



## Flujo de operaciones en una celda de manufactura en las nuevas tecnologías

Flow of operations in a manufacturing cell in new technologies.

### Yessika Gisell Chávez-Hernández

Estudiante de licenciatura, [al159747@alumnos.uacj.mx](mailto:al159747@alumnos.uacj.mx), <https://orcid.org/0000-0002-7683-2327>, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, México.

### Luis Asunción Pérez-Dominguez

Doctorado, [luis.dominguez@uacj.mx](mailto:luis.dominguez@uacj.mx) <https://orcid.org/0000-0003-2541-4595>, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez México.

### David Luviano-Cruz

Doctorado, [david.luviano@uacj.mx](mailto:david.luviano@uacj.mx), <https://orcid.org/0000-0002-4778-8873> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez México.

### Iván Juan Carlos Pérez-Olguín

Doctorado, [ivan.perez@uacj.mx](mailto:ivan.perez@uacj.mx), <https://orcid.org/0000-0003-2445-0500>, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez México.

### Karla Yohana Sánchez-Mojica

Maestría, [Karla.sanchez@ibero.edu.co](mailto:Karla.sanchez@ibero.edu.co), <https://orcid.org/0000-0003-3164-4725> Corporación Universitaria Iberoamericana, Bogotá, Colombia.

\*Autor de Correspondencia: [Karla.sanchez@ibero.edu.co](mailto:Karla.sanchez@ibero.edu.co)



**Recibido:** Octubre 11 de 2021**Aceptado:** Diciembre 26 de 2021

**Cómo citar:** Chávez-Hernández, Y.G., Pérez-Dominguez, L.A., Luviano-Cruz, D., Pérez-Olguín, I.J. & Sánchez-Mójica, K.Y., (2022). "Flujo de operaciones en una celda de manufactura en las nuevas tecnologías" *Reflexiones Contables*, 5 (1), 22-34 <https://doi.org/10.22463/26655543.3555>

## Resumen

El algoritmo ABC (colmena de abejas artificiales) es importante para optimizar variables de procesos. Adicionalmente, el tratar de resolver problemas de optimización son problemas complejos, ya que orientado con las nuevas tecnologías se tienen imprevistos en las líneas de producción que no se pueden predecir, por lo cual este algoritmo en específico requiere un análisis minucioso y de alta dificultad. Además, el algoritmo ABC uno de los principales objetivos es optimizar procesos, mediante un sistema que puede predecir que opción es conveniente para el problema dado. A la par, existe la necesidad de analizar la optimización para un caso de flujo de operaciones en una celda de manufactura usando nuevas tecnologías. En este sentido, la presente investigación se realizará una reflexión sobre un caso práctico, donde se comparará un algoritmo estacionario contra el algoritmo ABC, en este se llevó a cabo una comparación de los dos algoritmos a base de resultados dados de una investigación y sobre el algoritmo ABC, en esta presente investigación se concluyó que el algoritmo estacionario es la mejor opción para investigaciones futuras ya que es más estable y adecuado para la presente investigación.

**Palabras Claves:** Algoritmo ABC, Flujo de Operaciones, Nuevas Tecnologías, Optimización.

## Abstract

The ABC algorithm (artificial bee colony) is important to optimize process variables. Additionally, trying to solve optimization problems are complex problems, since oriented with the new technologies there are unforeseen events in the production lines that cannot be predicted, for which this specific algorithm requires a detailed and highly difficult analysis. In addition, one of the main objectives of the ABC algorithm is to optimize processes, through a system that can predict which option is convenient for the given problem. At the same time, there is a need to analyze the optimization for a case of flow of operations in a manufacturing cell using new technologies. In this sense, the present investigation will reflect on a practical case, where a stationary algorithm will be compared against the ABC algorithm, in this a comparison of the two algorithms will be carried out based on given results of an investigation and on the ABC algorithm, in this present investigation it was concluded that the stationary algorithm is the best option for future investigations since it is more stable and adequate for the present investigation.

**Key Words:** ABC Algorithm, Flow of Operations, New Technologies, Optimization.

## Introducción

Hoy en día, las nuevas tecnologías avanzan de forma incremental en base a la innovación, desde la automatización hasta simples avances cotidianos que facilitan nuestro día a día. En diferentes revoluciones industriales se han visto tareas que buscan mejorar continuamente o facilitar la ejecución en las organizaciones. Hoy han pasado 4 revoluciones industriales, y en estas últimas han surgido dos tecnologías más grandes, una mirada más profunda se discute en Bajic,(2020) nos dice que la penúltima revolución industrial (4.0, Humano-Máquina) es un sistema diseñado integrar la parte física (máquinas, equipos y sensores) y la parte cibernética del proceso de fabricación a través de programas y la nube; a diferencia de la Industria 4.0, la Industria 5.0 maneja los autores como una preocupación para los trabajadores, Como nos comentan los autores Fraga-Lamas P. V.-B.-C., (2021) el objetivo persigue la prosperidad de manera sostenible, buscando aumentar la productividad sin sacar trabajadores humanos de la industria manufacturera. En particular, este proyecto analizará el algoritmo ABC (colonia de abejas artificiales) en una celda de manufactura en las nuevas tecnologías, para profundizar en este tema, primero es necesario definir qué es una celda de manufactura, Hernandez,(2019) nos comenta que es una automatización de simulación del equipo de la línea de producción, compuesta por varios puestos de trabajo, integrada entre sí;”, para su control se utilizan principios como la manufactura esbelta. Esto va de la mano con el surgimiento de las nuevas tecnologías, nos permite hacer grandes innovaciones y por supuesto optimizar nuestras líneas de producción, lo que no es más que la mejor opción para avanzar positivamente dentro de la organización.

## Fundamentación teórica

### Industria 4.0

La industria 4.0 tiene antecedentes desde el inicio de la primera revolución industrial, del cual Griffiths, (2018) concluye que se introdujo de agua y vapor las instalaciones de fabricación mecánica hicieron posible la mecanización. Más adelante se tuvo la segunda revolución industrial que se basó en descubrimientos de energía, medicina, productos químicos de materiales; Después se incluyó la tercera revolución industrial, está tardo un poco más que las anteriores revoluciones, ya que en estas se tardó en emplear las nuevas tecnologías y usarlas, principalmente en esta tercera revolución industrial se basó en el cambio de energías renovables, en el cambio de edificios a plantas de energía, el hidrógeno y baterías recargables son las que destacaron en esta revolución anteriormente mencionada.

En este caso se tienen que tomar factores importantes como la industria 4.0, que viene siendo la cuarta revolución industrial esta se interpreta como la revolución Hombre -Máquina, ya que en este se implementa con los principios de la automatización, el uso de las tecnologías, la implementación de la nube, entre otras tecnologías.

De acuerdo con Guo,(2021) establece que la industria 4.0 es la total automatización de la industria, implementando la realidad virtual, Big data, robots, sistema de integración, la nube y un punto importante, la ciberseguridad son puntos clave que engloban esta revolución. Características industria 4.0.

Como todo proceso tiene características específicas la cuarta revolución no es la excepción:

- Identificación de frecuencia de radio (RFID): “es un elemento que puede almacenar y transmitir información hacia un elemento lector utilizando ondas radio”. (Montenegro, 2007)

- Internet de las cosas (IoT): "es una arquitectura emergente basada en la Internet global que facilita el intercambio de bienes y servicios entre redes de la cadena de suministro y que tiene un impacto importante en la seguridad y privacidad de los actores involucrados". (Weber, 2010)
- Computación en la nube (CC): "constituye una forma de almacenamiento de información y contenidos digitales en una plataforma intangible, la cual ha surgido con el advenimiento de las nuevas tecnologías". (Rengifo García, 2013).
- Big Data (BD): "refiere a una gran cantidad de datos (estructurados, no estructurados y semiestructurados) que excede la capacidad del software convencional para capturarse, administrarse y procesarse en un tiempo razonable". (Raut, 2020).
- Fabricación Aditiva: "Es la unión de materiales capa a capa, esto se interpreta como la impresión 3D, se diseña un prototipo en un software posteriormente se manda a la impresora 3D y se realiza un prototipo en 3D sólido." (Bajic, 2020)
- Robótica: " Son prácticamente brazos robóticos automatizados que se utilizan en la industria.
- Tecnologías de la web semántica: Es el proceso de la interpretación de las tareas y el trabajo en conjunto del hombre – máquina". (Bajic, 2020)
- Sistemas Ciber físicos: " No es más que los sistemas físicos y el software se relacionan y permite una integración completa". (Bajic, 2020).

Bajic (2020) nos menciona que, en los procesos de manufactura, es una gran ventaja, ya que en las distintas industrias se manejan brazos robots u maquinaria que se puede encontrar en distintas fases del proceso de producción que se puede manejar de manera remota, sin tan-

ta intervención del ser humano, todo se podría manejar desde la nube.

Otros autores como Griffiths, (2018) lo manejan desde un enfoque distinto como son las anteriores revoluciones industriales las cuales son: energía de agua y vapor, electricidad y por ultimo la tecnología de semiconductores, progresaron cada una durante varias décadas.

Por lo cual, también la industria 4.0, nos manejan una preocupación persistente "la cuarta revolución industrial que vivimos actualmente avanza a un ritmo exponencial y trastorna muchas exosistemas y procesos existentes mientras se crean soluciones totalmente nuevas e innovadoras". (Griffiths, 2018).

## Industria 5.0

Esta es la consecuente de la industria anteriormente mencionada, esta es enfocada al cuidado de las energías y el trabajador, igualmente este autor se basa en lo siguiente "en las capacidades de los robots y las habilidades humanas, ya que unidos convergen para obtener lo mejor." (Antonio, 2018)

Está a diferencia de las revoluciones industriales pasadas se enfoca más en la inteligencia artificial, automatización y cuidado de energías. Con el paso del tiempo se implementarían robots para facilitar tareas dadas u monitoreo de estos desde un clic de distancia.

## Características industria 5.0

Estas categorías son fundamentales a la hora de establecer la industria 5.0.

- Interacción hombre – maquina individualizada: "esta hace referencia que desde un control de cualquier ordenador u teléfono vinculado pueda arreglarlo al momento". (Fraga-Lamas y otros, 2021).

- Tecnologías bioinspiradas y materiales inteligentes: “estos son a partir de programas u hardware que permiten replicar la forma de pensar etc.” (Fraga-Lamas y otros, 2021).
- Gemelos digitales y simulación sistemas ciberfísicos: “son aquellos que pueden crear simulaciones a partir de datos de la vida real.” (Fraga-Lamas y otros, 2021).
- Tecnologías de transmisión, almacenamiento y análisis de datos: “como la nube, almacena datos, procesa y crea filtros para poder tener comandos u órdenes y se cumplan en la maquinaria.” (Fraga-Lamas y otros, 2021).
- Inteligencia artificial: “esta es lo más parecido a acciones que realizaría un humano, por lo cual este se basa en programas para la recreación de dichas acciones.” (Fraga-Lamas y otros, 2021).
- Tecnologías para la eficiencia energética, renovables, almacenamiento y autonomía: “son las que cuidan el medio ambiente y que realicen el menor impacto al planeta.” (Fraga-Lamas y otros, 2021).

Eficiencia de una línea de producción (Balanceo de línea).

Es importante resaltar esta parte ya que es fundamental tener una línea de producción para poder visualizar la eficiencia de la antes mencionada y poder tener una visión completa con el algoritmo., Como lo maneja Hernandez, (2019) el balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales de trabajo en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso.

En estos existen actualmente varios métodos para la línea de producción se presentará una breve definición y los métodos son:

- SMED

Esta herramienta se define como “es una herramienta de mejora sobradamente contrastada que permite reducir los tiempos de cambio de útiles, contribuyendo así al aumento de la flexibilidad, a la reducción de despilfarros, a la mejora de la productividad, etc.” (García, 2012).

- Kaizen

Barraza (2008) lo define como la mejora continua que es para cada hora de cada día, por parte de todos los empleados de la organización, en cualquier lugar de la empresa. Esta va desde mejoras insignificantes hasta mejoras en gran escala.

- KPIS

El autor Corral (2017) establece que funciona para elegir cual decisión es mejor en el caso cuando surgen distorsiones sobre un objetivo o valor u procesos y así mismo mejorar la eficiencia del mismo.

- Kanban

Acevedo Suárez (2001) lo define como una adición para lograr la producción Justo a tiempo –JIT.

- Gemba

“El gemba es un lugar donde el valor se cruza con la unidad (usuario, persona, cliente, transformación, etc.)”. (Socconini, 2019).

- Sistema de tracción

Los sistemas tracción son aquellos que se pueden implementar en la industria manufacturera, pero para tener una visión clara de este tema definamos que son los sistemas de tracción, Amán Morales, (2017) lo define como un sistema donde la demanda del producto final inicia el flujo de materiales a través de todo el sistema de producción. Se destaca el uso de “en tiempo real” para controlar el trabajo en los procesos y los inventarios.

- Poka-Yoke

Almazan (2015) establece que el poka-yoke proteger a los usuarios de equipos, procesos o procedimientos asociados de cualquier tipo de accidente que generaría costos si continuaran con el procesamiento, lo que resultaría en una producción deficiente de las piezas.

- Tak time

Cano (2015) establece que el Takt Time Determinar el ritmo al que se cumplen los requisitos del cliente y a quién debe entregar la empresa el producto final.

- Diagrama de tortuga

Murrja y otros (2021) lo definen como una herramienta visual que muestra todos los aspectos de un proceso, incluyendo insumos, resultados, criterios de medición y otra información importante que ayuda a mejorar la eficiencia de los procesos organizacionales.

### Algoritmo ABC

El algoritmo ABC (Colonia Artificial de Abejas) lo define como "un algoritmo basado en la conducta de un enjambre de abejas esté se convirtió en un algoritmo que principalmente se utiliza para la optimización numérica o adaptable a casos especiales" (Karaboga, 2005). La historia de este algoritmo es algo compleja, ya que su autor observó y comprendió el comportamiento de las abejas melíferas, el antes mencionado realizó un estudio y llegó a concluir que el comportamiento de las abejas melíferas era cíclico.

Dentro del enjambre hay muchas tareas de los cuales son delegadas a grupos dentro de este algoritmo existen 3 grupos de abejas:

- Abeja empleada: es la cual busca y recolecta la fuente de alimento.
- Abeja espectadora: Son las que esperan información y ven si se quedan en la actual fuente de

alimento o comienzan a explotar las otras fuentes de alimento.

- Abeja exploradora: Son las encargadas de buscar nuevas fuentes de alimento para en caso de fallar una fuente se tenga una nueva ubicación.

Este algoritmo se considera una estructura compleja, en este algoritmo cada solución puede ocurrir en los problemas que se consideran llamadas fuentes de alimentos y se muestran seleccionando N vector, mientras que la calidad de cada solución corresponde a la cantidad de néctares que tiene en la fuente de alimentación designada.

Al igual que otras técnicas basadas en inteligencia de enjambre, este es un proceso iterativo. El algoritmo comienza con un grupo de fuentes de alimentos generado aleatoriamente y recorre los pasos hasta que se cumplen los criterios.

En resumen este algoritmo lo que realiza es si es enviar las abejas empleadas a los distintos destinos u fuentes de alimento y se visualiza que tanto néctar está en las anteriormente mencionadas, posterior a eso, existen las abejas espectadoras que estas toman la decisión de la selección de la fuente de alimento óptima, contrastado con las abejas empleadas y por último se selecciona las abejas exploradoras y se envían de excursión a las abejas anteriormente mencionadas a posibles fuentes de alimento nuevas.

Posterior a esto el algoritmo utiliza las siguientes fórmulas como se muestra a continuación:

El primer paso de este algoritmo es la estipulación de indicadores, en este caso establecer las fuentes de alimento (SN), que es equivalente a las abejas empleadas, espectadoras y exploradoras. En este se establecerá al igual el número

de iteraciones a realizar antes de abandonar la fuente de alimento, son los límites y sus restricciones u criterio para finalizar.

Posteriormente, se establece una población, en esta se empieza con un SN de vectores estipulados con números reales con magnitud  $n$ , estos se producen aleatoriamente las fuentes de alimento como se muestra en la ecuación 1.

$$\text{Estando } X_j = [X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jn}]$$

Figura 1 Establecimiento de una población.

En el cual  $r$  es un número entre 0 y 1 donde se origina aleatoriamente por lo cual  $LB_j$  y  $UB_j$  son los límites inferior y superior de la dimensión  $j$  correspondientemente ilustrado en la ecuación 2.

$$X_{ij} = LB_j + (UB_j - LB_j) * r \quad \{para\} j = 1, 2, \dots, n \text{ e } i = 1, 2, \dots, SN$$

Figura 2 Limite superior e inferior del algoritmo ABC.

Recapitulando este algoritmo necesita de abejas empleadas donde  $X_i$  es encontrar nuevas fuentes de alimento y  $X_{New}$  es la posición actual del panal como se muestra en la ecuación 3.

$$X_{new(i)} = X_{ij} + (X_{ij} - X_{kj}) * r$$

Figura 3 Abejas empleadas

Donde  $k \in (1, 2, \dots, SN) \wedge k \neq i$  y  $j \in (1, 2, \dots, n)$  son índices designados aleatoriamente.  $r$  es un número real otorgado aleatoriamente en el intervalo  $[-1, 1]$ . Una vez que se consigue  $X_{new}$  y se valora y contrasta con  $X_i$ , con esto si el valor de  $X_{new}$  es mayor o igual que  $X_i$  y se convierte en uno más de la población, en caso contrario se seguirá manteniendo  $X_i$ .

Como se mencionó las abejas espectadoras evalúan el volumen de néctar de las abejas trabajadoras y eligen una fuente de alimento, en función de su valor de probabilidad calculado mediante la siguiente ecuación 4.

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{SN} f_i}$$

En esta  $f_i$  es la cantidad de néctar que se encuentra en las fuentes de alimentos". Se puede Figura 4 Abejas espectadoras

ver que cuanto mayor sea el valor de  $f_i$  mayor será la capacidad de elegir la fuente. Por último, están las abejas exploradoras que cuando consideran que la fuente de alimento no puede ser óptima para el "panal" se cambian de abejas empleadas a abeja exploradora, en este las abejas exploradoras "buscan un nuevo alimento con la ecuación 5.

$$\text{VarMin}=30;$$

$$\text{VarMax}= 150;$$

$$X_{ij} = LB_j + (UB_j - LB_j) * r \quad \{para\} j = 1, 2, \dots, n$$

$$nPop=10;$$

Figura 5 Abejas exploradoras

Para poder llevar a cabo este caso ilustrativo se requiere un programa llamado Matlab, este no es más que un programa de comandos que permite realizar ciertos cálculos para cálculos matemáticos.

## Materiales y métodos

Se utilizó como referencia para la comparación de este estudio de flujo de operaciones sobre celdas de manufactura con métodos de inventario, en este se utilizaba los algoritmos estacionarios y el de recocido simulado (referencia). Este presente documento se contrasto con el nuevo estudio del algoritmo ABC en este se involucra el programa MATLAB®, en este se ingresó el algoritmo ABC, para la realización de el caso de estudio y su posterior resultado.

A continuación, se presentará un análisis comparativo acerca de dos métodos heurísticos, es acerca del algoritmo estacionario contra el código ABC, los datos fueron extraídos y fue-

ron los siguientes:

VarMin=15;	VarMin=20;	VarMin=20;	VarMin=20;	VarMin=30;	VarMin=30;
VarMax=40;	VarMax=40;	VarMax=80;	VarMax=120;	VarMax=120;	VarMax=150;
MaxIt=30;	MaxIt=30;	MaxIt=30;	MaxIt=30;	MaxIt=30;	MaxIt=30;
nPop=10;	nPop=10;	nPop=10;	nPop=10;	nPop=10;	nPop=10;

### Algoritmo estacionario

Son aquellos que se basan en la sistematización de él orden natural y la genética para encontrar una población inicial para una mejor optimización del espacio. El código utilizado para la comparación fue tomado de (Rossit D. A., 2020) y (Nebro y Durillo, 2013).

Principalmente, con los datos dados en la parte superior, se creó un análisis del experimento, donde se basó que cada cliente puede conformar su producto o gestionarlo de la manera que se tengan distintas visiones de cómo llevarlo un ejemplo es el siguiente:

La parametrización se realizó con un análisis estadístico variando tres parámetros principales: tamaño de la población 10, con valores 15y 20, probabilidad de 0.05 y probabilidad de mutación pagsmetro. Los valores considerados número máximo de evaluaciones utilizadas para la parametrización fueron de 30 iteraciones.

Posterior a esto se establecieron los parámetros como se muestra a continuación:

La primera librería se usa para la base del algoritmo, así como se especifica en la base del algoritmo genético import jmetal base.

La segunda librería es la importación del algoritmo en sí, ya que esta viene el problema en específico a resolver como se muestra en la importación del problema import problems Kursawe.

Ya instaladas las librerías, se utilizará los siguientes parámetros que son cruciales para el desarrollo de este, aquí el usuario agregara los

datos pertinentes como se muestra en la parámetros: public class Nsgall\_Main, public static void main (String [] args), Problem problema; The problem to solve, Algorithm algorithm; The algorithm to use, Operator crossover; Crossover operator, Operator mutation; Mutation operator, Operator selection; Selection operator, Posteriormente hablando del código empezamos a definir la variable, en este caso se adecua al problema como se muestra en la definición de variables problema = new kursawe (3, "Real").

Por último, se agregará la última variable que esta no es más que para mandar a llamar a él algoritmo en si para realizar su función como se muestra en la llamado del algoritmo algorithm=new nsgall (problema).

Se creará una función con la cual en el algoritmo llamaremos a los parámetros de la población e iteraciones.

#### PARÁMETROS DE POBLACIÓN E ITERACIONES

```
Algorithm.setInputParameter("populationSize" ,100)\
Algorithm.setInputParameter("maxEvaluations" ,25000)
```

Después del llamado de los parámetros en el algoritmo, se definirá las siguientes funciones para definir la probabilidad y distribución del algoritmo.

#### PARÁMETROS DE PROBABILIDAD Y DISTRIBUCION

```
Crossover= CrossoverFactory.getCrossoverOperator("SBXCrossover")\
crossover.setParameter("probability" , 0.9)\
crossover.setParameter("distributionIndex" , 20.0)\
```

Una vez ya definido las funciones se hacen un arreglo para delimitar el orden y repeticiones del algoritmo.



PARÁMETROS DE PERMUTACIÓN Y PROBABILIDAD

```
mutation=MutationFactory.getCrossoverOperator("PolynomialMutation")
mutation.setParameter("probability", 1.0, problema.getNumberofVariables)
mutation.setParameter("distributionIndex", 20.0)
```

Posteriormente resolverse hace las operaciones de las funciones con el arreglo para la resolución de dicho problema.

RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

```
selection= new BinaryTournament()
algorithm.addOperator("crossover", crossover)
algorithm.addOperator("mutation", mutation)
algorithm.addOperator("selection", selection)
```

Por último, se agregará la solución y los gráficos pertinentes, ejemplificación del código.

SOLUCIÓN Y GRÁFICOS

```
SolutionSet      paretoFront      =
Algorithm.execute()
paretoFront.printObjectivesToFile("VAR")
paretoFront.printObjectivesToFile("FUN")
```

Esta explicación son las partes que componen el algoritmo estacionario, los datos obtenidos arriba se llenarían los espacios correspondientes sujetos a estas condiciones y parámetros que se muestran en la explicación antes mencionada. Esto nos permite tener un control de ello e interpretar los resultados más rápido con los gráficos ya que están vaciado los datos que se necesitan alrededor del caso a experimentar.

**Experimentación Algoritmo ABC**

Como se implementaba en ciertos temas anteriormente mencionados el algoritmo ABC no es más que un ayudante a problemas de optimización, en este problema en cuestión utilizando los datos existentes.

El presente algoritmo se trabajó en la plataforma de Matlab, para una comprensión más fácil y se presentó de la siguiente manera como la Figura1.

```
%% Definición del problema
CostFunction=@(x) Sphere(x); % función de costo
nVar=5; % Número de variables de decisión
VarSize=[1 nVar]; % Variables de decisión Tamaño de matriz
VarMin=100; % Variables de decisión Limite inferior
VarMax= 200; % Variables de decisión Limite superior
%% ABC Settings
MaxIt=5000; % Número máximo de iteraciones
nPop=100; % Tamaño de la población (Tamaño de la colonia)
nOnlooker=nPop; % Número de abejas espectadoras
L=round(0.5*nVar*nPop); % Parámetro de limite de abandono (limite de prueba)
a=1; %Limite superior del coeficiente de aceleración
%% Initialization
% Estructura de abeja variable
empty_bee.Position=[];
empty_bee.Cost=1;
```

Figura 6 Algoritmo ABC Fuente: Elaboración propia

**Explicación del código ABC**

Primeramente, en este se definieron los datos del problema, que en este se definieron el tamaño de matriz, variables, limites, función costo y variables de decisión, etc como se muestra en la tabla supliendo los valores (Tabla XI).

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

```
%% Definición del problema
ConstFunction=@(x) Sphere(x)
%función de costo
nVar=1; % Variables de decisión
VarSize=[1 nVar]; %Variables de decisión
Tamaño matriz
VarMin=15; %Variables de decisión Límite inferior
VarMax= 20; %Variables de decisión Límite superior
```

Posterior al paso anterior, en este se llenan los datos correspondientes del algoritmo ABC, en este se definen las iteraciones, la población, abejas espectadoras, límite de la prueba y el coeficiente de aceleración se adjunta en la tabla XII.

## DEFINICIÓN DEL ALGORITMO ABC

```
%%ABC Settings

MaxIt=30;      %Número de iteraciones
nPop=10;      %Tamaño de la población (Tamaño de la
colonia)

nOnlooker|=nPop; %Número de abejas espectadoras
L=round(0.5*nVar*mPop); % Parámetro de límite de abandono
(límite de prueba)

a=1;          %Límite superior del coeficiente de aceleración
```

Por consecuente se tienen que realizar una inicialización donde da la "la fuente de alimento", se inicia la matriz de población y se inicia el algoritmo de la mejor solución, se crea la población inicial, contador de cuando se deja esa fuente de alimento y por último la matriz para mantener los mejores valores adosados en la.

## INICIALIZACIÓN DEL ALGORITMO ABC

```
%%Initialization
%Estructura de abeja vacía
empty_bee.Position=[];
empty_bee.Cost=[];
%Inicializar matriz de población
pop=repmat (empty_bee, nPop,1);
%Inicializar la mejor solución jamás encontrada
Betsol.Cost=inf;
%Crear población inicial
For i= 1:nPop;
Pop(i).Position=unifrd(VarMin, VarMax, VarSize);
Pop(i).Cost=CostFunction(Pop(i).position);
If Pop(i).Cost<=BestSolt.Cost;
BestSolt=Pop(i)
end
end
%Contador de abandono
C=zeros(nPop,1);
%Mátriz para mantener los mejores valores de costo
BestCost=zeros(MaxIt,1);
```

Posterior a la inicialización se encuentra el bucle del algoritmo donde encontramos lo de las abejas espectadoras, reclutadas y las abejas exploradoras. En esta etapa del algoritmo se realizará el proceso de selección de fuente de alimento, donde las abejas exploradoras empiezan a buscar nuevas fuentes de alimento, la abeja espectadora son las que transmiten la información y se toma la decisión si se queda en esa fuente de alimento o se busca otra y la abeja empleadas son las que recolectan los datos y busca la fuente de alimento más favorable para la decisión.

## BUCLE ALGORITMO ABC

```
% Abejas exploradoras
for i=1:nPop;
if C(i)>=L
Pop(i)_Position=unifrd(VarMin, VarMax, VarSize);
Pop(i).Cost=CostFunction(Pop(i).position);
C(i)=0
end
end
% Abejas exploradoras
For m=1:nOnlooker
% Abejas empleadas
```

Por último, se manejan la impresión de resultados y sus posteriores gráficas.

## RESULTADO E IMPRESIÓN DE GRÁFICA ALGORITMO ABC

```
%%Resultados
%plot(BestCost, 'LineWidth', 2);
bar(BestCost, 'LineWidth', 2);
xlabel('Iteration');
ylabel('Best Cost');
grid on
```

## Resultados

Posterior a toda esta comparación se obtuvieron los resultados de la comparación del algoritmo estacionario contra el algoritmo ABC, en estos fueron los siguientes resultados.

### Resultados algoritmo estacionario

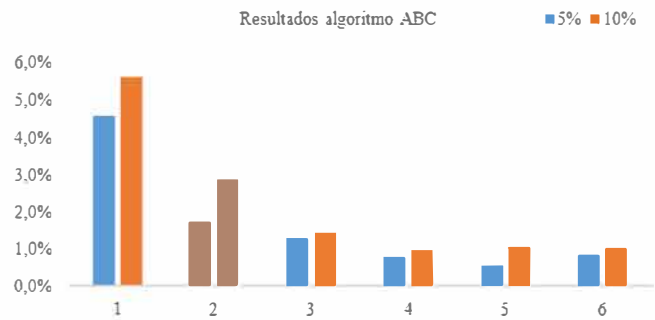
Con los objetivos planteados en el capítulo de metodología, en el presente artículo utilizado se observó que un flujo de operaciones no puede ser siempre perfectos o no tener faltantes ya que esto se es imposible, por esto el método planteado de algoritmo estacionario se planteó que tuviera faltantes para tener un caso actualizado a la industria 4.0.

Se observa entre más sea grande la probabilidad de que exista una probabilidad del 10% se tendrá que el flujo de operaciones tendrá mayor demoras y mucho mayor índice de riesgo, mientras tanto el 5% de probabilidad con operaciones faltantes se aprecia que tiene un menor índice de retrasos y es favorable para operaciones grandes como en el caso que se observa en el algoritmo propuesto de (Rossit et al., 2020) y (Nebro y Durillo, 2013), así mismo se concluye que este algoritmo es más estable en sus dos presentaciones.

### Resultados algoritmo ABC

Se obtuvieron los resultados de este algoritmo con operaciones faltantes, en esta se obtuvo que el algoritmo tiene una deficiencia y no alcanzaba los estándares propuestos y a su vez una inestabilidad como se observa en la Figura 3. Por lo cual no se cumple el objetivo del presente análisis. En este se vio 6 experimentos que fueron los siguientes:

1, -(15,40), 2. -(20,40) ,3. -(20,80) ,4. -(20,120) ,5. -(30,120) ,6. -(30,150)



Grafica 1 Resultados Algoritmo ABC

Fuente: Elaboración propia

## Conclusión

En base a la investigación realizada se concluye que el algoritmo ABC se pudo evaluar las diferentes alternativas propuestas en este caso de estudio, se determinó que se debía de elegir la opción más factible. Para este problema se concluyó que el algoritmo estacionario será la mejor opción para ello, ya que mostraba una estabilidad en pedidos grandes (30,150), contrastándolo contra el algoritmo ABC. En el algoritmo ABC existe una eficiencia mayor, pero no hay estabilidad de este, por lo cual se recomienda la utilización del algoritmo estacionario.

Al haber realizado este artículo comparativo, enfocado con el método ABC, se demostró que es un método sencillo pero laborioso, ya que este se tiene que pasar por demasiados filtros para llegar al resultado solicitado.

## Referencias

- Acevedo Suárez, J. A. (2001). Gestión de la cadena de suministro. Centro de estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y laboratorio de Logística y Gestión de la producción (LOGESPRO). <https://scholar.google.com/citations?user=Un4Hj-YEAAAAJ&hl=es>
- Almazan, B., Osuna, S., Valdez, K., & Cotilla, I (2015). Poka Yoke. Técnica de calidad para la mejora continua [en línea]. Gestio-polis: <http://www.gestio-polis.com/poka-yoke-tecnica-de-calidad-para-la-mejora-continua>.
- Amán Morales, R. J. (2017). Estrategia de manufactura para el control de la producción en el área de lavado y teñido de la Fábrica Ram Jeans. Estrategia de manufactura para el control de la producción en el área de lavado y teñido de la Fábrica Ram Jeans. [Tesis de Pregrado, Universidad técnica de Ambato]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25706/1/Tesis\\_t1253id.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25706/1/Tesis_t1253id.pdf)
- Antonio, E. R. (2018). Industria 5.0. Logicbus SA de CV, 1-3. <https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/Industria-5.0.pdf>
- Bajic, B. R. (2020). Industry 4.0 implementation challenges and opportunities: A managerial perspective. *IEEE Systems Journal*, 546-559. <https://www.semanticscholar.org/paper/Industry-4.0-Implementation-Challenges-and-A-Baji%28Rikalovic/ef310b0e7f5d2fd7ccbeb62c73063864b0afa4ea>
- Suarez-Barraza, M. F., & Miguel- Dávila, J.A., (2008). Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua. *Pecvnia: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de León*, (7), 285-311. <https://doi.org/10.18002/pec.v0i7.696>
- Martínez Zapata, M. Ángel, & Colorado Cano, J. G. (2015). Takt Time, el corazón de la producción. *Vía Innova*, 2(1), 60-62. <https://doi.org/10.23850/2422068X.390>
- Corral, R. (2017). KPIs útiles. Diseña indicadores operativos que realmente sirvan para mejorar. 1-209.
- Fraga-Lamas, P. Varela-Barbeito, J., & Fernandez-Carames, T. M., (2021). Next Generation Auto-Identification and Traceability Technologies for Industry 5.0: A Methodology and Practical Use Case for the Shipbuilding Industry. *IEEE Access*. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9568924>
- Gil-García, M. Á. (2012). Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED. *Técnica industrial*, 46-54. <https://www.tecnicaindustrial.es/definicion-de-una-metodologia-para-una-aplicacion/>
- Griffiths, F. & Ooi Melanie (2018). The fourth industrial revolution-Industry 4.0 and IoT [Trends in Future I&M. *IEEE instrumentation & measurement magazine*, 29-43. [https://www.researchgate.net/publication/345504807\\_The\\_fourth\\_industrial\\_revolution\\_-\\_Industry\\_40\\_and\\_IoT\\_Trends\\_in\\_Future\\_IM](https://www.researchgate.net/publication/345504807_The_fourth_industrial_revolution_-_Industry_40_and_IoT_Trends_in_Future_IM)
- Guo, D., Li, M., Lyu, Kang, K (2021). Synchronization in industry 4.0 manufacturing. *International journal of production economics*, 238. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092552732100147X>
- Hernandez, J. Z. (2019). Balanceo de líneas. <https://pdfcoffee.com/balanceo-de-lineas-14-pdf-free.html#J.+Zamudio+Hernandez>
- Karaboga, D. (2005). An idea based on honey bee swarm for numerical optimization. <https://www.semanticscholar.org/pa>

per/AN-IDEA-BASED-ON-HONEY-BEE-SWARM-FOR-NUMERICAL-Karaboga/cf20e34a1402a115523910d2a4243929f6704db1

Montenegro, G. A. (2007). Sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID). Nuevas Tecnologías (2) <https://docplayer.es/17670510-Sistema-de-identificacion-por-radiofrecuencia-rfid.html>

Murrja, A., Maluku, S., & Meco, M. (2021). "Turtle Diagram" as a Tool of Forecasting in the Management of Production Risk in Agriculture-Literature Review. [https://www.researchgate.net/publication/353211186\\_Turtle\\_Diagram\\_as\\_a\\_Tool\\_of\\_Forecasting\\_in\\_the\\_Management\\_of\\_Production\\_Risk\\_in\\_Agriculture\\_-\\_Literature\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/353211186_Turtle_Diagram_as_a_Tool_of_Forecasting_in_the_Management_of_Production_Risk_in_Agriculture_-_Literature_Review)

Nebro, A. J., & Durillo, J. J. (2013). Jmetal 4.3 User Manual. <http://jmetal.sourceforge.net/resources/jMetalUserManual43.pdf>

Raut, R. D. Gotmare, B.E. Narkhede, U.H. Govindarajan & Bokade, S.U (2020). Enabling technologies for Industry 4.0 manufacturing and supply chain: concepts, current status, and adoption challenges. *IEEE Engineering Management Review*, 48 (2), 83-102. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9069488>

Rengifo García, E. (2013). Computación En La Nube. *La Propiedad Inmaterial*.17, 223-245 <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/propin/article/view/3587>

Rossit, D. A., Toncovich, A.A, Rossit, D.G & Nesmachnow, S (2020). Solving a flow shop scheduling problem with missing operations in an Industry 4.0 production environment.

Rossit, D. A., Toncovich, A., A., R. D., & Nesmachnow, S. (2020). Solving a flow shop scheduling problem with missing operations in an Industry 4.0 production en-

vironment. *Journal of Project Management*, 33-44. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/127869>

Socconini, L. (2019). Lean manufacturing. Pasó a paso. Marge books. <https://todo-proyecto.files.wordpress.com/2020/08/lean-manufacturing-paso-a-paso-socconini-1ed.pdf-c2b7-version-1.pdf>

Weber, R. H. (2010). Internet of Things–New security and privacy challenges. *Computer law & security review*, 26 (1) 23-30. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267364909001939>

Yarpiz. (20122). Artificial Bee Colony (ABC) in MATLAB. MATLAB Central File Exchange: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/52966-artificial-bee-colony-abc-in-matlab>