículos cortos

Temática: Tecnologías de la información y las comunicaciones

Recibido: 15/11/2019 | Aceptado: 20/12/2019 | Publicado: 30/03/2020

## Optimización de los procesos de producción en la industria textil utilizando simulación de eventos discretos

### *Optimization of production processes in the textile industry using simulation of discrete events*

Luis Alfredo Aragón Guía<sup>1</sup>[0000-0002-5915-8174]\*, Yordi Jesús Díaz Callo<sup>2</sup>[0000-0002-2503-8297], Marilyn Fabiola Juarez Flores<sup>3</sup>[0000-0002-3149-0263]

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa. (UTP-MJ INNOVA). [aqpmjinnova@gmail.com](mailto:aqpmjinnova@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa. (UTP-MJ INNOVA). [ydiaz0402a@gmail.com](mailto:ydiaz0402a@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa. (UTP-MJ INNOVA). [e19100531@postgradoutp.edu.pe](mailto:e19100531@postgradoutp.edu.pe)

\*Autor para correspondencia: [aqpmjinnova@gmail.com](mailto:aqpmjinnova@gmail.com)

---

#### Resumen

Es importante para pequeñas empresas textiles que están creciendo tomar decisiones clave basadas en información precisa y confiable del proceso productivo presente y cómo los cambios futuros podrían afectarlas. Utilizando métodos matemáticos tradicionales no se logra reflejar de manera precisa y confiable el comportamiento real estocástico de procesos y actividades realizadas en esta industria. Sin embargo, existen tecnologías de información como la técnica de simulación por ordenador que permite obtener dicha información tomando en cuenta este comportamiento. La investigación realizó un estudio de simulación del proceso de confección de prendas de vestir de una pequeña empresa textil con el fin de proponer una mejor distribución de los recursos a través de experimentar con un modelo de simulación del proceso, además se presenta parte de la información cuantitativa que se obtiene con esta técnica. Los resultados obtenidos muestran que realizando cambios en asignar tareas y recursos se reduce el tiempo de producción de un lote de 120 unidades en una hora y se reduce aproximadamente 30 minutos el tiempo promedio que una unidad permanece en el sistema. Toda la información se obtuvo mediante un modelo de simulación verificado y validado sin la necesidad de experimentar dichos cambios con el sistema real.

**Palabras claves:** Simulación, textil, eventos discretos.

#### Abstract

*It's important for small textiles companies to take key decisions based on accurate and confidence information from the productive present process and future changes could they affect it. Using traditional maths methods it doesn't reflect the real process behavior of activities from that industry. Although there is information technologies as simulation techniques by computers which permit obtain this information taking into account this behavior. This research performed a study of clothing process simulation from a small textile company in order to propose a better distribution of resources through experiencing with a process simulation model also it presents a part of quantitative information which is obtain with that technique. The results from that tests obtained show changes in assignment tasks and resources that reduce production time of a block of 120 units*

*in an hour and reduce approximately 30 minutes the average time that unit remains in the system. All this information was obtained through a simulation model verified and validated without experiment changes with the real system.*

**Keywords:** *Textile, simulation, discrete events.*

---

## Introducción

Una de las principales fuentes de empleo en el Perú es el sector textil y confección que representa el 8.9% del total de la población económicamente activa (PEA). Gran parte de este empleo es generado por micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMEs) que contratan cerca de 302 mil trabajadores solamente en el rubro confecciones [1].

En [2] presenta cómo la contribución al valor agregado manufacturero es mayor en sectores productivos donde el índice de adopción-uso de tecnologías de información y comunicación (TICs) es alto. El sector textil y confección poseen índices de 0.69 y 0.52. Incrementar este índice generará que la productividad de las MIPYMEs Peruanas aumente.

Las TICs realizan la tarea de procesar información de manera rápida y confiable para la toma óptima de decisiones [3]. Dentro de las TICs se encuentra a la Simulación de Eventos Discretos (SED). Esta técnica es reconocida en [4] como la herramienta de investigación de operaciones más frecuentemente utilizada en industrias de manufactura, finanzas, salud, entre otras. Una encuesta realizada muestra en [5] que el modelado de simulación es usado en todos los niveles gerenciales de las 500 corporaciones más grandes en Estados Unidos. Además donde la simulación se utilizó, se ahorró entre 5% y 10% del costo de capital.

La SED representa cuantitativamente sistemas del mundo real, simula sus dinámicas sobre una base de evento por evento y genera información detallada sobre su desempeño. Utilizándola se busca mejorar la productividad a través de rendimientos más altos, leads times más cortos, trabajos en proceso bajos y alta utilización de recursos. La SED evalúa, sin experimentar con el sistema real, el comportamiento de un proceso de manufactura bajo diferentes grupos de condiciones; analiza escenarios para identificar mejores condiciones físicas y políticas operacionales [5].

A partir de esta introducción, el artículo se basa en el estudio de SED desarrollado en la línea de confección de prendas de una pequeña empresa textil de Arequipa-Perú. Este trabajo tiene 4 secciones. La siguiente sección presenta el resumen de la metodología utilizada. La tercera sección presenta los resultados y discusión del estudio. Finalmente la cuarta sección presenta las conclusiones.

## Materiales y métodos o Metodología computacional

El estudio de SED se desarrolló bajo la metodología propuesta en [6] que consta de 8 pasos presentados en la Figura 1.

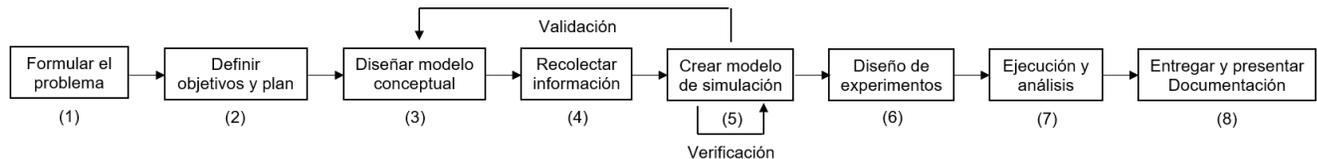


Figura 1. Pasos en un estudio de simulación

Mediante entrevistas al gerente, supervisor y visitas al proceso se evidenció el bajo nivel de utilización de recursos (operarios), cuellos de botella, tiempos de ciclo y tiempos totales de producción fuera del límite teórico establecido. Estos factores ocasionan la baja productividad en la línea y retrasos en la entrega de pedidos. El problema formulado nació por la necesidad del gerente de saber: ¿Cuánto va afectar a los factores de productividad el realizar cambios en la asignación de tareas y distribución física del personal? El objetivo es medir el impacto que tendrán los cambios propuestos en la productividad de la línea.

El modelo conceptual de la Figura 2 se diseñó recopilando información de la lógica y secuencia de operaciones del proceso para confeccionar un pedido de 120 polos cuello camisa. Este modelo establece que la línea trabaja con 13 operarios (cada letra de la Figura 2 representa un operario) distribuidos en 17 estaciones, algunos operarios trabajan en más de una estación. Se recolectó la información mediante un estudio de tiempos donde se tomaron 100 muestras de tiempos por cada operación para generar con el analizador de datos Input Analyser distribuciones de probabilidad por cada operación. Cada distribución pasó la prueba Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov (K-S) con un p-value mayor a 0.05 (5%) que indica un buen ajuste de los datos con la distribución [7]. La Tabla 2 muestra las distribuciones de probabilidad por cada operación.

El modelo de simulación se programó en el Software Arena versión libre. La verificación busca que el modelo se comporte como se planeó y la validación es asegurar que se comporta de la misma forma que el sistema real [8]. Ejecutando una réplica donde una sola entidad fluye por el modelo se comprobó que la lógica y datos son correctos. Para Validar el modelo se utilizó una prueba de hipótesis que comparó datos reales contra datos generados por el modelo [9]. La variable de comparación fue el número de polos cuello camisa producidos en un turno (8 horas). Se ejecutaron 10 réplicas del modelo y se comparó con los datos reales. Hechas las pruebas se concluyó que el modelo es válido. Con un modelo verificado y validado se planteó experimentar el escenario de mejora de la Figura 2 que mantiene la misma cantidad de recursos (13 operarios) pero se modifica el ordenamiento físico y la asignación de ciertas operaciones.

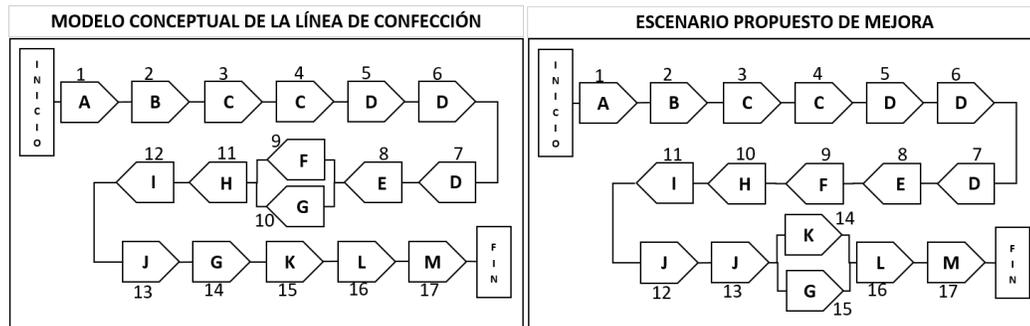


Figura 2. Distribución y flujo en la línea de confección

## Resultados y discusión

Se realizó 35 réplicas independientes del modelo de simulación del sistema actual y modificado (escenario de mejora) para evaluar el desempeño de la línea en producir un pedido de 120 polos cuello camisa. Variables como tiempo de ciclo promedio, tiempo en el sistema promedio y tiempo total de producción promedio y sus intervalos de confianza (IC) al 95% se muestran en la Tabla 1, además del valor mínimo, máximo y % de reducción entre escenarios. El Escenario propuesto de mejora reduce en 12 %, 19 % y 10 % el tiempo promedio de ciclo, en el sistema y total de producción respectivamente.

Tabla 1. Comparativo de las variables de estudio entre escenarios (tiempo en minutos)

	Escenario Actual				Escenario de mejora				% de reducción
	Promedio	95 % IC	Mínimo	Máximo	Promedio	95 % IC	Mínimo	Máximo	
Tiempo de ciclo	4.43	(4.42,4.44)	1.78	53.23	3.91	(3.90,3.92)	1.62	53.63	12 %
Tiempo en el sistema	172.67	(171.23,174.11)	48.86	304.12	139.74	(138.28,141.20)	49.92	242.23	19 %
Tiempo total de producción	580	(578.93,581.07)	573	587	520	(518.54,521.46)	512	531	10 %

## Conclusiones

A través del modelo de simulación generado esta pequeña empresa textil podrá experimentar otras configuraciones de trabajo, medir el impacto productivo de adquirir nuevos activos (maquinaria), de contratar nuevo personal o de experimentar con la fabricación de nuevos productos, entre otras situaciones con el fin de evaluar que escenarios son los más adecuados para incrementar la productividad.

Tabla 2. Distribuciones de probabilidad por cada operación

Código Operario	Operaciones	Distribución (seg.)	Código Operario	Operaciones	Distribución (seg.)
A	Pegar pechera SET ON listado+ Revisión	NORM(145, 25.8)	G	Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON	155 + 103 * BETA(1.14, 1.12)
B	Acomodar prenda y pechera + Marcar para embolsar	40 + 102 * BETA(1.03, 1.33)	H	Atracar pechera listado interior + Recortar	25.5 + WEIB(27.3, 2.51)
B	Embolsar pechera superior SET ON base + Revisión	NORM(85.7, 23.5)	H	Atracar pechera rectangular SET ON	NORM(120, 25.2)
C	Igualar hombros con tijera	TRIA(13.5, 27, 40.5)	I	Preparacion y marcado de recubre	39.5 + 34 * BETA(1.07, 0.858)
C	Recortar abertura de pechera + Piquetear + Recortar pechera superior SET ON + Voltrear prenda	35.5 + WEIB(22.3, 2.49)	I	Recubrir basta faldon listado fino long tail	49.5 + 64 * BETA(0.918, 0.837)
C	Embolsar puntas de cuello + Revisión	27.5 + WEIB(18.5, 2.64)	I	Recortar basta faldon	14.5 + 10 * BETA(0.819, 1.14)
C	Unir hombros listado con tira	NORM(24.2, 1.07)	J	Preparar el pegado de mangas	NORM(24, 7.53)
D	Pespuntar hombros con cadeneta	NORM(16.8, 2.26)	J	Pegar manga corta listado fino	NORM(98.5, 8.98)
D	Pespuntar hombros con cadeneta especial	10.5 + WEIB(6.51, 2.56)	G	Recubrir sisa manga corta	47.5 + 15 * BETA(1.02, 1.17)
D	Corte de pespunte de cadeneta	2.5+11* BETA(7.19, 6.91)	K	Cerrar costados manga corta listado fino long tail	TRIA(211, 248, 275)
D	Marcar centro de cuello	4.5 + WEIB(4.3, 2.76)	L	Fijar costados + Piquetear costados	(NORM(13.3, 2.75))+ (NORM(13.3, 2.75))
D	Pegar cuello box con cinta	54.5 + 80 * BETA(0.901, 0.945)	L	Formar pinzas	(19.5 + 28 * BETA(4.78, 5.15))+ (19.5 + 28 * BETA(4.78, 5.15))
E	Recortar cinta de cuello + Marcar para pegado de etiqueta	NORM(40, 3.74)	L	Corta bordes y sobrantes	NORM(13.4, 2.58)
E	Asentar cinta cuello box con 2 etiquetas	NORM(119, 15.5)	M	Atracar aberturas preparadas	POIS(146)
F	Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON	NORM(213, 29.1)			

## Referencias

- [1] J. M. G. Carpio, “Estudio de investigación del sector textil y confecciones,” 2015-12.
- [2] P. PRODUCE, “Boletín de producción manufacturera, marzo 2017,” 2017.
- [3] P. E. de la Situación Actual, “de las empresas peruanas [en línea] ministerio de la producción: Perú. recuperado de (2015).”
- [4] B. W. Hollocks, “Forty years of discrete-event simulation a personal reflection,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 57, no. 12, pp. 1383–1399, 2006.
- [5] E. Ing, E. Babulak, and M. Wang, “Trends in discrete event simulation.”
- [6] P. Sharma, “Simulación de evento discreto,” *Revista internacional de investigación científica y tecnológica*, vol. 4, no. 4, pp. 136–140, 2015.
- [7] P. J. T. Vega, *Simulación de Sistemas con el software Arena*. Fondo editorial Universidad de Lima, 2017.
- [8] W. D. Kelton, *Simulation with ARENA*. McGraw-hill, 2002.
- [9] A. Goti, *Discrete Event Simulations*. BoD–Books on Demand, 2010.

## Roles de Autoría

**Luis Alfredo Aragón Guía:** Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Redacción - borrador original. **Yordi Jesús Díaz Callo:** Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Redacción - borrador original. **Marilyn Fabiola Juarez Flores:** Análisis formal, Investigación, Metodología, Supervisión, Redacción - borrador original.