

Comparativo entre un modelo real vs un modelo digital del proceso de corte de láminas de acero frío Comparison between a real model vs a digital model of the cold steel sheet cutting process

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.4.1.2022.01>

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

Abbis Bejarano Diaz

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
abejaran1@cuc.edu.co

José Alandete Acuña

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
jalandet2@cuc.edu.co

Heidi Molinares Torres

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
hmolar1@cuc.edu.co

Oscar Sandoval Sánchez

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
osandova5@cuc.edu.co

Alexander Troncoso Palacio 

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

Resumen

Con el paso del tiempo, se ha vuelto muy imprescindible el uso de herramientas tecnológicas para analizar procesos. Por ello, en este proyecto se realizará un comparativo entre los resultados reales de un proceso de corte en frío de láminas de acero, desarrollado en una empresa de la industria metalmeccánica, mediante el uso de máquinas automatizadas, y los resultados obtenidos de la simulación del proceso en el software Arena®. Se inicia con la observación del proceso de corte convencional de rollos de láminas de acero en frío, que se llevó a cabo en un período de 8 horas, equivalente a una jornada laboral. Una vez observadas y analizadas todas las actividades, se registraron los datos obtenidos. Posteriormente, se diseñó la simulación del proceso de producción, para comparar la similitud entre los resultados del modelo simulado, vs los resultados del modelo real. Los resultados del modelado simulado arrojaron valores conformes del 95% con un 5% de no-conformes. Finalmente, los cálculos reales muestran resultados de 94,46% de cumplimiento y 5,54% de incumplimiento, lo que indica que el proceso simulado se asemeja al proceso real.

Palabras clave: Análisis de corte de acero; Comparativo de modelo digital; Corte de acero en frío; Láminas de acero; Simulación de proceso.

Abstract

Over time, the use of technological tools to analyze processes has become very essential. Therefore, in this project, a comparison will be made between the real results of a cold cutting process of steel sheets, developed in a company in the metalworking industry, through the use of automated machines, and the results obtained from the simulation of the process in Arena® software. It begins with the observation of the conventional cutting process of cold steel sheet rolls, which was carried out in a period of 8 hours, equivalent to one working day. Once all the

activities were observed and analyzed, the data obtained were recorded. Subsequently, the simulation of the production process was designed to compare the similarity between the results of the simulated model, vs the results of the real model. The simulated modeling results yielded 95% conforming values with 5% non-conforming. Finally, the real calculations show results of 94.46% compliance and 5.54% non-compliance, which indicates that the simulated process resembles the real process.

Keywords. Digital model comparison; Cold steel cutting; Process simulation, Steel cutting analysis; Steel sheets

1 Introducción

Las técnicas de simulación cuentan con gran aceptación en las industrias, debido a que pueden emular dentro de un equipo de cómputos, con un muy alto grado de precisión cualquier proceso [1]. En ella, según [2, 3], se podrán describir estructuras complejas, estudiar los efectos externos e internos de un sistema, además de permitir el estudio detallado de un sistema, para poder llegar a mejorarlo. Uno de los primeros procesos de simulación aleatoria en utilizarse fue el de Montecarlo, el cual según [4, 5], demanda la utilización de un excesivo tiempo en obtener resultados. Sin embargo, hasta en estos días se continúa utilizando altamente en la industria militar. En la actualidad, de acuerdo con [6], los simuladores cuentan con integrador numérico electrónico, haciendo esta técnica más eficiente.

Para la realización de este trabajo, se tendrá en cuenta una metodología descriptiva/cuantitativa, la cual tiene como objetivo simular el corte de láminas de acero teniendo en cuenta las especificaciones del cliente. Aplicando los conocimientos adquiridos en la asignatura de “simulación de procesos”; destacando el área analítica de datos, la cual consiste en realizar una investigación sobre un proceso productivo en una planta industrial, particularmente, en este caso sobre un proceso de corte de una lámina de acero frío. Con respecto a la simulación, se utilizará la herramienta software Arena® versión 16.1 Se tendrán en cuenta las siguientes etapas:

Realización de pedidos, Corte de la lámina, y Despacho del producto. A su vez, se establece como variables de estudio todas las medidas dimensionales (espesor, ancho, largo, diagonales y ondulación) tenidas en cuenta dentro del proceso, con el fin de analizar los resultados de forma detallada.

Este documento se estructura de la siguiente forma. Una introducción al tema. Se continua con una búsqueda de información relevante en las bases de datos. Se estructura una metodología. Se desarrolla esta metodología. Posteriormente se analizan los resultados, para finalmente concluirla.

2 Revisión bibliográfica.

Se realiza la siguiente revisión bibliográfica, en donde se destacarán algunos autores acompañados de sus ideas. Dentro de los artículos revisados y relacionados al proceso productivo de corte convencional o láminas de acero, se pudo evidenciar que dentro de los procesos de simulación se implementan distintas técnicas de modelamiento que incluyen herramientas de programación que ayudaran a los gerentes a tomar decisiones que les permitan ser competitivos [7, 8, 9, 10]. Con el modelado dinámico, según [11], se pueden probar cambios antes de realizarlos, como, por ejemplo, justificar la contratación de un mayor número de personal obrero, comprar máquinas, entre otros. Así mismo, cada una de las utilidades ya mencionadas se realiza de manera virtual a través de la computadora, permitiendo ahorrar gastos al momento de querer efectuar cambios en el modelaje sobre el cual se está trabajando.

Se puede evidenciar en algunas investigaciones como por ejemplo [12], los cuales utilizan la simulación de eventos discretos, debido a su gran aporte a la hora de tomar decisiones asertivamente. Ahora bien, aunque se ha resaltado la importancia del modelaje discreto, existen otros tipos de modelaje los cuales son: estático, dinámico, simbólico, determinístico, estocástico. Para lo cual según [13, 14] es muy importante mencionar algunos de los pasos esenciales para que se pueda llevar a cabo una simulación: Primeramente, se debería observar el proceso real, luego analizarlo, Crear un modelo, Validarlo, para finalmente poder aprobarlo.

Con respecto al corte de acero, se encuentran distintas propiedades las cuales intervienen en el desarrollo de la actividad, estas son, propiedades coligativas, físicas y químicas, encargadas de diferenciar el proceso según el producto o material a trabajar [15]. Entre estas se destaca el magnetismo, el cual genera atracción sobre la superficie de contacto de sujeción o de cualquier mecanismo de corte que se utiliza, punzado, chorro de agua, láser, etcétera [16, 17]. En cuanto la utilidad de realizar estos cortes, es importante mencionar que estos son muy variados, por lo que van desde laminado de protección de equipos, encerramientos compuestos hasta aplicaciones automotrices, etc. A nivel general, en la industria existen múltiples operaciones para el corte de material de acero laminado, pero el más destacado entre estos es el corte láser [18, 19], el cual se utiliza con el fin de minimizar pérdidas en procesos convencionales, tales como, automatizados en el equipo, o pérdida de material. Cabe resaltar que, es importante mantener completo cuidado al momento de realizar los cortes, ya que esto puede generar

defecto en el material, otorgándole así la etiqueta de “imperfección” a este, y, por ende, deberá ser desechado [20]. De hecho, actualmente este tipo de cortes es utilizado frecuentemente en proyectos de escala nacional e internacional. En la Universidad de Cambridge frecuentemente es empleada la simulación en acero, entre otras [21]. Sin embargo, el uso de las láminas empleadas para el corte, dependerá en gran manera de sus dimensiones

y del tratamiento que a éstas se les aplique [22]. Una vez expuesto lo anterior, se procede a describir la metodología propuesta para este proyecto.

3 Metodología.

Con base a la revisión previa, el enfoque del presente proyecto académico está encaminado hacia el proceso productivo de una planta industrial del sector metalmecánico, por lo cual, se llevó a cabo bajo la siguiente metodología:

- Realizar una observación directa de los procesos en estudio.
- Recopilar información con el fin de analizarla y ponerla en práctica al momento de realizar el proceso de simulación del corte del acero.
- Simular en un software todo el proceso de corte en láminas de acero de acuerdo a las especificaciones de los clientes.
- Comparar los resultados del proceso simulado vs el proceso real
- Redactar las conclusiones en un documento publicable en una revista.

La secuenciación se puede evidenciar en la figura 1

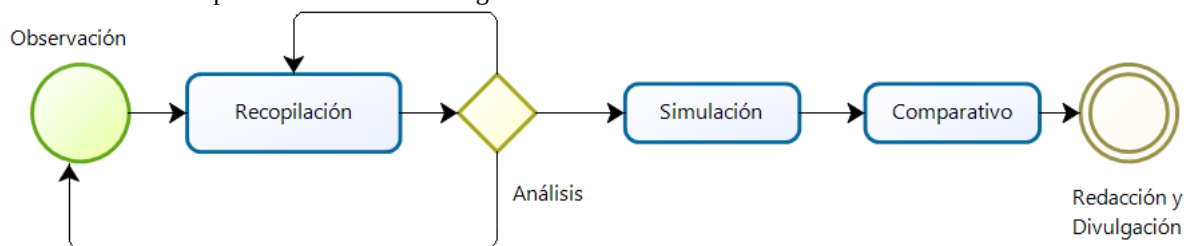


Figura 1 Metodología propuesta

4 Desarrollo.

Se desarrollará la metodología anteriormente expuesta, lo cual se inicia con.

1- Recepción de materia prima

Luego de efectuarse la observación del proceso, cuando la máquina se encontraba procesando un pedido para un cliente, el cual constaba de 189 toneladas de láminas de 2.50 mm de espesor, 1220 mm de ancho y 3000 de largo. Sabiendo que el área de producción cuenta con 8 días para cortar la totalidad del pedido. A fin de alcanzar el objetivo establecido, la empresa hará mediciones diarias acerca de todo el proceso.

2- Montaje a la máquina de corte

El proceso inicia con la recepción de la orden de producción, lo que permite a los operarios de esta área, revisar qué materia prima se va a utilizar y la cantidad de unidades a cortar por atado y a que cliente se le va a cortar, luego el operario monta la materia prima (Rollo) en la máquina, posteriormente se empieza a desenrollar la materia prima para empezar a ingresarla a la máquina, la materia prima pasa por diferentes rodillos que aplanan la hoja de acero y le dan la planitud exacta que necesita la lámina, luego ingresa en unos rodillos en el cual se cuadran las diagonales lo que le da la forma de rectángulo exacto, hasta llegar a las cuchillas que cortan el material. Finalmente, un operario ingresa toda la información necesaria en la máquina para el corte de la lámina, tal como: el largo de la lámina, la cantidad de unidades a cortar y la velocidad de corte de la máquina.

3- Verificación inicial

En consecuencia, al paso anterior, se cortan las primeras tres láminas, las dos primeras van a un atado diferente llamado “no conforme”, la tercera es llevada a la mesa de medición, en donde se le toman las medidas necesarias

para revisar si cumple con las especificaciones del cliente y la normatividad vigente. En caso que la pieza cumpla con las exigencias del cliente, con un papel especial se procede a preparar la estiba de donde va a salir el atado. Y, por último, se le da paso a la máquina para que empiece el proceso. Una vez la máquina termine de cortar todas las unidades, se monta otra estiba y se reinicia el proceso, el cual se repite una y otra vez hasta completar todas las unidades solicitadas en el pedido.

4- Producto terminado

Al ser terminado los atados, son pasados a un proceso de verificación, teniendo como objetivo determinar y verificar si estos cumplen con las especificaciones deseadas. En caso que la pieza no cumpla con las especificaciones, éstas van a un reproceso, en donde se define si el material va a ser enviado a empaque o no. A continuación, en el siguiente flujograma se resumen los pasos que se llevan a cabo durante el proceso de realización del corte de lámina.

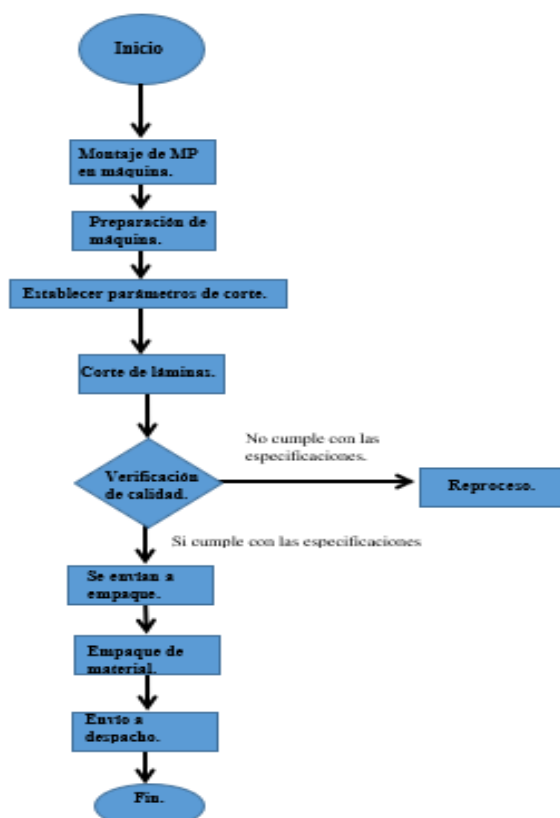


Figura 2. Flujograma del proceso de corte de lámina de acero frío.

En una empresa metalmecánica dedicada al corte de acero, salen atados a los cuales se les realizan verificaciones de sus dimensiones y apariencia, para evidenciar que se cumple con lo exigido por el cliente. Para poder cortar estos atados es importante ajustar primero la máquina, este proceso toma ocho minutos en realizarlo. De cada rollo salen seis atados cortados en láminas, cada atado sale con una distribución exponencial de cuarenta y cinco minutos; la verificación de la materia se hace atado por atado con una duración de 2.5 minutos, tomada como una distribución normal. Una vez sale el atado, se hace la verificación de este a fin de identificar si cumple o no con las especificaciones. En el caso de cumplir con las especificaciones, el atado es enviado al área de empaque y posteriormente llega a despacho, en caso de no cumplir con las especificaciones es enviado a un reproceso interno. Cabe resaltar que, el 95% de los atados cumplen con las especificaciones de calidad y son enviados a empaque, el otro 5% se le hace un reproceso de reclasificación para determinar que se hace con el material. Se simuló el proceso y obtuvimos diferentes resultados. A continuación, se presenta una ilustración en donde se plasma lo descrito en las líneas anteriores.

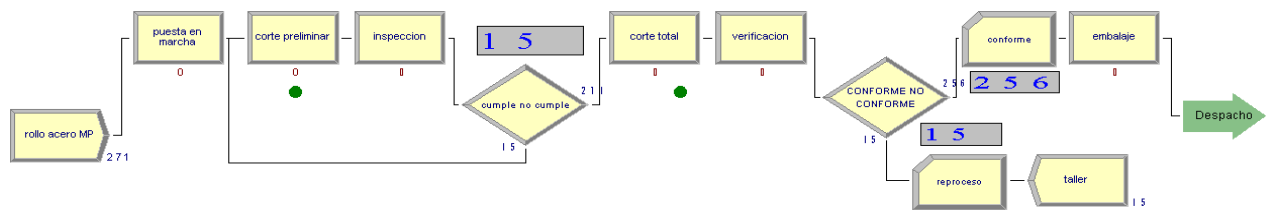


Figura 3. Modelo de simulación en el programa Arena® versión 16.1

5 Análisis y Conclusiones

Con base a los resultados arrojados por el software Arena®, se procede a realizar las siguientes conclusiones: Al simularse el proceso se realiza una réplica de 8 horas, equivalente a un turno de trabajo. Durante este período, el indicador de desempeño refleja que salen 271 atados. Así mismo, teniendo en cuenta los porcentajes reflejados en la figura 4, se concluye que la mayoría de los materiales pasan los parámetros de calidad, de hecho, el 95% de los atados cumple con las especificaciones de calidad y son enviados a empaques. El otro 5% se le hace un proceso de clasificación para determinar cuál será el destino de dicho material, es decir, el porcentaje obtenido referente a los atados conformes es de 94.46, mientras que el porcentaje de 5.53 hace alusión a los atados no aceptados. Además de esto, si se tiene en cuenta el WIP, se quedan sin procesar 1,4 rollos sobre el total de ingresados. Ver figura 4

WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
rollo	1.4572	0.248817783	0.00	8.0000

Figura 4. Unidades en Proceso.

En cuanto la ocupación de los recursos se observa que el recurso con mayor utilidad en el proceso de corte es el del operador. Esto se debe a que sus actividades son primordiales para el desarrollo de la actividad, ya que este se encarga de recibir el material, programar las pruebas de máquina e iniciar el proceso de corte en las máquinas. Cabe resaltar que, las máquinas utilizadas durante el proceso son automatizadas. A continuación, se expresan las líneas anteriores en la figura 5

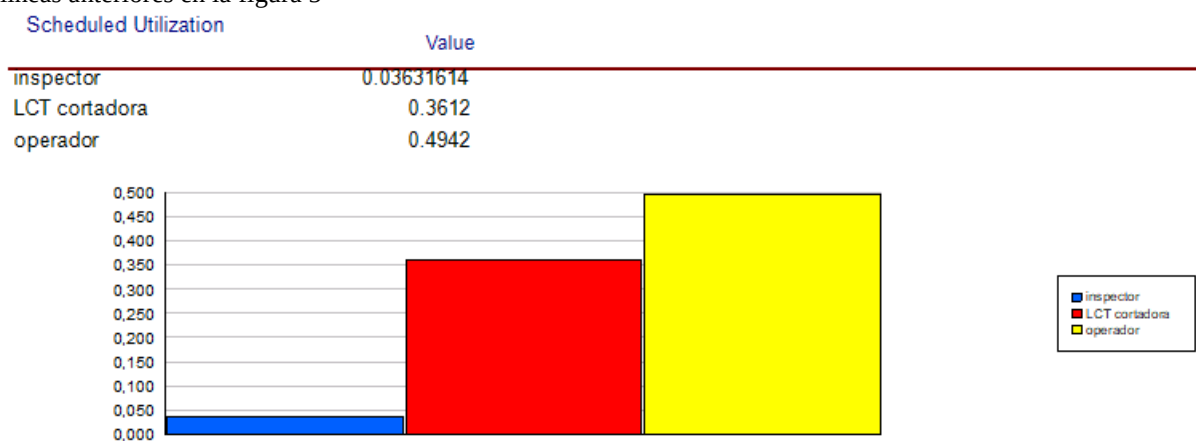


Figura 5. Utilización de Recursos.

Referencias

- [1] L. De Lucca De Costa, A. Guerreiro Brito, A. Rosiak y L. Schaeffer, «Study of the applicability of 22MnB5 sheet metal as protective masks to improve tool life in hot forging process,» *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 107, nº 1-2, pp. 39-47, 2020.

- [2] A. Troncoso, A. Sanchez y J. Gonzalez, «Discrete Events Simulation Method for Analyze Cycle Time: A Case Study in the Plastics Industry Sector,» *IOP Science*, n° 844 012063, 2020.
- [3] G. Rodríguez Medina, S. Balestrini Atencio, S. Balestrini Atencio, R. Meleán Romero y B. Rodríguez Castro, «Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial,» *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, vol. VIII, n° 1, pp. 135-156, 2012.
- [4] E. Chacón, «Investigación operativa: Método de Montecarlo,» *Boletín de Estudios Económicos*, vol. XII, n° 43, 2015.
- [5] J. Peralta Abarca, «Simulación de procesos a través de eventos discretos,» *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*, 2018.
- [6] R. Sundaria, D. G. Nair y A. Lehtikainen, «Effect of Laser Cutting on Core Losses in Electrical Machines- Measurements and Modeling,» *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 67, n° 9, pp. 7354-7363, 2020.
- [7] B. Romero Casillas, «Métodos de simulación. Instituto Nacional de Administración Pública,» 2014.
- [8] C. Appino , E. Ferrara y F. Fiorillo , «Static and dynamic energy losses along different directions in GO steel sheets,» *JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS*, vol. 500, APR 15 2020.
- [9] A. Segura-Henríquez, A. Troncoso-Palacio, J. Vera-Ruiz y F. Muñoz-La--Rivera, «Continuous Improvement Integrating Technological Tools to Assertively Accelerate Decision-making of Logistics. Case Implemented in a Construction Materials Supplier Company,» *9th International Conference on Traffic and Logistic Engineering (ICTLE)*, 2021.
- [10] S. Stoyanov, D. Petring y D. Arntz-Schroeder, «Investigation on the melt ejection and burr formation during laser fusion cutting of stainless steel,» *Journal of Laser Applications*, vol. 32, n° 2, 2020.
- [11] V. Manescu, G. Paltanea, E. Ferrara, L. Vasile Nemoianu, F. Fiorillo y H. Gavrilă, «Influence of mechanical and water-jet cutting on the dynamic magnetic properties of NO Fe-Si steels,» *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 499, 2020.
- [12] A. Troncoso Palacio, D. Neira Rodado, M. Ortíz Barrios, G. Jiménez Delgado y H. Hernández Palma, «Using Discrete-Event-Simulation for Improving Operational Efficiency in Laboratories: A Case Study in Pharmaceutical Industry,» *International Conference on Swarm Intelligence*, vol. 10942, pp. 440-451, 2018.
- [13] A. Troncoso Palacio, «El modelado, la simulación de procesos y los gemelos digitales: soporte para la toma de decisiones,» *Revista Virtual Pro Procesos Industriales*, n° 227, 2020.
- [14] L. Averil M, «How to conduct a successful simulation study,» *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 2004.
- [15] J. Ni, J. Min y H. Wan, «Effect of adhesive type on mechanical properties of galvanized steel/SMC adhesive-bonded joints,» *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 97, n° 102482, 2020.
- [16] J. M. Rodríguez Barrios, D. Serrano y M. Toni, «Los modelos de simulación de eventos discretos en la evaluación económica de tecnologías y productos sanitarios,» *Gaceta Sanitaria*, vol. 22, pp. 151-161, 2008.
- [17] M. Madic, S. Mladenovic y M. Gostimirovic, «Laser cutting optimization model with constraints: Maximization of material removal rate in CO2 laser cutting of mild steel,» *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 2020.

- [18] R. Reese y S. Sheppard, «A Software Development Environment for Simulation Programming,» *WSC '83: Proceedings of the 15th conference on Winter Simulation*, vol. 2, p. 419–428, 1983.
- [19] Metalmecánica industrial, «www.metalmecanica.com,» Metalmecanica industrial, 2018. [En línea]. Available: <http://www.metalmecanica.com/temas/Sector-metalmecanico,-el-de-mayor-proyeccion-en-Colombia,-Fedemetal+127281>.
- [20] J. Chen y D. Kelton, «Quantile and Histogram Estimation,» *Winter simulation Conference*, vol. 2, p. 419–428, 2001.
- [21] P. Sahoo, K. Patra, V. Kumar Singh, M. Kumar Gupta, Q. Song, M. Mia y D. Yurievich Pimenov, «Influences of TiAlN coating and limiting angles of flutes on prediction of cutting forces and dynamic stability in micro milling of die steel (P-20),» *Journal of Meterials Processing Technology*, vol. 278, 2020.
- [22] Lander simulation & training, «www.landersistimulation.com/es/trabajo/formacion-integral,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.landersistimulation.com/es/trabajo/formacion-integral>.