

Análisis de Restricciones a través del Software Arena. Caso Empresa de Fabricación de Calzado

Restrictions Analysis using Software Arena. Case Shoe Manufacturing Company

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.4.1.2022.02>

Fecha de Recepción: 09/01/2022. Fecha de Publicación: 11/01/2022

Estela Mendoza-Salguero

Universidad de la Costa. Barranquilla. Colombia
emendoza28@cuc.edu.co

Anabel De-La-Asunción-González

Universidad de la Costa. Barranquilla. Colombia
adelaasu1@cuc.edu.co

Isaac Mejía-Vega

Universidad de la Costa. Barranquilla. Colombia
imejia4@cuc.edu.co

José Triana-Infante

Universidad de la Costa. Barranquilla. Colombia
j triana2@cuc.edu.co

Alexander Troncoso-Palacio 

Departamento de Productividad e Innovación
Universidad de la Costa. Barranquilla. Colombia
atroncos1@cuc.edu.co

Resumen

En todo proceso productivo es necesario conocer las restricciones que impiden un normal desempeño de los mismos. Por lo cual surge la pregunta. ¿Cómo identificar las restricciones presentes en un proceso de ensamblaje de calzado? Por tal motivo, en este trabajo se construirá y analizará un modelo digital del proceso de ensamble de calzado utilizando la herramienta de software Arena®, en una empresa de la ciudad de Barranquilla. Se realizarán 10 réplicas de la simulación del proceso durante 30 días, teniendo en cuenta que solo se trabajan 8 horas durante 6 días cada semana. Los resultados obtenidos muestran que los operarios permanecen ocupados más del 90% del tiempo, por lo que se presentaron ciertas recomendaciones para mejorar los procesos. Una de ellas fue agregar un nuevo operador en esa sección. Con lo cual, se reducirán los tiempos promedio de espera en el proceso. Se concluyó que, a través de la simulación de procesos, se pueden identificar los momentos en los que se presentan las restricciones, lo que permitirá ofrecer alternativas de mejora continua y mayor productividad en cualquier empresa.

Palabras clave: Análisis de Proceso; Cuellos de botellas; Simulación de eventos discretos; Mejora continua; Sistemas de mejoramiento continuo

Abstract

In all production process, it is necessary to know the restrictions that prevent a normal performance of them. Due which the question arises. How to identify the restrictions present in a shoe assembly process.? For this reason, in this paper, a digital model of the shoe assembly process will be built and analyzed using the Arena® software tool, in a company at Barranquilla city. 10 replications of the simulation of the process will be carried out during 30 days, taking into account that only 8 hours are worked during 6 days each week. The results obtained show that the operators

remain occupied for more than 90% of the time, therefore, certain recommendations were presented to improve the processes. One of them was to add a new operator in that section. With which, the average waiting times in the process will be reduced. It was concluded that, through the simulation of processes, the moments in which restrictions occur can be identified, which will allow offering alternatives for continuous improvement and greater productivity in any company.

Keywords: Bottlenecks; Continuous improvement systems; Continuous improvement; Discrete Event Simulation; Process Analysis

1. Introducción

Para toda compañía se hace completamente necesario conocer minuciosamente su proceso. Ante lo cual, según [1, 2], los softwares que emulan procesos son una gran herramienta para visualizar y analizar cada detalle de ellos. En las empresas manufactureras uno de los recursos más importante para tener en cuenta es el tiempo, esto se debe a que es un recurso muy limitado y determina que tan productivos pueden ser un proceso de fabricación, entre más alta sea la productividad significa que se cuenta con una mayor cantidad de productos que ofrecer para satisfacer a los clientes. La problemática a analizar en la empresa en estudio, es analizar las restricciones que contribuyen a la generación de tiempos de espera durante la producción. Para lograr esto se estudiarán ciertas demoras de materiales en las etapas de producción, estas tardanzas se presentan puesto que el tiempo de llegada de los materiales es más rápido a diferencia de la realización de algún proceso y esto afecta la productividad por ende las entregas del producto final. Entonces se vuelve un caso probable que se pueda generar un stock mientras que los trabajadores realizan su operación. En la empresa en estudio, el retraso en los procesos productivos se debe a la alta cantidad de unidades en inventarios, fallas en el tiempo de entrega, altas colas de materiales para llegar a cada proceso, mala administración de área, maquinas en mal estado y falta de trabajadores, para identificar el comportamiento de los procesos se utilizará una herramienta de simulación para conocer los comportamientos de todas las actividades que se están realizando en la empresa, por lo tanto en caso de que existan falencias serán detectadas para ser mejoradas. Es muy importante tener en cuenta los tiempos de cada proceso, debido a que esos servirán como indicadores para saber cuándo se están presentando retrasos. Aplicar la simulación en los procesos dará la oportunidad de identificar los retrasos en la producción de calzados de dicha empresa, para luego entrar en una etapa de mejora y optimización a lo cual se traduzca en mejores resultados en la productividad y eficiencia y de esta manera aumentar la competitividad con las demás empresas que ofrecen este servicio, mejorando así no solo internamente sus procesos, sino que también su imagen en el mercado. Por lo cual se realiza una indagación en las bases de datos sobre el tema en estudio.

2. Estado del arte

En investigaciones como la realizada por [2], indican que se deberían aprovechar los recursos satisfaciendo las necesidades de los clientes y así alcanzar las metas empresariales teniendo en cuenta factores externos [3, 4]. Uno de los principales retos de la ingeniería industrial en la actualidad es la reducción de los tiempos de ciclos en los procesos, lo cual forma parte fundamental del Lean Manufacturing [5].

Un caso de estudio en la industria del calzado conforme a la expuesto por [6], es crear un modelo de simulación que pueda validar un problema de equilibrio de la línea de producción, en un caso específico que se refiere a la industria del calzado, donde sólo se han acercado a la etapa de costura, y una parte con un montón de operadores, donde todas las estaciones de trabajo tienen operaciones asignadas, por lo cual, según [7], mediante la simulación, se puede tener una comprensión general del proceso, donde el objetivo principal sea determinar la viabilidad económica de producir y comercializar los insumos de sandalias, por cuanto se propone una alternativa de reducción de tiempos de producción que permita además integrar actividades dentro de la cadena de suministros. [8], optimizando tiempos y sacando el mejor provecho en sus actividades del personal que integra esta empresa, para garantizar producto de calidad.

La simulación es un sistema utilizado como herramienta de aprendizaje de manera interactiva y practica gracias a la posibilidad de desarrollar simulaciones de manera fácil [9]. Por estas razones se ve la necesidad de realizar el plan de mejoramiento, en el cual se evalúa las áreas de la empresa, en funcionamiento que se le da a cada una. Así mismo, se evaluará que está sucediendo en el macro entorno, cuáles son los factores que dificultan el buen desempeño de la empresa y teniendo en cuenta los resultados que se obtengas, se realizan las propuestas de estrategias que serían de gran ayuda para el mejoramiento de la empresa [10].

Siendo, según [11, 12, 13], muy importante reducir los retrasos e incrementar la productividad, que todos los involucrados conozcan los resultados. De acuerdo a lo anterior , y Conforme a [14, 15], la productividad es un indicador de eficiencia [16, 17, 18, 19, 20]. Para que el proceso de fabricación de calzado sea rentable, según [21, 22, 23, 24], algunas compañías crean subprocesos de fabricación, con lo cual aumentan la productividad. Según [25, 26,

27, 25], con la utilización de la herramienta de simulación se ha conseguido analizar los procesos, en las diferentes situaciones del sector de fabricación de calzado

3. Metodología propuesta

Las estrategias y metodologías que se utilizarán para llevar a cabo este proyecto permitirán el mejoramiento productivo para la empresa de calzado. Por lo tanto, primeramente, se hará una medición del trabajo en la empresa objeto de estudio, esto, con el propósito de determinar los tiempos estándar, la capacidad de producción y el flujo de cada uno de los procesos en la producción del calzado. Seguidamente, se puede llegar a identificar cada uno de los procesos que se realizan en todas las áreas de producción, tanto de entrada como de salidas de materias primas y producto, esto, para localizar los momentos críticos durante el proceso. Posteriormente, se realizará la recolección de los datos reales del proceso. Luego, se analizarán los datos para conocer el tipo de distribución a la cual más se asemejan. Posteriormente, se procederá a crear un modelo conceptual que sirva como base para crear el modelo en el software Arena®, en este modelo digital, se podrá visualizar el comportamiento del proceso. Finalmente, se analizarán los resultados, con base en los cuales se inferirán las pertinentes conclusiones para hacer una propuesta integrada de mejora que pueda generar un impacto positivo. La secuenciación metodológica se puede evidenciar en la figura 1

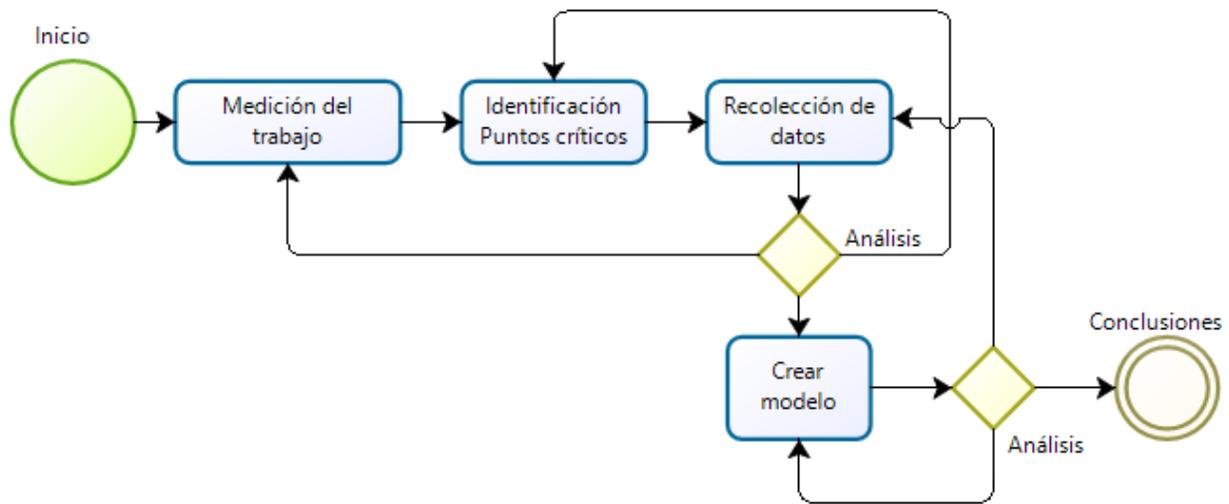


Figura 1. Secuencia metodológica

4. Desarrollo del caso analizado

Con base en la metodología propuesta, se lleva a cabo el primer paso Para determinar los tiempos estándares de cada actividad. Una vez sabido esto, se procedió a tomar los tiempos para una producción de calzado en una jornada de trabajo de 8 horas al día. seguidamente se averiguó cuántos pares de calzados se fabricaban, con la respuesta a esta pregunta se supo que la cantidad que se produce durante la jornada laboral que es alrededor de 40 pares de calzado, los cuales son separados por lotes que contienen 10 pares cada uno, es decir alrededor de 4 lotes en el día. Para la fabricación del calzado se pasa por 6 actividades que son: corte, pegado, secado, cosido, decorado e inspección. En los dos primeros procesos que son corte y pegado se cuenta con solo un operario para la actividad, luego de eso se llevan los materiales que se están usando para la fabricación al área de secado, allí se deja en espera durante 6 minutos, el siguiente proceso que corresponde al cosido cuenta con 3 operarios, una vez se finaliza es llevado al área de decorado donde esperan 2 operarios, por último, ya obtenido el calzado, se lleva al área de inspección donde espera un operario que tarda en realizar su actividad alrededor de 1 o 2 minutos.

En el primer proceso de recolección de datos se tomaron 20 muestras correspondiente al tiempo de procedimiento del operario en el área de corte, luego de haber obtenido los tiempos se ordenaron los datos en un recuadro en Excel, seguidamente se utilizó la herramienta Input Analyzer del software Arena, donde se le agregaron las muestras de los tiempos obtenidos y se procede a analizar, se puede evidenciar que los tiempos tomados para el área de corte siguen una distribución normal de 5.99 +/- 0.474. En el proceso de pegado, los valores de 3.97 +/- 0.581. En el área de cosido hay tres operarios cuyos tiempos de ocupación siguen una distribución normal con 16.9 +/-1.19. Para el área de decorado, se evidencia que los datos siguen una distribución de Weibull de 23.1 +/-1.05. Después de haber obtenido los resultados, se procede a realizar el modelo conceptual del proceso. Que se evidencia en la figura 2

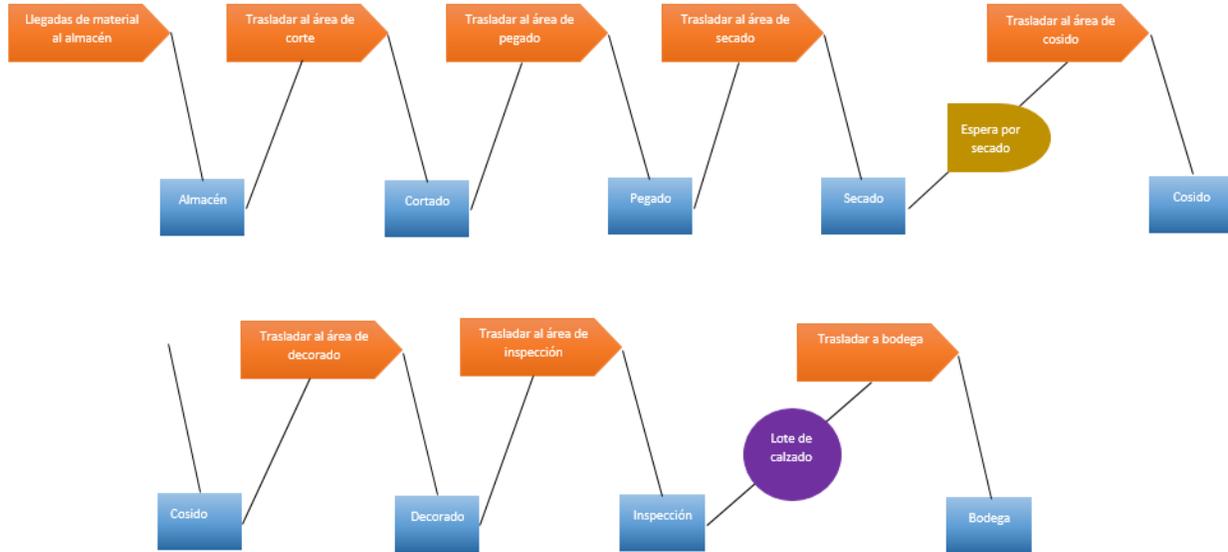


Figura 2. Modelo conceptual de la fabricación de calzado

5. Construcción del modelo en el software Arena®

Con base en el modelo conceptual se procede a diseñar en el software Arena®, donde se modeló con un número total de 10 réplicas.

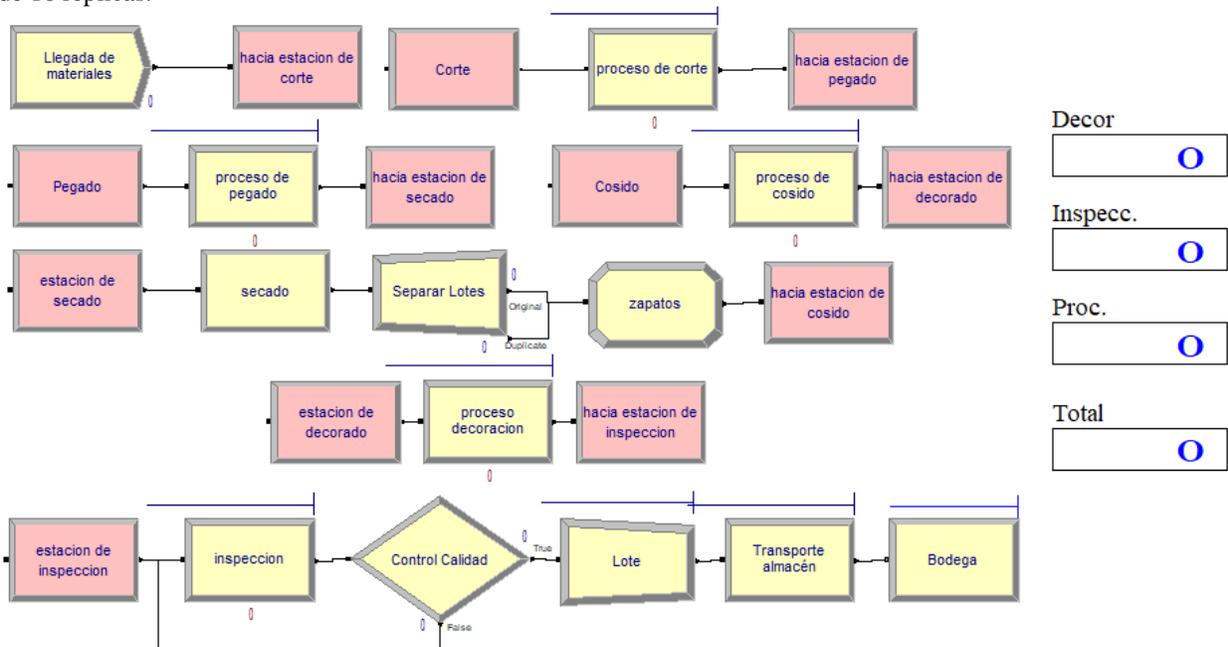


Figura 3. Modelo digital en la interface del software Arena®

Los iconos representan cada uno de los procesos en forma secuencial, se visualizan las 6 actividades principales mencionadas anteriormente y a la cuales se le tomaron los datos, se analizaron y se procesaron dentro del modelo de Arena para simular el funcionamiento de las actividades de la empresa. A continuación, se verá los resultados que arrojó el modelo.

6. Resultados

Los resultados obtenidos son los siguientes: Los tiempos promedio que los materiales permanecieron en cola en cada una de las estaciones del proceso de fabricación del calzado. Los materiales que permanecen en cola y duran alrededor de 2.1589 horas. La longitud de la cola de los materiales, se puede determinar que la estación que más requeriría de un mayor análisis es la de decorado con un número promedio de materiales en cola de 5.9331, ya que debido a esta cantidad se estaría generando un cuello de botella, lo cual no permite que haya una mayor productividad dentro de la empresa. la utilización de los recursos que fueron usados en el modelo, cabe destacar que estos recursos son: el operario de corte y pegado, los tres operarios de cosido, los dos agentes de decorado y por último el operario inspector. Ver figura 4.

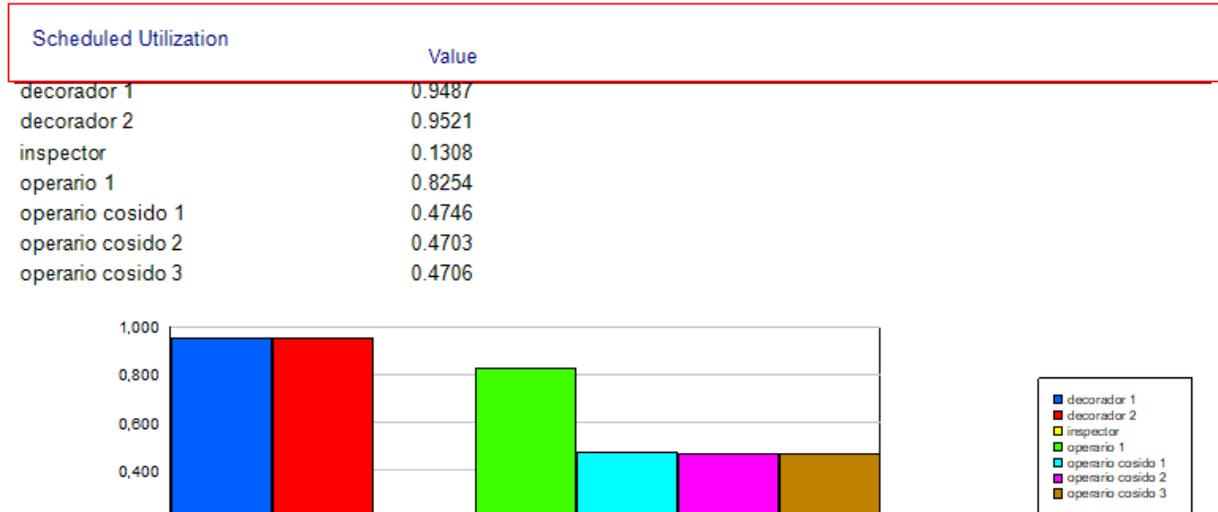


Figura 4. Utilización de recursos del proceso actual

En la columna Average, se muestra el promedio de utilización de cada uno de los recursos utilizados en el sistema, el problema aquí sucede en la estación de decorado, ya que son los operarios 1 y 2 de decorado los de mayor promedio de utilización con 94.87 % y 95.21 %, respectivamente, lo que quiere decir que el trabajo de estos dos operarios es prácticamente todo el tiempo, y aunque al parecer no afecta mucho a la empresa, a largo plazo puede resultar que sí. Cuando existe mucha carga de trabajo, esta se vuelve enemiga de la productividad porque no solo se debe medir el esfuerzo físico sino también evaluar el esfuerzo mental, lo cual genera fatiga o estrés laboral, y por ende su desempeño podría bajar.

7. Propuestas de mejora

Como se estuvo observando en el análisis de los resultados arrojados por el informe de Arena se destacó partes en donde la empresa presentaba un problema que aunque actualmente no sea muy crítico, a largo plazo puede resultar que si, en dado caso en algún momento llegue a ocurrir un incremento en la demanda no se estaría preparado para soportar tanta cantidad de clientes, por lo tanto se puede buscar la manera de obtener mejores resultados en sus procesos como puede ser la de solucionar un problema en la estación de decorado que se destacaba más que todo por la longitud excesiva en las colas y el tiempo que permanecían los materiales, además la carga de trabajo de los operarios de decorado es muy alta, por consiguiente basado en todo este análisis se puede determinar que el cuello de botella se presenta en esta estación. Con el fin de proponer mejoras dentro de la empresa se plantea una propuesta para ayudar a obtener buenos resultados en el proceso de fabricación del calzado, una de ellas es reducir el personal teniendo en cuenta el porcentaje de utilización que arrojo la imagen 8, se observa que en proceso de cosido cuenta con tres operarios, cada uno maneja un porcentaje de 46.98%, 47.23% y 47.32, teniendo en cuenta que la utilización es baja, se propone escoger uno de los operarios, el cual será capacitado para realizar las funciones de decorado. Por lo tanto, el área de cosido se reduciría a 2 operarios y el área de decorado estaría conformada por 3 operarios, de esta manera se agilizaría el tiempo de procesamiento, permitiendo que las cantidades de colas se vean reducidas, lo cual evitaría que el material tengo menos probabilidades de perderse por avería o genere un cuello de botella en los procesos, además ayudaría a reducir la carga de trabajo para evitar problemas físicos y/o psicológicos que terminen también afectando el rendimiento de la empresa. A continuación, se pueden observar los resultados obtenidos del modelo

mejorado hecho en el software Arena.

En el modelo de mejora propuesto en la sección de Waiting Time en la columna de Average donde se muestran los tiempos promedio que los materiales permanecieron en cola, se puede determinar que estos se conservan los tiempos parecidos a los que se obtuvieron inicialmente en la imagen 7, se identifica que la estación de corte tiene una duración de alrededor de 2.1461 horas. En el Number Waiting en la columna de Average se observa que el proceso que presenta colas es el de cosido, esto se debe a que, al reducir un operario en esa área, la longitud de la cola de materiales aumentará, por lo tanto, es resultado del número promedio es de 4.6590.

Los datos arrojados por el Software Arena en el proceso de fabricación de calzado en la empresa, la utilización de los recursos que fueron utilizados en el modelo son las que se identifican en la figura 5

| Scheduled Utilization | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|-----------------------|---------|------------|-----------------|-----------------|
| decorador 1 | 0.6376 | 0,00 | 0.6339 | 0.6432 |
| decorador 2 | 0.6366 | 0,00 | 0.6318 | 0.6417 |
| decorador 3 | 0.6379 | 0,00 | 0.6343 | 0.6415 |
| inspector | 0.1367 | 0,00 | 0.1349 | 0.1385 |
| operario 1 | 0.8278 | 0,00 | 0.8170 | 0.8330 |
| operario cosido 1 | 0.7026 | 0,00 | 0.6984 | 0.7071 |
| operario cosido 2 | 0.7028 | 0,00 | 0.6999 | 0.7050 |

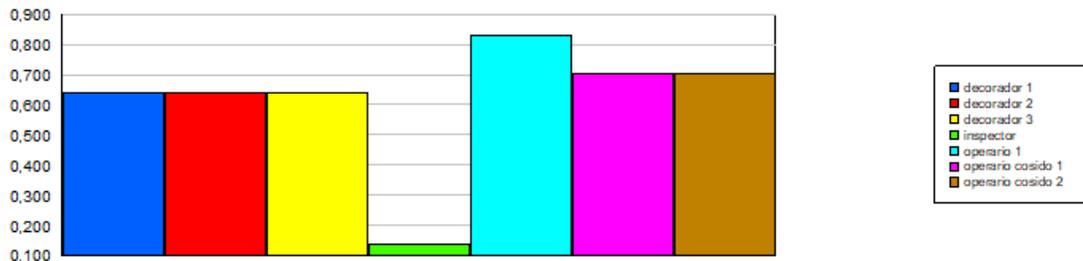


Figura 5. Utilización de recursos en la propuesta de mejora

En la columna Average, se observa la utilización de cada de recurso del sistema, al integrar un nuevo operario a esta estación, tendría una utilización promedio de 63.76 %, sumado a los dos porcentajes de los operarios en la sección de decorado 63.66 % y 63.79 %. En el modelo original se observó que, en la estación de decorado el tiempo implementado en esta actividad era elevado y al parecer no tenía mucha afectación en la empresa, aunque a largo plazo, este si se podía notar.

8. Conclusiones

Con la realización de este proyecto se logró aplicar los conocimientos adquiridos relacionados a modelos de simulación mediante el software Arena®. Se puede concluir que, la simulación de sistemas, permite recrear procesos dentro una computadora, en la cual es posible analizar a detalle su comportamiento, haciendo fácil la identificación de oportunidades de mejora. Por medio del software de simulación Arena®, se pudieron conocer determinadas medidas de desempeño de los procesos de fabricación de calzado. En estos procesos se observaron los tiempos promedios en colas de los materiales, la longitud de cola y la utilización de los operarios, todo esto con el fin de evaluar la posibilidad de mejorar el proceso de la empresa para incrementar la productividad. Se considera que en este proyecto se cumple con los objetivos trazados. Una vez se obtuvo los datos arrojados por el informe, y se hizo su respectivo análisis, se planteó una propuesta que buscaba mejorar el desempeño el cual consistía en asignar un operario adicional en la estación de decorado para agilizar el tiempo en procesamiento permitiendo que la productividad aumente y por ende se logre más beneficios e ingresos. Para la empresa es recomendable que aplique el modelo propuesto, ya que, al obtener los resultados de ambos modelos realizados, se compararon, y se pudo determinar que es viable aplicar la propuesta en términos de costo-beneficio y otros datos adicionales que son muy importantes sobre todo en esta empresa en la estación de decorado como la reducción de longitud y tiempo de materiales en cola y la reducción de la carga de trabajo en los operarios.

Referencias

- [1] A. Troncoso Palacio, «El modelado, la simulación de procesos y los gemelos digitales: soporte para la toma de decisiones,» *Revista Virtual Pro Modelado y simulación de procesos*, n° 227, 2020.
- [2] J. López Arboleda y N. De la Cruz García, «Distribución de planta para la optimización de los procesos de producción de calzado en la Empresa "Pionero",» Universidad Técnica de Ambato, 2014.
- [3] J. De-la-Hoz-Hernández, A. Troncoso-Palacio y E. De-la-Hoz-Franco, «Implementation of the Eclipse Process Framework Composer Tool for the Documentation of Quality Management Systems: A Case Applied in Healthcare Services,» *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 11656, pp. 200-210, 2019.
- [4] J. Reyes Vásquez y K. Pérez Tonato, «Modelo de simulación para medir la productividad en el proceso de elaboración de calzado de la empresa STROCALZA,» Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [5] W. Minango Tutasi y J. Egas García, «Optimización de los procesos de producción de maquinarias y equipos industriales en una empresa metalmecánica, mediante la aplicación de la manufactura esbelta,» Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador, 2021.
- [6] F. Tigre Ortega y J. Moya Yáñez, «Monitoreo y gestión de alarmas mediante la simulación de la línea de producción de calzado de la empresa Gamo's,» 2018.
- [7] A. Jaimes Gualdrón, «Modelo de simulación con dinámica de sistemas para el sistema productivo de la fábrica calzado Brioso y Blessing,» 2016. [En línea]. Available: <https://vdocumento.com/modelo-de-simulacion-con-dinamica-de-modelo-de-simulacion-con-dinamica-de-sistemas.html>.
- [8] J. Cevallos Chacón, S. Salvatierra Samaniego y A. Soledispa Chavez, «Proyecto de microempresa productora de insumos de sandalias para mujeres en el mercado Guayaquileño,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/7875?locale-attribute=en>.
- [9] A. Correa Sepulveda, J. Castro Castro, C. Garcés Jiménez y Y. Ceballos, «Simulación y evaluación de un proceso productivo de suelas termoplásticas en Colombia,» *Entre Ciencia E Ingeniería*, vol. 14, n° 28, pp. 10-15, 2020.
- [10] E. García Quintero, «Desarrollo de una planeación estratégica para la empresa Cabali S.A.S. por medio de la metodología balanced scorecard,» 2021.
- [11] G. Jumbo Jama, «Implementación del modelo de simulación kanban para mejorar las actividades de la fábrica de calzado femenino Covis,» Repositorio Digital de la UTMACH , 2017.
- [12] C. Yacarini Vadillo y E. Tamashiro, «Propuesta de mejora de la productividad mediante la aplicación de la metodología de Manufactura Esbelta en el área de producción de una fábrica de calzados para damas,» Repositorio Académico UPC, 2017.
- [13] J. Reyes Vasquez, D. Aldas Salazar, L. Morales Perrazo y M. García Carrillo, «Evaluación de la capacidad para montaje en la industria manufacturera de calzado,» *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 37, n° 1, 2016.
- [14] L. Murillo Castro, «Re-diseño del sistema de planeación y control de la producción en la fábrica de Calzado Rómulo,» Universidad Autónoma de Occidente, 2020.
- [15] M. Rivera Arbeláez y A. Torres Garcia, «An estimate of Total Factorial Productivity in Colombia at the level of departments and industrial divisions,» *Repositorio Institucional Universidad EAFIT* , 2020.
- [16] R. Urvina y R. Pazmiño Garces, «Sistema informático para control y monitoreo basado en el sistema de control Andon para mejorar el desempeño de procesos y control de recursos en la manufactura de calzado de cuero,» 2017. [En línea]. Available: <http://192.188.46.193/handle/123456789/38308>.
- [17] R. Canseco de la Cruz, K. Camarillo Gómez, A. Silva Moreno y R. Lesso Arroyo, «Experimentación y Análisis por MEF del Comportamiento Hiperelástico en Materiales usados en Calzado Deportivo,» 29 04 2011. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1665-73812011000100004. [Último acceso: 29 06 2020].
- [18] A. Troncoso Palacio, D. Neira Rodado, M. Ortiz Barrios, G. Jiménez-Delgado y H. Hernández-Palma, «Using Discrete-Event-Simulation for Improving Operational Efficiency in Laboratories: A Case Study in Pharmaceutical Industry,» *Lecture Note in Computer Science*, vol. 10942, pp. 440-451, 2018.
- [19] R. Reyes-Mejía, B. Troncoso-Mendoza y A. Troncoso-Palacio, «Discrete Event Simulation Applying Lean methodologies: Case study. Wooden Sector,» *International Journal of Management Science & Operation Research*, vol. 4, n° 1, 2020.

- [20] A. Troncoso-Palacio, A. Sanchez-Comas y J. Gonzalez-Coneo, «Discrete Events Simulation Method for Analyze Cycle Time: A Case Study in the Plastics Industry Sector.» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 844, 2020.
- [21] V. Roman Ibañez, «Modelado e implementación de sistemas robóticos orientados al sector calzado,» 2018. [En línea]. Available: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/91487>.
- [22] K. Luna Altamirano, W. Sarmiento Espinoza y D. Cisneros Quintanilla, «Equilibrio de mercado baja la incertidumbre para la fabricación de una bota de dama.,» 2017. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/270308561.pdf>.
- [23] J. González García, «El diseño orientado al usuario como vía para la innovación en el sector del calzado,» *Revista de Biomecánica*, nº 39, pp. 15-18, 2003.
- [24] C. Martinez Calderon, A. Avila Perez y W. Lozano Riaño, «Modelo de mejora en el proceso de soldadura para la fabricación de calzado,» *Repositorio Digital ECCI.edu.co*, 2016.
- [25] F. Alarcón Valero, M. Alemany Díaz y A. Ortiz Bas, «Modelos para la Planificación de la Producción en una empresa de calzado infantil.,» 05 09 2003. [En línea]. Available: <http://adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/1373>. [Último acceso: 2020].
- [26] A. Montiel Miralles, «Simulador para sistema robotizado en calzado,» 2015. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/49799>.
- [27] F. Alarcón Valero, M. d. M. Alemany Díaz y A. Ortiz Bas, «Utilización de la Simulación para el Rediseño de la Sección de Montado y Zona de Expedición de una PYME (Aux. Sector Calzado),» 2002. [En línea]. Available: <http://www.adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/1453>.
- [28] J. A. Soria Espinoza y R. P. Quitiaquez Sarsoza, «Diseño y simulación de una máquina ojalilladora para calzado industriales,» 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9126>.