

Título: Optimización de trabajadores y estaciones de trabajo en líneas de ensamble multi-tripuladas mediante algoritmos genéticos

Autores: Seck-Tuoh-Mora, J.C., Anaya-Fuentes, G.E., Hernández-Romero, N., Medina-Marín, J., Barragán-Vite, I. & López-Cabrera, M.A.

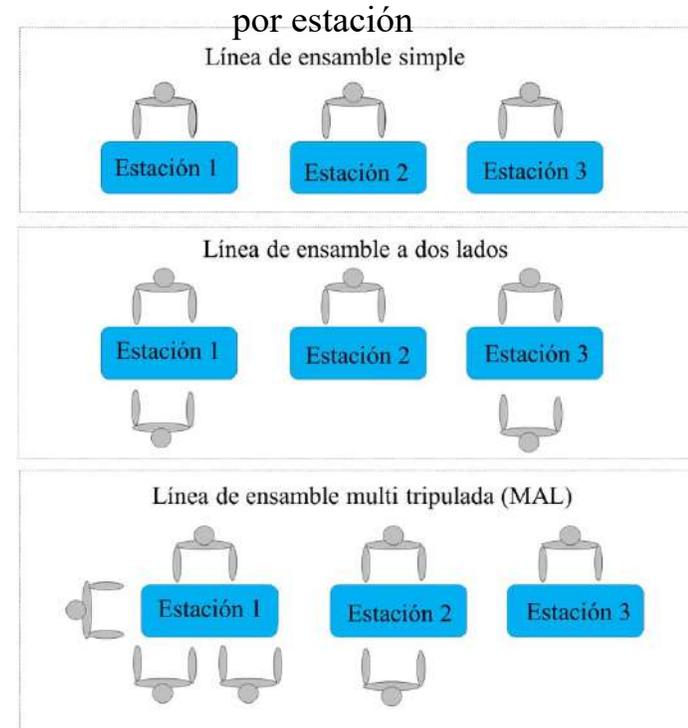
Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible



Introducción

- Tipos de producción.
- Beneficios de las líneas de ensamble.
- Problemas en las líneas de ensamble.
- Balanceo de líneas de ensamble.
- Optimización en líneas de ensamble: SALB 1 y SALB 2.

Figura 1. Tipos de líneas de ensamble de acuerdo con el número de trabajadores



Fuente: Elaboración propia del modelo de (Zamzam y Elakkad 2021, 734)

Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible

Planteamiento del problema

El problema de balanceo de líneas de ensamble multi-tripuladas (MALB) consiste en asignar un conjunto de tareas a un grupo de trabajadores de manera organizada y dividida mediante estaciones de trabajo, minimizando el número de estaciones trabajo y el número de trabajadores en cada estación de trabajo.

$$FF(1) = \min(Ns) \dots (1)$$

$$FF(2) = \min(Nm) \dots (2)$$

Función objetivo: $FF(1) = \min(Ns) \dots (1)$

Sujeta a las restricciones:

$$\sum_{i \in W_j}^{Ns} T_i < CT \text{ for } j = 1, \dots, H \dots (3)$$

$$Ns - 1 < Nm, m \in P_n \text{ for } n = 1, \dots, N \dots (4)$$

Función objetivo: $FF(2) = \min(Nm) \dots (2)$

Sujeta a las restricciones:

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} X_{jk} = 1 \dots (5)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} j \times X_{hjk} \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} j \times X_{ijk} \dots (6)$$

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



Planteamiento del problema

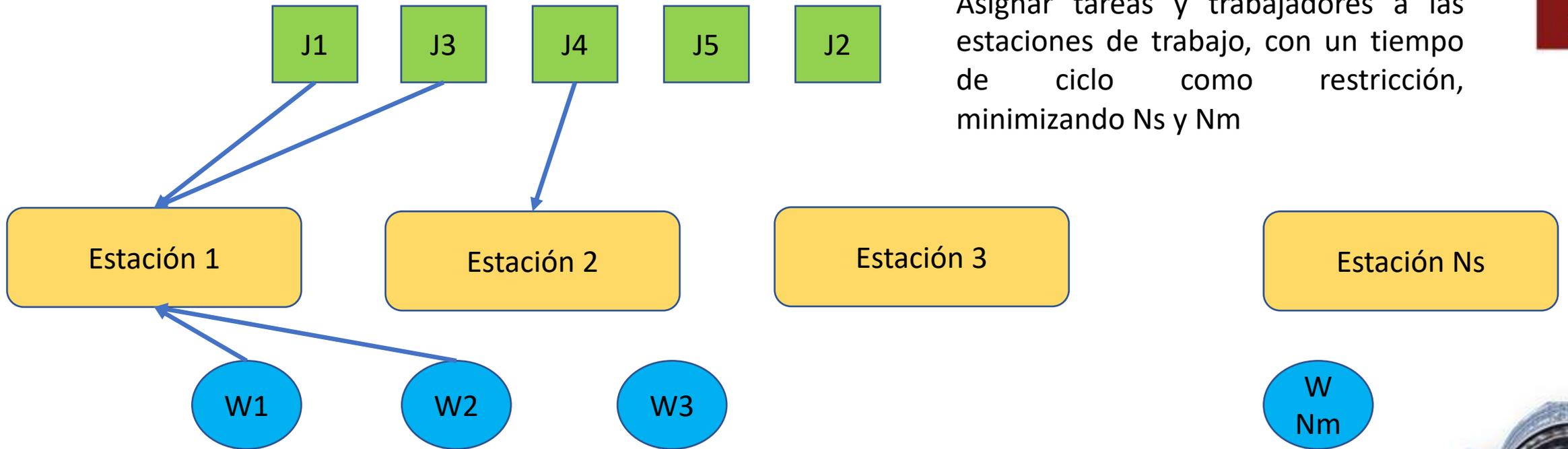


Figura 2. Planteamiento del problema

Asignar tareas y trabajadores a las estaciones de trabajo, con un tiempo de ciclo como restricción, minimizando N_s y N_m



Método

Una propuesta para este trabajo es la especificación de la función costo, ponderando el número de estaciones de trabajo, el número de trabajadores asignados, castigando soluciones con tiempos muertos altos.

$$f(s_i) = \alpha_1(N_s) + \alpha_2(N_t) + \alpha_3(N_m)$$

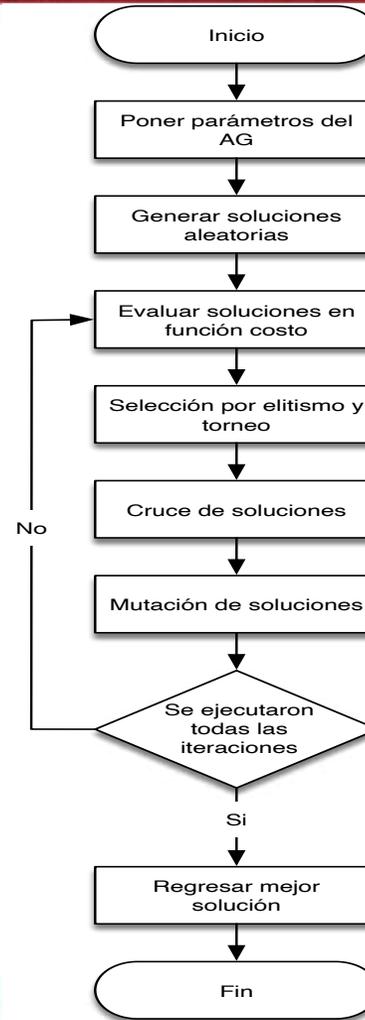
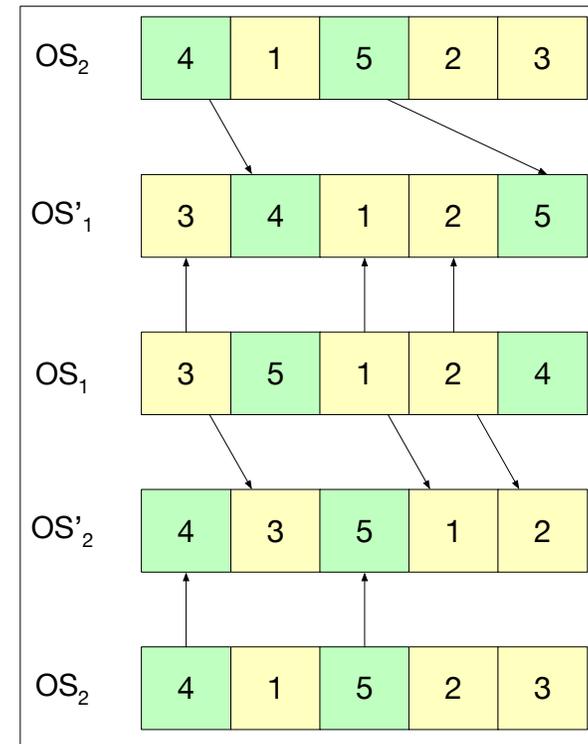


Figura 4. Diagrama de flujo de algoritmo genético.

Método

En nuestro conocimiento el cruce dependiente de la posición de trabajos (JBX) no ha sido utilizado para resolver este problema.

Figura 5. Operador genético cruce.



Resultados

En la Tabla 1 se puede observar que el algoritmo propuesto obtiene casi siempre un resultado igual o mejor al obtenido por otros métodos de optimización. De las 64 instancias tomadas para experimentación, el algoritmo propuesto solo obtuvo un resultado peor a los obtenidos anteriormente (en color azul) y mejoró los resultados en 36 instancias, lo que muestra la eficacia del algoritmo para balancear la línea de producción de manera adecuada en este tipo de problemas.

Tabla 1. Resultados

	CT	Nessren, 2021		Roshani, 2013		Dimitriadis, 2006		Fattahi, 2011		Roshani, 2013		Zamzam, 2015		Algoritmo propuesto	
		NW	NS	NW	NS	NW	NS	NW	NS	NW	NS	NW	NS	NW	NS
Merten (7)	6	---	---	---	---	6	6	6	3	6	3	6	3	6	3
	7	---	---	---	---	5	5	5	3	5	3	5	3	5	3
	8	---	---	---	---	5	5	5	3	5	3	5	3	5	3
	10	---	---	---	---	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2
	15	---	---	---	---	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
	18	---	---	---	---	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1
Bowman(8)	17	---	---	---	---	---	---	5	5	5	5	5	5	5	3
	20	---	---	---	---	5	5	5	4	---	---	5	4	4	2
	21	---	---	---	---	---	---	5	4	5	4	5	4	4	2
	24	---	---	---	---	---	---	4	4	4	4	4	4	4	2
	28	---	---	---	---	---	---	3	2	3	2	3	2	3	2
	31	---	---	---	---	---	---	3	2	3	2	3	2	3	2

Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible



Conclusiones

En este trabajo se presentó un nuevo algoritmo genético para la optimización del número de trabajadores y de estaciones de trabajo en una línea de ensamble multi-tripulada. El algoritmo genético propuesto se caracteriza por castigar tiempos muertos altos en la función costo, aplicar el cruce JBX para el refinamiento de nuevas soluciones y no utilizar una política de rebalanceo fija, sino dejar este proceso al propio algoritmo genético para la generación de mejores soluciones.

Se tomaron 11 tipos de problemas de prueba y un total de 64 instancias para comparar el algoritmo propuesto con otros 6 métodos recientemente publicados, obteniendo resultados satisfactorios y mejorando en 36 de estas instancias.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



Conclusiones

El algoritmo propuesto en este manuscrito es fácil de implementar, y no utiliza ninguna heurística de rebalanceo, sino que esta tarea la deja a los operadores genéticos del algoritmo, lo cual le da mayor versatilidad y disminuye el procesamiento requerido para refinar soluciones.

Por otra parte, el algoritmo maneja las variables de interés a optimizar con la linealización de una función costo, y una ponderación para cada parte de esta (número de estaciones, número de trabajadores y tiempos muertos). Un trabajo futuro propuesto es manejar estas variables utilizando técnicas multi-objetivo, basadas en frente de Pareto y dominancia de soluciones.

Otro trabajo futuro es darle más flexibilidad a la línea multi-tripulada para que un trabajador pueda desarrollar su labor en varias estaciones de trabajo contiguas. Esto requiere de la redefinición de la función costo y sus restricciones, lo cual puede ser de interés en futuras investigaciones.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



Bibliografía

- Cantos, Thiago, Giuliano Vidal, Sato Adalberto, y Leandro Magatao. « Flexible multi-manned assembly line balancing problem: Model, heuristic procedure, and lower bounds for line length minimization. » *Omega*, 2019: 1-10.
- Fattahi, Parviz, Abdolreza Roshani, y Abdolhassan Roshani. «A mathematical model and ant colony algorithm for multi-manned assembly line balancing problem.» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2011: 1433-3015.
- González, Jaime, Katia Avilés, José Aguilar, y Isaías Velázquez . «Software para balancear línea de ensamble en la empresa Nissan Time.» *Revista de Ingeniería Industrial*, 2017: 1-13.
- Kumar, Naveen, y Dalgobind Mahto. «Assembly Line Balancing: A Review of Developments and Trends in Approach to Industrial Application.» *Global Journal of Researches in Engineering*, 2013: 28-50.
- Moreno-Ramírez, Jorge. «Metaheurística GRASP para el problema Vertex Bisection Minimization.» *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2018: 28-41. Peña-Orozco, Diego León, y Jaime Leonardo Jiménez-Gómez. «Problema de balanceo de una línea del tipo SALBP: caso de una línea de confección de prendas.» *Logos, Ciencia & Tecnología*, 2019: 176-196.
- Roshani, Abdolreza, Arezoo Roshani, Abdolhassan Roshani, Mohsen Salehi, y Azadeh Esfandyari. «A simulated annealing algorithm for multi-manned assembly line balancing problem.» *Journal of Manufacturing Systems*, 2013: 238-247.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



Bibliografía

- Roshani, Abdolreza, y Arezoo Roshani. «Multi-manned Assembly Line Balancing Problem: Minimizing Cycle Time.» *Proceedings of the IIE Asian Conference 2012*, 2012: 612-620.
- Talbot, Brian, y James Patterson. «An integer programming algorithm with network cuts for solving the assembly line balancing problem.» *Management Science*, 1984: 85-99.
- Zakaraia, Mohammad, Hegazy Zaher , y Naglaa Ragaa. « Stochastic Local Search for Solving Chance Constrained Multi-Manned U-shaped Assembly Line Balancing Problem with Time and Space Constraints. » *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, 2021: 278-295.
- Zamzam, Nessren, y Ahmed Elakkad. «Time and Space Multi-Manned Assembly Line Balancing Problem Using Genetic Algorithm.» *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2021: 733-749.
- Zamzam, Nessren, Yomna Sadek, Nahid Afia, y Amin El-Kharbotly. «Multi-Manned Assembly Line Balancing using Genetic Algorithm.» *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2015: 56-61

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



Datos de contacto

Nombre: Dr. Gustavo Erick Anaya Fuentes

Correo: ganaya@uaeh.edu.mx

Número telefónico: 7717172000 Ext. 2237

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*

www.uaeh.edu.mx

