

# Optimización de la Planificación Agregada de la Producción: Una Exploración de los Algoritmos Genéticos

BUSCAGLIA Iván Santiago <sup>a</sup>, MICHALUS Juan Carlos <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup> Departamento de ingeniería industrial, FI (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

ivan.buscaglia@gmail.com, michalus@fio.unam.edu.ar

---

## Resumen

Se abarca la integración de tecnologías de información en los procesos productivos, resaltando la importancia de la adaptación en entornos volátiles y complejos. Además, explora cómo la Industria 4.0 puede ser una estrategia para fusionar tecnologías y optimizar los procesos. En este contexto, cobra relevancia la inteligencia artificial, especialmente los algoritmos genéticos, que son un enfoque de resolución basado en la teoría de la evolución. Estos algoritmos tienen la capacidad de seleccionar y reproducir las mejores soluciones para lograr resultados más apropiados. Enfocándonos en la aplicación de los algoritmos genéticos en la planificación agregada de la producción, se identifica su eficacia en comparación con otras técnicas. Se describen distintos métodos de optimización, y se analiza cómo los algoritmos genéticos demuestran eficiencia en la resolución de problemas. Asimismo, se ofrece un análisis detallado de las herramientas de software que utilizan algoritmos genéticos, destacando sus características como funciones integradas, interfaz de usuario, accesibilidad y compatibilidad. Además, se evalúan enfoques de desarrollo personalizado que emplean lenguajes de programación. Se concluye con la necesidad de adaptabilidad en entornos cambiantes y la relevancia de la inteligencia artificial y los algoritmos genéticos en la toma ágil de decisiones. Como alternativa, se sugiere el desarrollo de soluciones específicas, y se plantea la posibilidad de futuras evaluaciones basadas en factores ponderados y comparativas con otros enfoques de optimización.

**Palabras Clave** – Algoritmos Genéticos; Planificación Agregada de la Producción; Industria 4.0.

## 1 Introducción

La incorporación de nuevas tecnologías de la información a los procesos productivos es fundamental, las empresas se encuentran insertas en entornos Volátiles, Inciertos, Complejos y Ambiguos, también denominados VUCA según sus iniciales en idioma inglés. Esta definición fue introducida por las fuerzas armadas norteamericanas a finales de la guerra fría, la misma ayuda a planificar las operaciones teniendo en cuenta un marco complejo. Para ser capaces de afrontar este escenario las empresas deben promover factores ágiles como la autonomía, autoorganización y flexibilidad [1].

Indagando en cómo promover los elementos antes mencionados, se debe analizar las nuevas herramientas tecnológicas que están surgiendo en la actualidad y cómo implementarlas para ser competitivos. Hoy en día está en auge el concepto de la industria 4.0 que se basa en la aplicación masiva de las nuevas tecnologías a todos los procesos de fabricación, esto nos permite fusionar el mundo real y el virtual en el entorno fabril, buscando así, optimizar los procesos [2].

En relación con a lo descrito anteriormente, es importante destacar que una de las bases para lograr virtualizar un entorno industrial es la inteligencia artificial. A esta se la define como un conjunto de técnicas, algoritmos y herramientas, que ayudan a resolver problemas de gran complejidad [3]. Este concepto tiene a su vez varias sub ramas, siendo una de ellas los algoritmos genéticos. Estos se definen como un método de resolución de problemas, basada en la teoría de la evolución, en la que se parte de una población inicial (posibles soluciones) de la cual se seleccionan los individuos con los mejores y peores resultados, para luego reproducir a los primeros y mutar a los segundos, obteniendo de esto una nueva generación de individuos más apta que la anterior. Este proceso se repetirá sucesivamente hasta obtener el mejor resultado posible [4].

En la industria encontramos varias situaciones donde es necesario hallar la solución óptima a un problema, para esto es imprescindible recurrir a la aplicación de métodos sistemáticos, en especial a la hora de planificar la producción. Es en esta área donde es ideal la implementación de los algoritmos genéticos, porque son más eficientes y veloces respecto a los demás procedimientos. Varios estudios han demostrado que los algoritmos genéticos son más adecuados para abordar situaciones con múltiples restricciones [5]. Además, estos algoritmos tienen la capacidad de determinar con precisión la cantidad y dimensiones de los lotes, y lo hacen en un tiempo computacional razonablemente corto [6].

Para realizar un análisis aún más específico de la aplicación de AG en la planificación de la producción, se investiga su utilización en la Planificación agregada de la producción (PAP). El cual es un proceso con el que una compañía puede determinar su capacidad, producción, subcontratación, inventario, faltantes e incluso precios, en un periodo de tiempo específico. El objetivo de la planeación agregada es satisfacer la demanda y al mismo tiempo maximizar las utilidades [7].

A la hora de efectuar un plan agregado de producción existen diferentes sistemas que se ajustan a determinados escenarios e industrias, estos son: los métodos intuitivos o de prueba y error, analíticos ya sea basados en programación matemática o heurísticos y procedimientos basados en simulación [8]. Dentro de los métodos basados en programación matemática se encuentra la programación lineal, la cual es una rama de la programación matemática donde se desea maximizar o minimizar (optimizar) una función lineal restringida mediante ecuaciones o desigualdades [9]. Este método puede ser apoyado con planillas de cálculo y algoritmos matemáticos de optimización, como ser el GRG Nonlinear, Simplex, entre otros. Esta opción requiere una alta capacidad de procesamiento, lo que significa mucho tiempo de espera hasta obtener una solución.

No obstante, una opción superadora a todos los métodos planteados, a la hora de realizar una PAP, es la aplicación de los AG mencionados anteriormente. En relación con esto, se ha iniciado el análisis de su implementación en este campo, obteniendo de las investigaciones que, en general, los resultados hallados son satisfactorios y la aplicación de los mismos es eficiente, ya que facilita el proceso de toma de decisiones [10].

La integración de AG en los procesos de toma de decisiones colabora en disminuir el tiempo y el uso de recursos computacionales en esta tarea. Es posible plantear el desarrollo de una combinación de los mismos con las planillas de cálculo, ya utilizadas en la actualidad para tal fin. La integración del

lenguaje de programación y las planillas de cálculo permiten crear una herramienta de fácil acceso a pequeñas y medianas empresas, brindando una solución eficiente al problema [11].

A continuación, se llevará a cabo un análisis exploratorio sobre la programación agregada de la producción mediante AG utilizando herramientas de software. Se seleccionará un conjunto de aplicaciones y se evaluarán detenidamente según criterios previamente establecidos. A través de este proceso, se pretende identificar y comprender las capacidades y limitaciones de cada herramienta en relación con el problema en cuestión. Además de las herramientas de software específicas, se explorarán enfoques de desarrollo personalizado utilizando lenguajes de programación populares. El objetivo es analizar y explorar la aplicación de AG en la PAP, en el contexto de la Industria 4.0 y la adaptación a entornos volátiles y complejos, se espera tener un panorama de las soluciones más viables para el problema de optimización propuesto.

## 2 Metodología

Se llevó a cabo un análisis exploratorio de las posibles soluciones al problema planteado. A partir de este proceso, se eligió un conjunto de herramientas que podrían adaptarse de manera adecuada. Posteriormente se evaluaron utilizando información de acceso libre, para esta evaluación se aplicaron criterios que son relevantes para el análisis de software [12], abarcando los aspectos que se presentan en la siguiente tabla:

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
<b>Funciones Integradas</b>	Evaluar si el software puede resolver el problema propuesto, incluyendo manejo de variables, programación lineal y restricciones.
<b>Interfaz de Usuario</b>	Se valora una de interfaz de usuario amigable y de fácil uso para cumplir con los objetivos del análisis.
<b>Accesibilidad</b>	Medir la facilidad de obtención del software, evitando la necesidad de emuladores o altos conocimientos técnicos.
<b>Manual de Usuario</b>	Es importante la existencia de documentación de acceso libre que guíe al usuario y facilite la resolución de problemas.
<b>Soporte de Usuario</b>	Evaluar la presencia de un servicio de soporte efectivo para ayudar a los usuarios a resolver inconvenientes.
<b>Compatibilidad</b>	Analizar la capacidad del software para funcionar en diferentes entornos y trabajar con varios formatos.
<b>Precio</b>	Considerar el costo del software, valorando opciones de código abierto y la accesibilidad de licencias pagas.

Tabla 1: Criterios de evaluación; Fuente: Elaboración propia

### 3 Resultados

A continuación, se presenta una tabla resumen del análisis realizado, detallando las diversas soluciones de software disponibles. Se dividen en dos categorías: "A. Add-in para hojas de cálculo" y "B. Confección de soluciones específicas". Cada solución se evalúa en los términos ya mencionados en la *Tabla 1*. La misma ofrece una visión completa de las opciones disponibles para abordar el problema analizado a través de herramientas de software o enfoques de desarrollo específicos.

Tipo de solución	Nombre	Observaciones realizadas con la información de referencia	Referencias
Add-in para hojas de cálculo	<b>GANetXL</b>	Capaz de manejar variables y restricciones. - Interfaz intuitiva. - Libre para fines no comerciales. - Manual de usuario libre. - Soporte comunitario. - Compatible hasta 2010.	[13]
	<b>Evolver</b> ©	Capaz de manejar variables y restricciones. - Interfaz intuitiva. - Marca registrada. - Servicio de pago. - Manual de usuario no libre acceso. - soporte de usuario y Q&a web. - en constante evolución. - pago vía web.	[14]
	<b>GeneHunter</b> ©	Capaz de manejar variables y restricciones. - Interfaz intuitiva. - Marca registrada. - Servicio de pago. - Manual de usuario no libre acceso. - Soporte de usuario. - No compatible con entornos actuales. - Contactar soporte para acceso.	[15]
	<b>Generator</b> ©	Incierto manejo de variables y restricciones. - Interfaz intuitiva. - Marca registrada. - Servicio de pago. - Presentación en web. - No compatible con entornos actuales. - Contactar soporte para acceso.	[16]
	<b>GenSheet</b> ©	Capaz de manejar variables y restricciones. - Interfaz intuitiva. - Marca registrada. - Servicio de pago. - Presentación en web. - Compatibilidad incierta. - Contactar soporte para acceso.	[17]
	<b>GA Optimization for Excel</b>	No admite variables requeridas. - Interfaz intuitiva. - Libre acceso. - Manual de usuario libre. - Contacto del desarrollador público. - Compatible con entornos actuales. - Descargar vía web.	[18]
	<b>SolveXL</b> ©	Capaz de manejar variables y restricciones. - Interfaz intuitiva. - Acceso recientemente liberado. - Manual de usuario libre. - Compatible hasta 2013 y 32 bit. - Descargar vía web.	[19]
	<b>XLOptimizer</b> ©	Incierto si admite restricciones. - Interfaz intuitiva. - Marca registrada. - Servicio de pago. - Presentación en web. - Compatible con entornos actuales. - Pago vía web.	[20]
	<b>Solver for Nonlinear Programming</b>	Capaz de manejar variables y restricciones. - Interfaz intuitiva. - Libre acceso. - Presentación en web. - Compatible con entornos actuales. - Descargar vía web.	[21]
Confección de soluciones específicas	<b>Visual Basic</b> ©	Integrado en planillas de cálculo. - Capaz de manejar variables y restricciones. - Interfaz no especializada. - Lenguaje propiedad de Microsoft ©. - Licencia propietaria. - Amplia oferta de información y comunidad. - Compatible con entornos actuales. - Casos de estudio disponibles para problemas de optimización similares.	[22]
	<b>Python</b>	Código abierto. - Bibliotecas de terceros para interacción con hojas de cálculo. - Capaz de manejar variables y restricciones. - Interfaz no especializada. - Acceso a editores de código libre. - Amplia oferta de información y comunidad. - Casos de estudio disponibles para problemas de optimización similares.	[23]

Tabla 2: Análisis de soluciones; Fuente: Elaboración propia

## 4 Conclusiones

Para finalizar, debemos tener en cuenta que las empresas se encuentran dentro de un entorno volátil, incierto, complejo y ambiguo, es por este motivo que es importante que las mismas tomen constantemente medidas que les permitan ser más flexibles y adaptarse a las circunstancias. Por lo tanto, es vital la introducción de conceptos de industria 4.0, logrando con esto ponerse a la vanguardia.

Dentro del concepto mencionado, se halla como pilar fundamental, la inteligencia artificial, esta herramienta nos ayuda con el procesamiento de datos, otorgándonos mayor velocidad a la hora de tomar decisiones. Considerando que las empresas están sujetas a cambios constantes en su entorno, es interesante que la toma de decisiones respecto a la planificación de la producción sea llevada a cabo de forma ágil.

De este proceso se concluye que existen varias herramientas que se adaptan al problema, a su vez se destaca que gran parte de estas son de pago o requieren la utilización de emuladores ya que no son soportados por entornos actuales. Se destaca la generación de soluciones específicas, que trata de la generación de código. Esta es una alternativa interesante para dar a la comunidad una solución a este problema que sea compatible con entornos actuales, software de planillas de cálculo y de código abierto.

Se deberá realizar una búsqueda continua de soluciones a este problema, ya que la tecnología avanza constantemente y podría surgir una solución superadora, lo que da lugar a futuras investigaciones, continuando con el presente análisis.

Como siguiente paso en esta dirección se propone evaluar mediante el método de los factores ponderados las soluciones halladas y, de ser posible, emplear uno de los software para resolver una PAP y comparar los resultados hallados con otro algoritmo.

## 5 Referencias Bibliográficas

- [1] B. A. ALLENDES DÍAZ, Entorno VUCA: enfrentando el desafío organizacional a través del liderazgo efectivo, Santiago, Chile: Facultad de Ingeniería de la Universidad del Desarrollo, 2020.
- [2] C. C. SÁENZ, Industria 4.0, La Rioja, Argentina.: Universidad de la Rioja, Facultad , 2016.
- [3] A. GARCÍA SERRANO, Inteligencia artificial, fundamentos, práctica y aplicaciones, Madrid, España.: R C Libros. 38830 San Fernando de Henares, 2012.
- [4] J. A. DE LA PEÑA y A. P. TRUYOL, Algoritmos genéticos, Getafe, España.: Universidad Carlos III, 2007.
- [5] V. G. CANIZALES, Aplicación de algoritmos genéticos en el balanceo de líneas de producción, San Nicolás de los Garza, México.: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo Leon, 2005.
- [6] F. J. CASTILLO ZUNINO, Algoritmos genéticos para planificar la secuencia, asignación, tamaño y cantidad de lotes en una planta multiproducto, Santiago, Macul, región metropolitana, Chile.: Pontificia Universidad Católica de Chile Escuela de Ingeniería, 2014.
- [7] S. CHOPRA y P. MEINDL, Administración de la cadena de suministro, estrategia, planeación y operación, México: Pearson Educación, 2013.

- [8] J. A. A. G. M. J. G. G. S. D. M. M. & R. G. A. DOMÍNGUEZ MACHUCA, Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios., Madrid, España: Mc Graw-Hill/Interamericana de España S.A, 1995.
- [9] M. D. C. HERNÁNDEZ AYUSO, Introducción a la programación lineal, Circuito exterior, Ciudad Universitaria, Distrito Federal, México.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. , 2007.
- [10] C. R. KUMAR y Y. M. A. A. HASIN, Solving an aggregate production planning problem by using multi-objective genetic algorithm (MOGA) approach, Rajshahi-6204, Bangladesh: Department of Industrial & Production Engineering, Rajshahi University of Engineering & Technology, 2012.
- [11] H. S. CARDONA ZAPATA, Aplicación del algoritmo genético con el fin de optimizar las tareas operativas de los ambientes de trabajo tipo job-shop, Pereira, Risaralda, Colombia.: Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Ciencias Empresariales, 2019.
- [12] M. Toshtar, Multi-criteria decision making approach to computer software evaluation: application of the analytical hierarchy process, Upper Montclair, New Jersey: Montclair State College, School of Business Administration, Department of Finance and Quantitative Methods, 1988.
- [13] D. A. B. J. & M. M. S. Savić, «A DSS generator for multiobjective optimisation of spreadsheet-based models,» de *Environmental Modelling and Software*, North Park Road, Exeter, Devon EX4 4QF, United Kingdom, The Centre for Water Systems, College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, 2011, pp. 551-561.
- [14] Palisade©, «Evolver, Innovative Optimization in Excel,» Palisade©, 2023. [En línea]. Available: <https://www.palisade.com/evolver/>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [15] I. ©. Ward Systems Group, «GeneHunter,» Ward Systems Group, Inc. ©, 2023. [En línea]. Available: <http://www.wardsystems.com/genehunter.asp>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [16] ©. New Light Industries, «Generator,» New Light Industries,© , 2008. [En línea]. Available: [http://www.nli-ltd.com/products/genetic\\_algorithms/generator.php](http://www.nli-ltd.com/products/genetic_algorithms/generator.php). [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [17] ©. Inductive Solutions, «GenSheet,» Inductive Solutions, ©, 2015. [En línea]. Available: <https://inductive.com/softgen.htm>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [18] A. C. Schreyer, «Genetic algorithm optimization for ms excel,» Alexander C. Schreyer, 2016. [En línea]. Available: <https://alexschreyer.net/projects/xloptim/>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [19] S. ©, «SolveXL - Genetic Algorithm Optimization add-in for Microsoft Excel,» SolveXL.com ©, 2013. [En línea]. Available: <https://www.solvexl.com/index.html>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [20] T. ©, «Standard Genetic Algorithm (SGA),» TechnoLogismiki ©, 2023. [En línea]. Available: <https://xloptimizer.com/features/genetic-algorithms-ga/standard-genetic-algorithm>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [21] S. M. Inc, «NLPSolver,» Sun Microsystems Inc, 2012. [En línea]. Available: <https://wiki.openoffice.org/wiki/NLPSolver>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [22] Microsoft, «Office 365,» Microsoft, 2023. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es/microsoft-365/excel>. [Último acceso: 16 Julio 2023].
- [23] S. Castillo-Ponce, M. Lino-Cevallos, C. Sánchez-Suango y L. Cevallos Torres, «Aplicación de un Algoritmo Genético para solucionar,» Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2019.
- [24] G. & D. F. L. Van Rossum, «Python 3 Reference Manual,» CreateSpace, Scotts Valley, CA, 2009.
- [25] D. R. Briones Briones y J. R. Pérez Gallardo, «Optimización de la secuencia de producción por medio de un algoritmo genético,» 02 2021. [En línea]. Available: <https://cimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1008/1140>. [Último acceso: 15 Julio 2023].