



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

**FACULTAD:
CIENCIAS DE LA INGENIERIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN DE GRADO O DE FIN DE
CARRERA (DE CARÁCTER COMPLEXIVO)
INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**

**TEMA:
METAHEURISTICAS APLICADAS A LA SECUENCIACIÓN DE
PRODUCCIÓN EN UN TALLER DE FLUJO (FLOW-SHOP).
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

**Autores:
POAQUIZA POAQUIZA HIPOLITO EDUARDO
LINDAO FIGUEROA ANDRÉS LUIS**

**Tutor:
MSC. JUAN JOSÉ PAREDES QUEVEDO**

**Milagro, Diciembre 2018
ECUADOR**

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Poaquiza Poaquiza Hipolito Eduardo** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la propuesta práctica de la alternativa de Titulación – Examen Complexivo: Investigación Documental, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la propuesta practica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación **"DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVO Y LOGISTICOS"** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 5 días del mes de Diciembre de 2018

Hipolito Poaquiza

Firma del Estudiante

Poaquiza Poaquiza Hipolito Eduardo

CI: 094131742-2

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

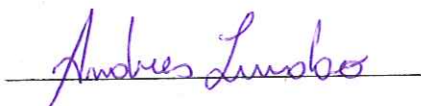
Presente.

Yo, **Lindao Figueroa Andrés Luis** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la propuesta práctica de la alternativa de Titulación – Examen Complexivo: Investigación Documental, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la propuesta practica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación "**DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVO Y LOGISTICOS**" de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 5 días del mes de Diciembre de 2018



Firma del Estudiante

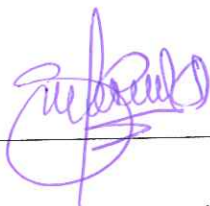
Lindao Figueroa Andrés Luis

CI: 0940161649

APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Yo, Juan José Paredes Quevedo en mi calidad de tutor de la Investigación Documental como Propuesta práctica del Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo), elaborado por los estudiantes Lindao Figueroa Andrés Luis y Poaquiza Poaquiza Hipolito Eduardo, cuyo tema de trabajo de Titulación es **Meta-Heurísticas aplicada a la secuenciación de Flow Shop**, que aporta a la Línea de Investigación **"Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos"** previo a la obtención del Grado **Ingeniero Industrial**; trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de del Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo) de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 5 días del mes de diciembre de 2018.



Paredes Quevedo Juan José
Tutor
C.I.: 0705192045

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Msc. PAREDES QUEVEDO JUAN JOSÉ

Msc. AVILES NOLES MANUEL ANDRES

Msc. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRÉS

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta practica, previo a la obtención del título (o grado académico) de Ingeniero Industrial presentado por el señor Lindao Figueroa Andrés Luis.

Con el tema de trabajo de Titulación: METAHEURISTICAS APLICADAS A LA SECUENCIACIÓN DE PRODUCCIÓN EN UN TALLER DE FLUJO (FLOW-SHOP). REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

Investigación documental	[80]
Defensa oral	[10]
Total	[90]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) APROBADO

Fecha: 5 de diciembre del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Msc. PAREDES QUEVEDO JUAN JOSÉ	
Secretario	Msc. AVILES NOLES MANUEL ANDRES	
Integrante	Msc. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRÉS	

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Msc. PAREDES QUEVEDO JUAN JOSÉ

Msc. AVILES NOLES MANUEL ANDRES

Msc. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRÉS

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta practica, previo a la obtención del título (o grado académico) de Ingeniero Industrial presentado por el señor Poaquiza Poaquiza Hipolito Eduardo.

Con el tema de trabajo de Titulación: METAHEURISTICAS APLICADAS A LA SECUENCIACIÓN DE PRODUCCIÓN EN UN TALLER DE FLUJO (FLOW-SHOP).
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

Investigación documental	[80]
Defensa oral	[10]
Total	[90]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) APROBADO

Fecha: 5 de diciembre del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Msc. PAREDES QUEVEDO JUAN JOSÉ	
Secretario	Msc. AVILES NOLES MANUEL ANDRÉS	
Integrante	Msc. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRÉS	

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos a Dios y a nuestros Padres por el deseo de superación y amor que nos han brindado cada día en que han sabido guiar nuestras vidas por el sendero de la verdad a fin de poder honrar a nuestras familias con los conocimientos adquiridos, brindándonos el futuro de sus esfuerzos y sacrificios por ofrecernos un día mejor que el anterior

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos a nuestros familiares y formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarnos a llegar al punto en el que nos encontramos.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirnos su sabiduría, conocimiento y dedicación que los han regido, hemos logrado importantes objetivos, como culminar esta etapa de nuestras vidas con éxitos y obtener una afable titulación profesional.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	iv
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	8
METODOLOGÍA	20
DESARROLLO DEL TEMA	23
CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	20
FIGURA 2. ARTÍCULOS PUBLICADOS DE META-HEURÍSTICA	25
FIGURA 3. ARTÍCULOS META-HEURÍSTICOS PUBLICADOS POR PAÍS	26
FIGURA 4. ARTÍCULOS PUBLICADOS DE ALGORITMOS	27
FIGURA 5. ARTÍCULOS DE ALGORITMOS PUBLICADOS POR PAÍS	28
FIGURA 6 PORCENTAJE DE ALGORITMO META-HEURÍSTICOS	29

TITULO: META-HEURISTICAS APLICADA A LA SECUENCIACION DE FLOW SHOP

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se pretende analizar y señalar la importancia que están teniendo los algoritmos desde el año 2010 hasta el día de hoy, ya que se sabe que desde años atrás el principal problema de las empresas de producción ha sido la reducción del tiempo del flow shop, debido que al reducir el tiempo de producción, se reduce el tiempo en el que los pedidos sean entregados satisfactoriamente, y de esta manera consiguiendo hacerse fuerte y apta para poder mantenerse en un mercado muy competitivo, Pero debido a que se suelen presentar nuevos problemas los algoritmos anteriores no serían tan eficientes al aportar sus posibles soluciones que le puedan hacer frente a esta situación. es por eso que se diseñaron nuevos métodos aproximados, los cuales son comúnmente conocidos como los Heurísticos, diseñados para encontrar el óptimo local de la solución de un problema, generalmente se recurre a esta metodología cuando el método aplicado es lento para dar solución óptima, existen limitaciones del tiempo, o no se ha definido un método exacto de resolución.

Por otro lado, tiempo después surgió una metodología mucho más potente conocidos como los Meta-Heurísticos, metodología más potente y específica para encontrar el óptimo global de las soluciones, que en primera instancia se creía que iba a desechar a la metodología Heurística, pero no ha sido así. Esto se debe a la necesidad de primero aplicar la metodología Heurística, y luego la Meta-Heurística, para tener soluciones con mejor eficiencia. La aplicación correcta de esta metodología representa una gran ayuda para las empresas en el aspecto económico, ya que se están optimizando recursos y tiempo. Debido a esto, es que se lo llevó a cabo el análisis de las Meta-Heurística aplicadas en distintas investigaciones de la base de datos académica, tales como es Scielo.

PALABRAS CLAVE: Meta-Heurística, Flow Shop, Algoritmo.

TITLE: META-HEURISTIC APPLIED TO THE SEQUENCING OF FLOW SHOP

ABSTRACT

This research work aims to analyze and point out the importance that algorithms are having from 2010 to today, since it is known that since years ago the main problem of production companies has been the reduction of flow shop time, due to reducing production time, it reduces the time in which the orders are delivered satisfactorily, and in this way managing to become strong and apt to be able to maintain itself in a very competitive market, But due to the fact that new problems are usually presented the previous logarithms would not be so efficient when contributing their possible solutions that can face this situation. that's why new approximate methods were designed, which are commonly known as Heuristics, designed to find the optimal local solution to a problem, generally resorts to this methodology when the method applied is slow to give optimal solution, there are time constraints, or no exact method of resolution has been defined.

On the other hand, sometime later a much more powerful methodology emerged, known as Heuristic-goal, a more powerful and specific methodology to find the optimal global solutions, which in the first instance was believed to discard the Heuristic methodology, but this has not been the case. This is due to the need to first apply the Heuristic methodology, and then the Heuristic-goal, to have solutions with better efficiency. The correct application of this methodology represents a great help for the companies in the economic aspect, since resources and time are being optimized. And because of this, is that it was carried out the analysis of Heuristic-goal applied in various researches of the academic database Scielo and Google Academic.

KEY WORDS: Meta-heuristic, Flow Shop, Algorithm.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo analizaremos la metodología Meta-Heurística y la diversidad de algoritmos que estos conllevan, debido que en la actualidad las empresas se ven obligadas en hacer mejoras para poder mantenerse en el mercado, razón por la cual deberían poder ser flexibles, asumir de buena manera los cambios que se podrían presentar y emplear todo tipo de herramientas nuevas, esto se lo hace con el objetivo de aumentar la eficiencia en sus procesos productivos, y así poder satisfacer día a día las necesidades de un mercado que cada día se pone más competitivo. Debido que las empresas, en especial las que son de producción se encuentran en este escenario, se ven en la obligación de averiguar la forma óptima en que las empresas puedan programar las tareas, de tal manera que se reduzcan el tiempo que se lleva a cabo la fabricación de productos, y conseguir un mejor uso de los recursos

En la búsqueda de encontrar métodos para optimizar el tiempo de culminar un proceso, y crecer hasta hacerse una empresa potencialmente competitiva, se vienen diseñando nuevos algoritmos con el propósito de resolver problemas que antes no se los podían resolver, y se los omitían.

Por esa razón que en este trabajo se analizara las distintas investigaciones de la base de datos científica Scielo y en Google Académico y mostrar la importancia que estos están teniendo a lo largo de los últimos 8 años, junto con los países más aportan en las investigaciones referentes a las Meta-Heurísticas que se aplica en una secuenciación de Flow Shop

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Tenemos como inconveniente que la línea de flujo consta de un grupo de trabajos a los que se les deben procesar mediante un grupo de máquinas, se debe procesar cada trabajo secuencialmente en cada máquina, desde la primera hasta llegar a la última máquina.

Se asume de que no contamos con un límite de tiempo para las entregas, también se considera que inicialmente cada tarea la tenemos disponible. El sistema tiene restricciones tecnológicas, las cuales son que una maquina no puede llevar a cabo más de un trabajo a la vez. Todo esto se lo hace con el objetivo de encontrar una permutación o secuencia de las tareas que nos ayude a reducir el tiempo del último trabajo en la secuencia (Ríos Mercado & Bard, 2000). Y así aprovechar al máximo los recursos con los que se cuenta.

(Jiménez Morales, 2012) Menciona que este tipo de problemas se lo puede solucionar al implementar una metodología nueva que permita reducir el total del tiempo requerido para llevar a cabo todos los trabajos. Y esto representa una gran ventaja con sus competencias en el mercado, debido a que esta situación influye de manera directa a la asignación del precio final, también tiene la ventaja de que a la empresa se la mantenga siempre atentos para usar las nuevas herramientas que les ayudara a hacer más fácil su continua gestión, tomar decisiones inmediatas y muy efectivas, debido a que el tiempo es muy corto en el que las empresas puedan seleccionar una opción entres varias, y esto lo hace arriesgado seleccionar la opción correcta. Para esto se debe hacer uso de herramientas que nos den respuestas rápidas.

Nos sería de mucha ayuda el diseño de nuevos algoritmos que cada vez aumente su eficiencia para solucionar los problemas complicados, podrían ser los problemas de optimización tanto como los problemas de búsqueda. Esto ha sido habitualmente uno de las características de más relevancia en la investigación informática, este campo tiene como objetivo minimizar el esfuerzo computacional al generar nuevas maneras de solucionar los problemas complejos, y así mejorar los algoritmos con los que se cuentan. Resulta que gracias a esto no solo nos estaría facilitando a solucionar los problemas actuales de una manera más eficiente, sino también es de mucha utilidad solucionar tareas dejadas en el olvido debido a que su coste computacional era muy elevado. Estos algoritmos se encuentran en constante crecimiento de manera muy notoria en lo que se refiere a las investigaciones de algoritmos exactos, tanto como en los algoritmos Meta-heurísticos y en los Heurísticos *ad y hoc* (algoritmos exactos y su función principal es solucionar inconvenientes que se presenten). La razón de que los algoritmos se encuentren en constante crecimiento se debe a que constantemente se debe hacerle frente a nuevos inconvenientes que se presentan a la Ingeniería, y también en gran parte al avance tecnológico, ya que nos permite contar con recursos más avanzados, como ordenadores de última generación, facilidad de internet rápida, y redes más eficientes (Chicano G, 2007).

.

1.1 Objetivo General:

Analizar sistemáticamente los aportes realizados en la comunidad científica, recopilando todo tipo de información necesaria acerca de varios algoritmos meta-heurísticos que son implementados en talleres de flujos (flow shop), para poder mostrar las diversas características, métodos y ventajas de los estudios acerca de algoritmos en los últimos 8 años.

1.2 Objetivos Específicos:

- Identificar los tipos de flow shop.
- Destacar las ventajas y características del flow shop
- Identificar la relevancia de los modelos meta-heurísticos.
- Analizar los modelos meta-heurísticos que son utilizados en los flow shop

1.3 Justificación:

Ante los problemas que se presentan a menudo en las empresas de producción para encontrar maneras de reducir lo menor posibles el tiempo total de sus tareas, si quieren mantenerse competitivas, se ven obligadas al análisis y diseños de nuevos algoritmos, de los cuales hoy en día se puede encontrar la funcionalidad y eficacia de cada uno de estos plasmado en investigaciones en una base de datos científica. Es de mucha relevancia ya que nos sirve de referencia acerca del algoritmo tenga mejor funcionalidad para quienes lo requieren.

La presente investigación surge de la necesidad de mejorar los problemas de secuenciación de tareas, con el propósito de analizar una base de datos científica e identificar la diversidad de características de los algoritmos, de los cuales se podría tomar como proyección.

Esta investigación trata de fomentar a los lectores la importancia que tienen los avances en los diseños de nuevos algoritmos, y mostrar sus beneficios.

Dada las circunstancias de los problemas en los tiempos de producción, esto sirve para observar la importancia que tiene aplicar flow shop si es que la empresa se quiere mantener viva en el mercado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Flow Shop

Definición:

(Jiménez Morales, 2012, pág. 13) Para hacer referencia al flow shop, se refiere como:

Problema de secuenciación de tareas en sistemas de producción lineal que consiste en programar la secuencia de procesamiento de N tareas en M máquinas de tal forma que se optimice alguna medida de efectividad como por ejemplo minimizar el tiempo total requerido para terminar todas las tareas (*makespan*). El caso más general de este problema considera que todas las tareas deben ser procesadas en el mismo orden en cada máquina (p.13).

2.1.1. Tipos de Flow Shop

Flow Shop Híbrido: Forma parte de las soluciones en las operaciones computacionales se las define de la siguiente manera:

Hybrid Flow Shop (HFS, por sus siglas en inglés), tiene como objetivo determinar de forma adecuada la secuencia y asignación de un conjunto de tareas a un conjunto de m máquinas para lograr optimizar una función en particular; dicha función considerada por lo general es el *makespan* o la cantidad de trabajos tardíos. En este problema se considera que los trabajos tienen el mismo orden de procesamiento y el

flujo del proceso es unidireccional (Garavito Hernández, Peña Tibaduiza, Perez Figueredo, & Moratto Chimenty, 2017, pág. 11).

Además, se caracteriza por ser un proceso en la línea de producción, y se lo conoce por lo menos en una de sus fases intervienen dos máquinas paralelas en sus proceso (Antero-Marín, Giraldo García, & Castrillón Gómez, 2014).

Flow Shop Flexible:

Consideramos el problema de la programación de talleres de flujo flexible de varias etapas con máquinas paralelas uniformes en cada etapa y el objetivo de minimizar el enganche. Desarrollamos una clase general de heurísticas para este problema fuertemente NP-duro que se extiende a varias heurísticas conocidas para el problema de la tienda de flujo en serie incrustado correspondiente, y obtenemos garantías de rendimiento absolutas para las heurísticas de esta clase basándose en garantías de rendimiento absolutas similares para los correspondientes tienda de flujo en serie (Kyparisis & Koulamas, 2006).

Flow Shop Híbrido Flexible: (Zandieh, Mozaffari, & Gholami, 2010) citado por (Arango Marín) lo define brevemente:

“Cuando en un Flow Shop Híbrido, hay trabajos que pueden omitir al menos una de las etapas del proceso, la configuración se dice que es flexible, configurando por lo tanto un Flow Shop Híbrido Flexible” (p.24). con lo cual se hace referencia que aquí los procesos durante su procesamiento pueden saltarse más de una etapa, en otras palabras, se dice que no es necesario que todos los trabajos tienen que pasar por todas las etapas del proceso.

El Flow Shop Permutacional: Analizado por (Jiménez Morales, 2012), nos presenta característica:

Flow shop permutacional o problema de secuenciación de tareas de producción lineal consiste en programar de forma óptima un conjunto de N tareas en M máquinas, considerando que todas las tareas tienen el mismo orden de procesamiento, los tiempos de ejecución varían según la etapa que sea visitada, no se consideran tiempos de ajuste de las máquinas entre un trabajo y otro, y los trabajos no pueden ser interrumpidos.

De acuerdo al ambiente de las máquinas se puede dar que el problema tenga una sola máquina, máquinas en paralelo, talleres de producción continua, producción intermitente y talleres abiertos

2.1.2. Características

Producto en volúmenes altos: Esto se debe a la alta producción en masa, esto involucra que sus procesos tienen una escasa variación de producto, esto es importante para que las empresas de manera eficiente puedan alcanzar las economías de escalas

Producto con poca variedad: Sus productos en la producción tienen en particular su estandarización y eso conlleva a una escasa variación de productos para que la producción sea masiva.

Equipamiento de propósito específico: Está relacionada directamente con la baja variedad del producto, esto conlleva a establecer más barreras a las salidas si llegase a ser necesario vender los activos fijos.

Trabajadores con pocas capacitaciones: Sus procesos al ser estandarizados, son muy repetitivos, los conocimientos para desempeñar esta labor se vuelven de fácil aprendizaje y una disminución de capacitaciones

Disminución del valor o costo de la materia prima con respecto a del producto: Al igual que los inventarios de los productos (WIP) y bajos con respecto a la salida (output).

Make to Stock: Se puede decir que muy importante realizar un Pronóstico de la demanda lo cual ayuda a estimar la cantidad de producción puesto que también se fabrica un porcentaje del producto final para ser almacenado y así poder enfrentar a la sobre demanda de producto con mayor rapidez y eficiente que un proceso de Job Shop

Programación simple: Debido a la estandarización del proceso y el énfasis en el volumen de producción, se debe fijar una tasa de salida ad-hoc a los pronósticos de ventas.

2.1.3. Ventajas

Una de las principales ventajas es que su enfoque es externo, esto lo podemos interpretar como los beneficios acordes a la personalización del producto basado en un enfoque al proceso.

También se debe considera otras ventajas como las económicas, que se adquiere mediante una producción alta de las escalas, puesto que se realizan los procesos de manera continuos tanto de programación como los de fabricación, teniendo en cuenta que la probabilidad de rotación del ensamblado final es mayor que el de proceso.

2.2. Meta-Heurísticas

Definición:

Para tener claro la definición de los Meta-Heurísticos (Vélez & Montoya, 2007, pág. 102)define:

Los Meta-Heurísticos son métodos aproximados diseñados para resolver problemas de optimización combinatoria, en los que los heurísticos clásicos no son efectivos. Los Meta-Heurísticos proporcionan un marco general para crear nuevos algoritmos híbridos, combinando diferentes conceptos derivados de la inteligencia artificial, la evolución biológica y los mecanismos estadísticos (p.102).

(Chicano G, 2007) Citado por (Garavito Hernández, Peña Tibaduiza, Perez Figueredo, & Moratto Chimenty, 2017, pág. 16) en su tesis doctoral define:

Las Meta-Heurísticas como la combinación de diferentes métodos heurísticos a un nivel más alto para conseguir una exploración del espacio de búsqueda de forma eficiente y efectiva; a su vez clasifica las Meta-Heurísticas en dos tipos: basadas en trayectoria y basadas en población (p.16).

Otra definición acerca de la Meta-Heurística “es un método de solución general que proporciona tanto una estructura general como criterios estratégicos para desarrollar un método heurístico específico que se ajuste a un tipo particular de problema” (Hillier & Lieberman, 2010, pág. 598). Nos lo define de manera más sencilla y específica, ya que la Meta-Heurística y la Heurística se aplican una ayudando a que la otra, y así conseguir la mayor eficiencia.

2.2.1. Tipos de Meta-Heurística

Existen dos tipos de Meta-Heurística las cuales son:

Meta-Heurísticas basadas en la Trayectoria: Esta se inicia de una o alguna solución, esto se da por la expansión del vecindario y se actualiza la solución inicial formando una trayectoria.

Meta-Heurísticas basada en la Población: Esta se determina al trabajar con varias soluciones de la población mediante cada una de sus interacciones.

Se puede decir que estas Meta-Heurísticas tienen varios algoritmos que ayudan a facilitar los problemas dados en cada Flow Shop.

2.3. Algoritmos

Definición:

Un algoritmo es un conjunto ordenado y finito de operaciones que permiten solucionar un problema. Para la teoría de la complejidad computacional, la capacidad de un algoritmo para resolver un problema la determina el número de operaciones aritméticas necesarias para su ejecución. Un problema es fácil si existe un algoritmo que lo resuelve en tiempo polinomial; es decir, si el número de operaciones necesarias para que el algoritmo resuelva el problema es una función polinomial del tamaño del problema. Si esta función no es polinomial, se dice que el algoritmo es no polinomial y el problema se considera difícil (Vélez & Montoya, 2007, pág. 101).

Los algoritmos son importantes ya que nos permite dar soluciones a problemas presentes, y a su vez estos se los clasifica como polinomial a los problemas fáciles y no polinomial a los que tienen mayor grado de dificultad.

Algoritmos Genéticos

El procedimiento general de los algoritmos genéticos, en nivel básico se describe en los procesos en más usual que siguen los algoritmos lo describe Gen y Cheng (1997) citado por (Coca Ortegón, Castrillón Gómez, & Ruiz Herrera, 2013):

Los algoritmos genéticos facilitan el reconocimiento de la decisión que se tomara, cuando se evalúa simultáneamente el comportamiento de la forma en la que se suelen comportar los objetos, y de esta manera nos aportara soluciones para los problemas de programación.

Algoritmo tipo Vega

(Toscano, 2001) citado por (Coca Ortegón, Castrillón Gómez, & Ruiz Herrera, 2013, págs. 177-178) en su trabajo de investigación Menciona:

Los algoritmos genéticos sirven para realizar optimización multiobjetivo, en el año de 1985 se realizó una propuesta en este sentido. Esta consistió en readaptar la aptitud del vector valorado, lo cual recibió el nombre de algoritmo genético para el vector evaluado (Vega). Se modificó, por tanto, el paso correspondiente a la selección. De esta forma, en cada generación se obtuvieron cierto número de subpoblaciones, teniendo como criterio el desempeño de la función objetivo evaluado en su momento. Con base en lo expuesto, para m objetivos, m subpoblaciones con tamaño N/m serían generadas, asumiendo que la población es

de tamaño N. Posteriormente, las subpoblaciones se reúnen, con el propósito de continuar con las funciones usuales de cruzamiento y mutación (p.177-178).

Por lo general el algoritmo vega sigue una serie de procedimientos, los cuales son:

En primer lugar, se debe determinar la magnitud de la población. Luego se la divide en subpoblaciones, deben ser en misma cantidad que los objetivos que tiene el problema. Posteriormente se hace una evaluación de los individuos con respecto a la adaptación que corresponde a cada subpoblación. Y por último se procede a la selección y fusión de los individuos de mejor comportamiento de la generación anterior, y también se debe cruzar los individuos considerados como mejores de la generación anterior.

Algoritmo tipo Moga

(Toscano, 2001) citado por (Coca Ortégón, Castrillón Gómez, & Ruiz Herrera, 2013, pág. 178) define a este algoritmo de la siguiente manera:

Este algoritmo fue propuesto en el año de 1993 como una variación de la jerarquización de Pareto definida por Goldberg. El procedimiento general del algoritmo hasta obtener una población mejorada es el siguiente: definir una población de inicio, evaluar las funciones objetivo, identificar los rangos de acuerdo con los frentes de Pareto, definir los nichos, determinar una función de adaptación lineal, determinar una función de adaptación de compartición, cruzar los individuos y mutar los individuos (p.178).

Búsqueda Tabú (TS)

También forma parte de las Meta-Heurísticas y conocida por su traducción en inglés Tabú Search, (Olivera, 2004) (Gupta, 2002), (Laporte, Hertz , & Mittaz), (Hillier & Lieberman, 2010) citado por (Rocha, González, & Orejuela, 2011) lo define:

Consiste en realizar una búsqueda local aceptando soluciones que mejoran el comportamiento del costo de tal manera que en cada iteración al algoritmo se mueve de una solución (s_t) a otra mejor (s_{t+1}) dentro de un subconjunto de soluciones cercanas. Como s_{t+1} no necesariamente es el menor costo, se utiliza una memoria de corto plazo que registre algunos atributos de soluciones ya visitadas. Estas soluciones prohibidas se llaman solución tabú y las movidas que llevan a esas soluciones se llaman movidas tabúes. En algunos casos es necesario aceptar solución tabú porque poseen mejores atributos que las demás y para esto se utiliza un criterio llamado criterio de aspiración; el criterio también se usa para aceptar soluciones que no son tabú. A estas soluciones por las cuales pasa el criterio de aspiración se llaman soluciones admisibles y la búsqueda se realiza sobre las soluciones admisibles de la vecindad (p.49).

Optimización basada en Colonia de Hormigas (ACO)

(Toth & Vigo, 2002), (Olivera, 2004) Citado por (Rocha, González, & Orejuela, 2011)
nos indica:

También llamado Ant Algorithms, Estos algoritmos están inspirados en la estrategia que usan las colonias de hormigas en la búsqueda de alimentos. Cuando una hormiga encuentra el camino para ir a la fuente de alimento deposita una sustancia (feromona) que depende de la longitud del camino y la calidad del alimento. Las hormigas tienden a seguir los trayectos con mayor cantidad de feromonas puesto que es más probable que conduzcan más rápido hacia la fuente de alimento, lo que a su vez provoca un refuerzo de los mejores trayectos, es decir, los que demoren menos tiempo y por donde transiten la mayor cantidad de hormigas (p.49).

Recocido Simulado (SA)

(Hernández , Hernández, & Flores , 2011) Nos explica detalladamente como es el funcionamiento de este Algoritmo:

El Recocido Simulado (RS) es un procedimiento introducido por Kirkpatrick, Gelatt y Vecci y ha sido empleado con frecuencia para resolver problemas combinatorios (Figura 2). La idea surge del proceso físico conocido como recocido, en el cual se eleva la temperatura de un sólido hasta el punto que se vuelve líquido, a continuación, la temperatura se disminuye de forma paulatina para obtener una estructura cristalina sin defectos (estado basal). El RS inicia con una solución x , se selecciona a continuación una solución vecina x' dentro de cierta vecindad o región V , posteriormente se evalúa $f(x)$ y $f(x')$ (p.477).

Si la solución vecina mejora el valor de la función objetivo se acepta con probabilidad 1, en caso contrario se calcula la probabilidad para aceptarla mediante el criterio de Metrópolis dado (p.477).

Procesos aleatorizados y adaptativos de búsqueda voraz. / (GRASP)

(Vega-Mejía & Caballero-Villalobos, 2010) Nos señala que también es conocido como GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedures) que por su traducción en español Procedimiento de búsqueda adaptable aleatorio codicioso, y define lo siguiente:

La Meta-Heurística GRASP consiste de un proceso iterativo de dos fases: constructiva y búsqueda local. En la primera se genera una solución factible, cuya vecindad es examinada mediante una búsqueda local hasta que se encuentra un mínimo local. Al final, la mejor solución encontrada se deja como el resultado al problema (p.84-85).

Fase constructiva:

Para realizar la fase constructiva es necesario definir una función de costo acorde al problema que se esté tratando, que permitirá evaluar cada elemento que puede conformar la solución factible inicial. Cuando se han evaluado todos los elementos se construye una lista de los candidatos que van a integrar la solución inicial (RCL) con aquellos elementos que obtienen el mejor valor de la función de costo definida. Es decir:

Se escoge un candidato al azar de la RCL para adicionar a la solución inicial y se vacía la RCL. El proceso de llenado y limpieza de la RCL se realiza hasta que se tiene construida la solución inicial. La mayor ventaja de este proceso es que la solución inicial se va construyendo, paso a paso, sin afectar la factibilidad del resultado (GLOVER & KOCHENBERGER, 2003) citado por (Vega-Mejía & Caballero-Villalobos, 2010, pág. 85)

Búsqueda local:

La segunda fase de GRASP utiliza un método de búsqueda local que intente, por medio de intercambios sencillos de los elementos de la solución inicial, mejorar el valor de la función objetivo de la solución encontrada con la fase constructiva. Estos intercambios son análogos a realizar búsquedas en una vecindad cercana a la solución inicial dentro del espacio de solución del problema (GLOVER & KOCHENBERGER, 2003) citado por (Vega-Mejía & Caballero-Villalobos, 2010, pág. 85). Utilizando intercambios 2-optimal (sección 2.1)

Búsqueda de vecindad variable/ búsqueda con vecindad variable (VNS)

La búsqueda de vecindad variable (Variable Neighborhood Search - VNS) es una Meta-Heurística utilizada para resolver problemas de optimización a través de cambios sistemáticos de estructuras de vecindad, sin garantizar la obtención de la solución óptima. Fue originalmente propuesta por Mladenović y Hansen, pero en los últimos años se han presentado numerosas variantes de VNS, siendo las más relevantes: reduced VNS, variable neighborhood descent (VND), basic VNS, skewed VNS, general VNS y variable neighborhood decomposition search. La paralelización de VNS también ha sido estudiada recientemente y aplicada con éxito a algunos problemas actuales. (Sánchez-Oro, Duarte, & Martí, 2015, pág. 647)

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Se realizará una investigación de carácter documental en el cual se analizará mediante la revisión de artículos en la base de datos científica Scielo y en google Académico, posteriormente se usarán graficas de los datos más importantes que se obtuvieron en la investigación.

Documental: Los trabajos documentales nos ayudan a realizar una recopilación de información sobre el tema, la cantidad de métodos que existen y los modelos más usados por las empresas en la actualidad, se dice de carácter documental porque se adquiere información de manera bibliográfica.

La investigación documental es importante, porque la información recopilada sirve para realizar análisis y comparaciones sobre el tema, en el cual se toma la definición de varios autores, el cual nos ayudan a comprender de manera concreta la información.

3.2. Métodos

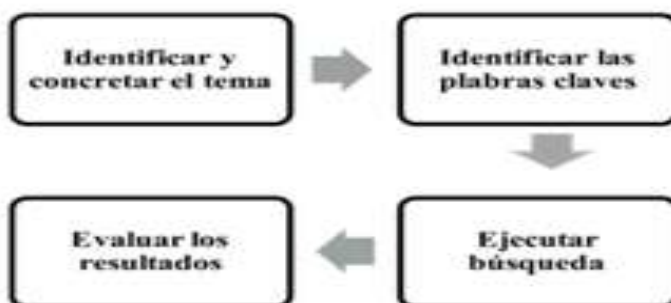


Figura1: Estrategia de búsqueda de información
Fuente: (Ramírez, Llinas, & Sabaté, 2013, pág. 34)

Identificar y concretar el tema: Se desarrollará una auto evaluación de ideas, para poder identificar y concretar el tema

Identificar las palabras claves: Durante el desarrollo de la investigación, se identificarán palabras claves que sobresaldrán en el texto.

Ejecutar búsqueda: Se realiza una búsqueda de información en google académico y Scielo para adquirir la información necesaria.

Evaluar los resultados: Después de adquirir la información requerida, se analizará y evaluará la información para poder extraer lo fundamental de la investigación.

3.3.Tipo de investigación.

3.3.1. Población y muestra:

Población: Base de datos Scielo.

Muestra: Artículos Científicos Relacionados los Meta-Heurísticos, flow shop y a los Algoritmos en General.

3.3.2. La hipótesis. (Causalidad):

El estudio de los diversos artículos científicos más utilizados por la comunidad científica referentes a la metodología Meta-Heurística, favorece al diseño de nuevos algoritmos para obtener mayor eficacia y solucionar problemas nuevos, y de esta manera las industrias mejoran su flow shop, haciéndolas más aptas a la agresiva competencia del mercado actual.

3.3.3. Enfoque de la Investigación:

Dado a que se busca comprobar la hipótesis previamente establecida, de la misma manera como los objetivos trazados, el presente trabajo será elaborado bajo el planteamiento Metodológico del enfoque mixto.

El enfoque mixto:

Combinación del enfoque cuantitativo y cualitativo

Enfoque cualitativo:

La investigación cualitativa es aquella que utiliza preferente o exclusivamente información de tipo cualitativo y cuyo análisis se dirige a lograr descripciones detalladas de los fenómenos estudiados. La mayoría de estas investigaciones pone el acento en la utilización práctica de la investigación. Algunos ejemplos de investigaciones cualitativas son la investigación participativa, la investigación - acción, investigación - acción participativa, investigación etnográfica, estudio de casos (Causas, 2015, pág. 2).

Enfoque cuantitativo:

Cuando el objetivo es describir ciertas características de un grupo mediante la aplicación de un cuestionario, el análisis estadístico más elemental radica en la elaboración de una tabla de elaboración de frecuencias absolutas y relativas o porcentajes, para luego generar un gráfico de dicha tabla (Fidias G, Julio 2012, pág. 136).

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL TEMA

El análisis de los artículos científicos acerca de los algoritmos Meta-Heurístico y de su eficacia al ser llevados a cabo, ayuda a las empresas a optimizar tiempo de producción y recursos, mejorando su Flow Shop, beneficiando directamente a su economía debido a la competitividad que adquiere sobre el mercado.

El estudio progresivo acerca de los algoritmos nos permite conocer lo importante y beneficioso que es el aplicarlos al Flow Shop de una empresa.

Según el estudio realizado por (Gil, Mora, & Pérez, 2013) nuestra lo siguiente:

La técnica basada en la población utilizada en su artículo presento en general un mejor desempeño en todos los casos estudiados, con respecto a las técnicas Meta heurísticas basadas en trayectoria. Esto es debido a que las técnicas basadas en población pueden evaluar mucho más el espacio de soluciones que las técnicas basadas en trayectoria (113).

Los autores de varios artículos documentales concluyen que, en los últimos años, existe un incremento de investigaciones de nuevos diseños de algoritmos, y de combinaciones con otros, para obtener mejores resultados de cara a los problemas que se deseen solucionar. entre los cuales se encuentra el algoritmo Genético, esto se debe gracias a que cuenta con las propiedades de selección natural, recombinación y de mutación.

(Salazar Hornig & Sarzuri Guarachi, 2015) Nos indica algunas de las ventajas del Algoritmo Genético:

Los algoritmos genéticos han demostrado ser un método de optimización con algunas ventajas respecto de métodos convencionales. Un Algoritmo Genético mantiene un conjunto de soluciones potenciales en cada generación. Su popularidad se puede atribuir a la aplicación de problemas de optimización continuos y discretos, así como su naturaleza probabilística y menor probabilidad de quedar atrapado en óptimos locales que se presentan en muchos problemas prácticos de optimización. Los algoritmos genéticos se caracterizan por la evolución de una población inicial (conjunto de soluciones) que lleva a mejores soluciones por medio de las iteraciones, permitiendo a los individuos más aptos reproducirse y dejar que los individuos menos aptos mueran (p.120).

Gracias al análisis se pudo constatar algoritmo genético generalmente tuvo mayor enfoque en problemas de la programación de producción, concretamente en organizar la secuenciación de tareas, tanto en la asignación y secuenciación de las operaciones de proceso, tanto en sistemas de operación tipo taller, así como en el Flow shop de las empresas para la optimización del tiempo de producción, en referencia a esto se puede hacerse referencia a trabajos como (Martínez , Sanchis, & Blasco, 2010), (Jiménez Morales, 2012), (Medina D, Pradenas R, & Parada D, 2011), y (Cardozo, 2013).

Podemos decir que, en la recopilación de la información, se pudo notar grandes aportaciones por diversos autores interesados en el desarrollo y conocimiento del tema. Mostraremos de manera tabulada la aportación de varios autores y países involucrados en el crecimiento y desarrollo de este tipo de información, compartiéndola de manera documental.

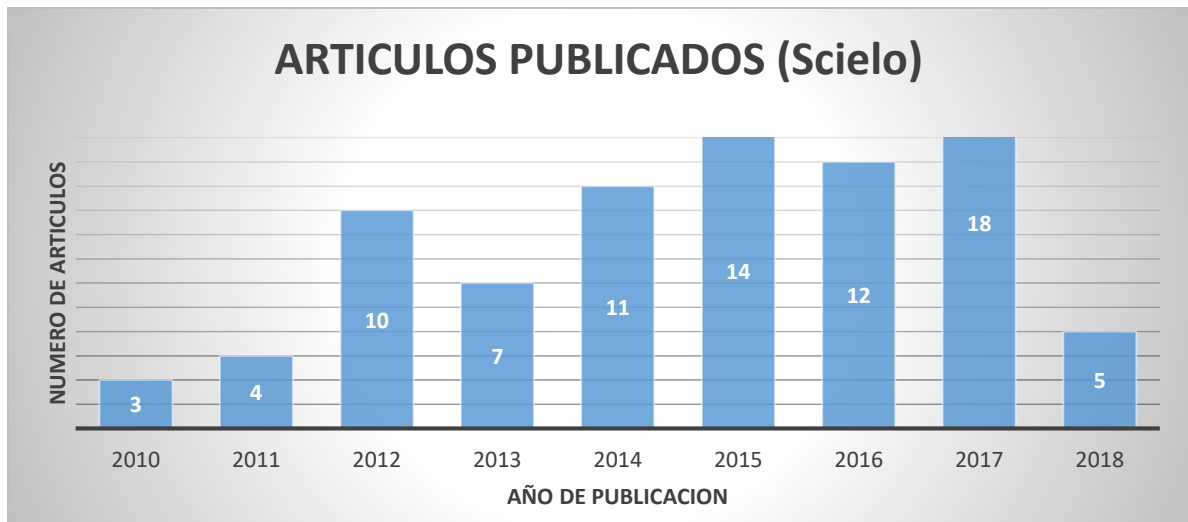


Figura 2. Artículos publicados de Meta-Heurística
Fuente: Elaboración propia

En relación a la Figura 1, se concluye que las aportaciones fluyen de manera creciente, donde la mayor de artículos publicados se encuentra en el año 2018 con un promedio del 21 % de todos los artículos, empezando desde el 2010 hasta el 2018.

Se debe recalcar que el último año no se encuentran todos los artículos publicados, puesto que el año no finaliza y se espera un incremento de artículos publicados, con una aceptación de igualdad o superioridad de la cantidad de artículos que se encuentren al finalizar el periodo.

Otro punto a especificar es que desde el periodo 2010 al 2016 existe un incremento exorbitante de publicación con respecto a los años anteriores, superándolo con un 100%, y que su promedio de artículos es de 10 artículos anuales.

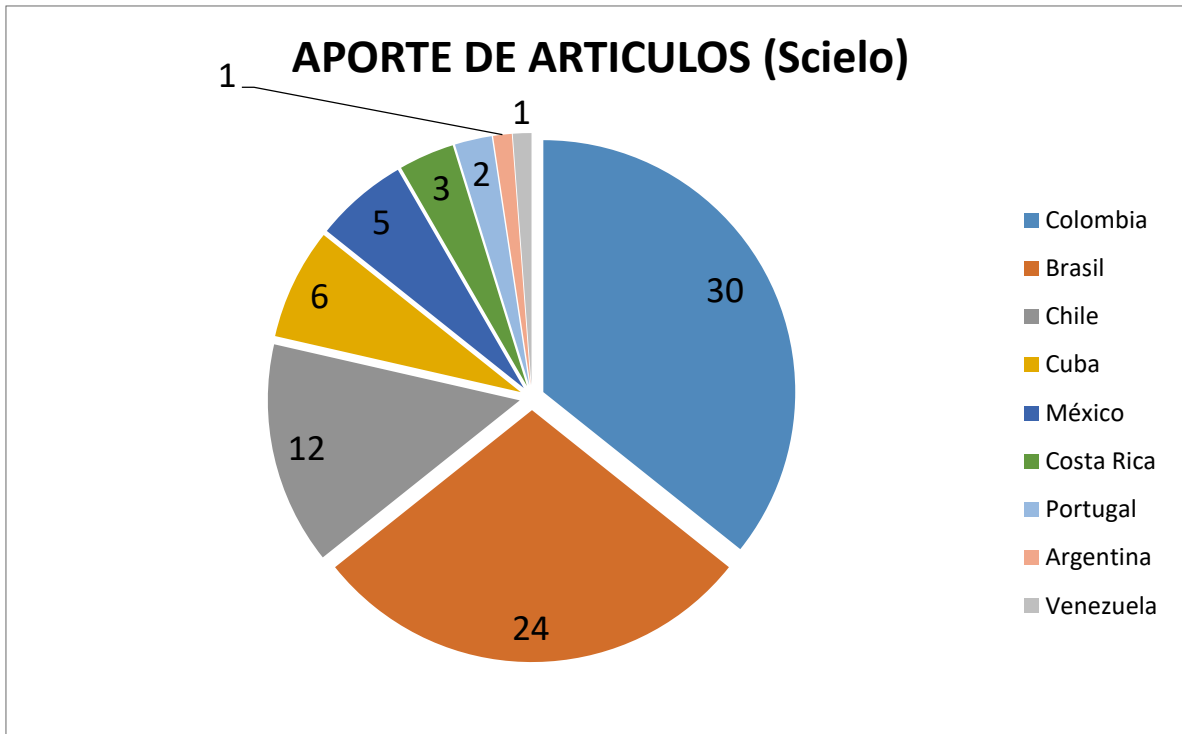


Figura 3. Artículos Meta-Heurísticos publicados por país
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se puede ver en una gráfica de pastes como los países de Latino América influyen en el crecimiento de los conocimientos al realizar publicaciones de artículos documentales con una gran aportación de la sociedad.

Se puede observar que Colombia es el mayor contribuyente de artículos documentados en la web, seguido por Brasil con una mínima diferencia, pero entre estos dos grandes países alcanzan a superar el 50 % de todos los artículos publicado.

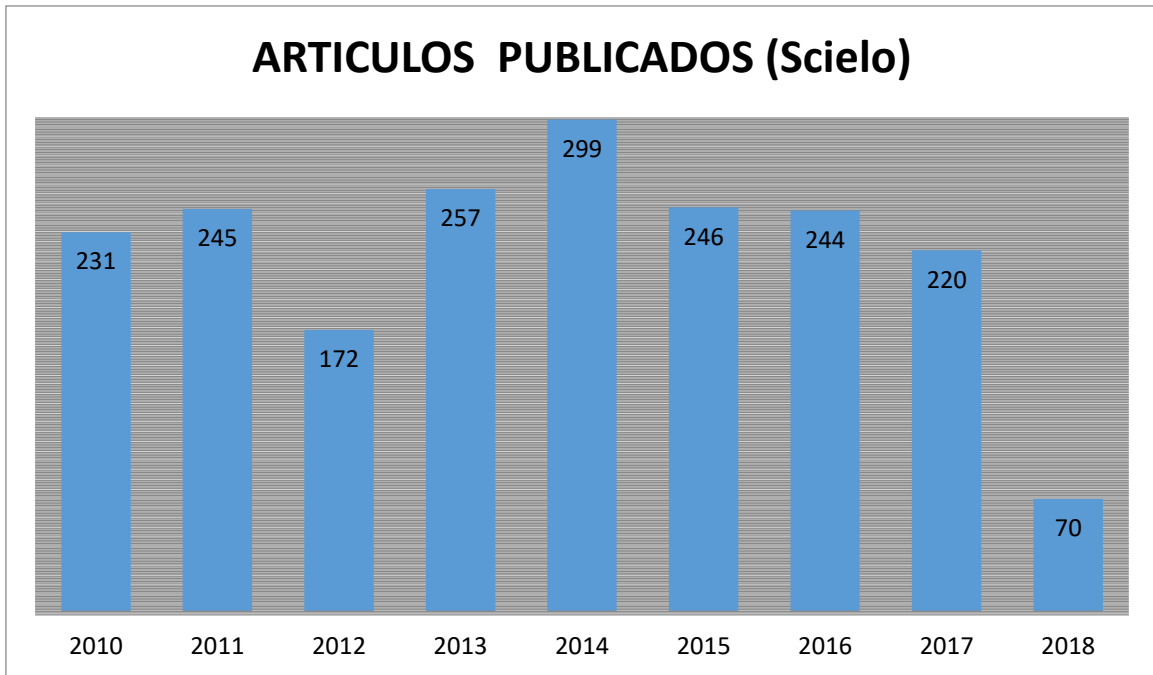


Figura 4. Artículos publicados de Algoritmos
Fuente: Elaboración propia

Se puede notar que en la Figura 3 existe un incremento formidable de documentos publicados, esto se debe a que los algoritmos tienen una gran variedad de ellos, en el cual pueden ser aplicados a distintos tipos de Flow Shop en distintas plantas de producción

Se observa que desde el inicio de los periodos tiene un alto índice de artículos documentales publicado, en que se mantiene en un promedio de los 250 artículos anuales, aunque en el 2012 tuvo una decreciente publicación, puesto que sus márgenes están por debajo del promedio estándar.

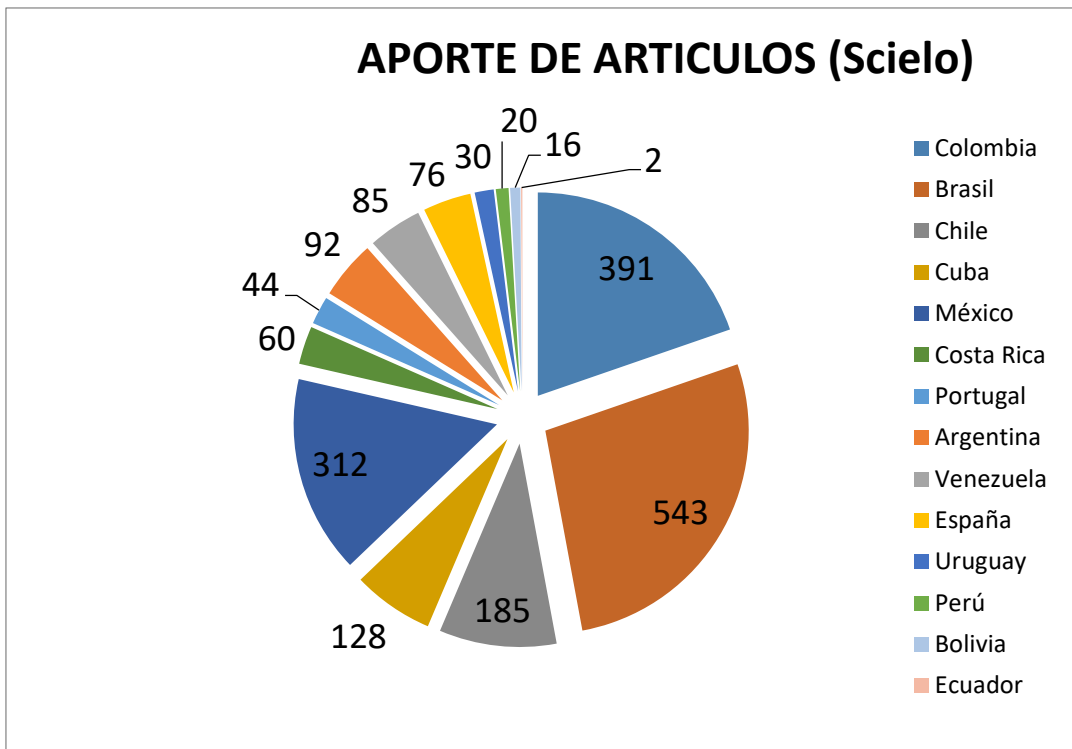


Figura 5. Artículos de Algoritmos publicados por país
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 a diferencia que la Figura 2 se ve claramente que el mayor aportador de información de artículos documental es Brasil, seguido por Colombia en el cual vuelven a ser los mayores influyentes de conocimiento bajo publicaciones de información en la web.

En esta figura, podemos notas que existe portaciones de parte de nuestro país, demostrándonos que existe un crecimiento de parte de nuestra hacia este tipo de información.

Cabe recalcar que los países que aportan estas documentaciones en la web creciendo, aunque podemos decir que las mayores aportaciones a estas páginas web, son realizar por su mayoría de los países Latino Americano

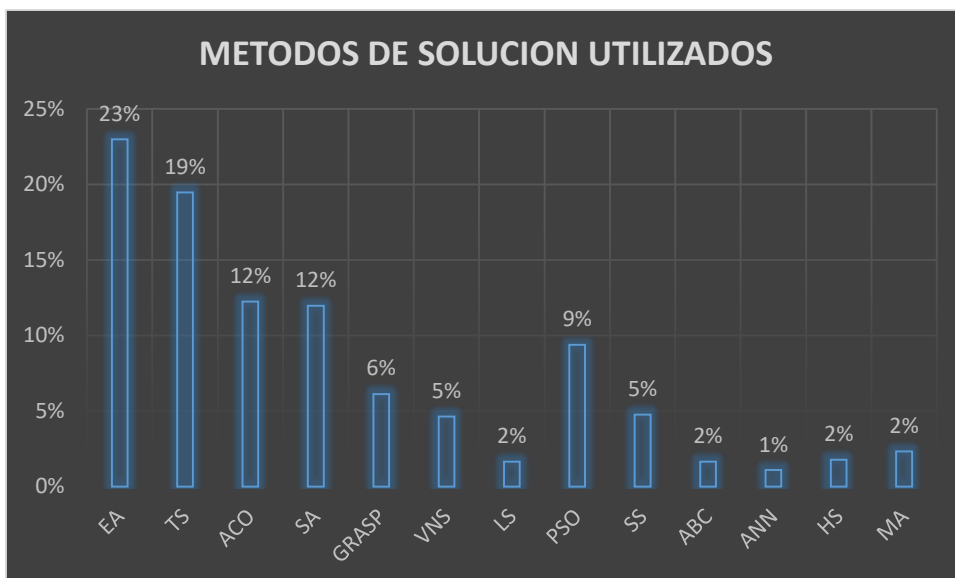


Figura 6 Porcentaje de Algoritmo Meta-Heurísticos
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 muestra los resultados de los análisis que se procedió a hacer a artículos científicos en Google Académico tomando como referencia base a 96 artículos de los cuales se pudo observar que la mayoría de autores que trabajan con Meta-Heurística, tienen como preferencia seleccionar al algoritmo genético o evolutivo para poderse referenciar en sus trabajos investigativos, y de esta manera contribuir con el avance de investigación de los algoritmos de las Meta-Heurística, y así aportar en la solución de nuevos problemas que se puedan presentar.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Al realizar el estudio bibliográfico del tema, se aprecia que, durante los últimos años, muchos autores se han preocupado más sobre este tipo de investigación, mostrando en cada uno de los artículos la opinión propia de ellos, donde la mayoría describen y aceptan una similitud en los métodos y algoritmos más usados en la secuenciación de los Flow Shop.

Las Meta-Heurísticas son de gran ayuda debido a que tienen más potencia que las heurísticas, las cuales solo nos permite revisar los óptimos locales, mientras las Meta-Heurísticas nos permita escapar de los óptimos locales en búsqueda de óptimos globales, y así, teniendo la oportunidad de encontrar el punto que represente la mejor solución para dicho problema.

Podemos decir que todos los métodos tienen su viabilidad de uso, pero se puede notar que algunos de estos algoritmos pudieron destacar al mostrar su facilidad de comprensión y uso por partes de la sociedad

En el cual estamos completamente seguro que el algoritmo Evolutivo es el más destacado en la actualidad con un crecimiento de datos bibliográficos de un 25% de todos los documentos publicados, seguido por el algoritmo llamado "Búsqueda Tabú" con un margen estimado del 19%, tomando en cuenta que su mayor auge se encuentra en los últimos dos años del periodo referenciado, así que esperamos que este algoritmo tenga creciente implementación en los Flow Shop

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Antero-Marín, J. A., Giraldo García, J. A., & Castrillón Gómez, O. D. (julio de 2014). Aplicación de las heurísticas TOC a la programación de trabajos en una tienda de flujo flexible híbrido. *DYNA*, 81(186), 113-119.
- Arango Marín, J. A. (s.f.). Mejora de tiempos de entrega en un flow shop híbrido flexible usando técnicas inteligentes. Aplicación en la industria de tejidos técnicos. (*Tesis Doctoral*). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Laporte, G., Hertz, A., & Mittaz, M. (s.f.). "A tabu search heuristic for the capacited arc routing problem". *Institute for Operation Research and de Management Science – Operations Research*, 1200(48).
- Sánchez-Oro, J., Duarte, A., & Martí, R. (2015). "Mejorando la eficiencia de sistemas embebidos utilizando estrategias paralelas de búsqueda de vecindad variable". X *Congreso Español sobre Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados (MAEB)*. Obtenido de <http://www.grafo.etsii.urjc.es/sites/default/files/papers/maeb15b.pdf>
- Buffa, E. (1968). *Operations Management: Problems and Model*. Westwood, California: John Wiley.
- Cardozo, J. (2013). Solución al problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada "CVRP" a través de la heurística de barrido y la implementación del algoritmo genético de Chu-beasley. (*Tesis Doctoral*). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial.
- Causas, D. (2015). *Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación*. Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia.
- Chicano G, J. F. (2007). Metaheurísticas e Ingeniería del Software. (*Tesis Doctoral*). Universidad de Málaga, Málaga.
- Coca Ortegón, G. A., Castrillón Gómez, Ó. D., & Ruiz Herrera, S. (2013). Metodología basada en los algoritmos Vega y Moga para solucionar un problema multiobjetivo en un sistema de producción job shop. *Revista EIA*, 19(10), 175-191.
- Fidias G, A. (Julio 2012). *El Proyecto de Investigación* (6 ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Garavito Hernández, E., Peña Tibaduiza, E., Perez Figueredo, L. E., & Moratto Chimenty, E. (2017). Revisión de la Literatura Sobre el Problema de Programación de "Flow Shop" Híbrido con Máquinas Paralelas no Relacionadas. *Ingeniería*, 22(1), 9-22. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2017.1.a03>
- Gil, W. J., Mora, J. J., & Pérez, S. (2013). Análisis comparativo de metaheurísticas para calibración de localizadores de fallas en sistemas de distribución. *Ingeniería y Competitividad*, 15(1), 103-115.
- GLOVER, F., & KOCHENBERGER, G. (2003). Handbook of metaheuristics. *Dordrecht: Kluwer Academic Publishers*.

- Gupta, D. K. (2002). "Tabu search for vehicle routing problem". *Intern. J. Computer Math*, 79(6), 693-701.
- Hernández , J. O., Hernández, S., & Flores , I. (Diciembre de 2011). Algoritmo recocido simulado para el problema de la programación del tamaño del lote económico bajo el enfoque de ciclo básico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(3), 473-485. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052011000300015>
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones* (9a ed.). México: McGraw-Hill.
- Jiménez Morales, Á. P. (2012). Solución del problema de programación de flow shop flexible empleando el algoritmo genético de Chu-Beasley. (*Tesis de Grado*). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Kyparisis, G., & Koulamas, C. (2006). Horario de taller de flujo flexible con máquinas paralelas uniformes. *Revista European Journal of Operational*(168), 985-997.
- Martínez , M., Sanchis, J., & Blasco, X. (2010). Algoritmos genéticos aplicados al diseño de controladores robustos. *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*, 3(1), 39-51.
- Medina D, R., Pradenas R, L., & Parada D, V. (2011). Un algoritmo genético para el problema de Job Shop Flexible. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(1), 53-61. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052011000100006>
- Olivera, A. (2004). "Heurísticas para problemas de ruteo de vehículos". (*reporte de investigación*). Instituto de Computación – Facultad de Ingeniería, Montevideo, Uruguay. Obtenido de <http://www.fing.edu.uy/inco/pedeciba/bibliote/reptec/TR0408.pdf>.
- Ramírez , R., Llinas, X., & Sabaté, F. (9 de Junio de 2013). Evaluación de los sistemas e-Learning. *Revista Ciencia UNEMI*(9), 31-41.
- Ríos Mercado, R. Z., & Bard, J. F. (2000). *Heurísticas para Secuenciamiento de Tareas en Líneas de Flujo*. Ciencia UANL.
- Rocha, L., González, C., & Orejuela, J. (2011). Una revisión al estado del arte del problema de ruteo de vehículos: Evolución histórica y métodos de solución. *Ingeniería*, 16(2), 35-55.
- Salazar Hornig, E., & Sarzuri Guarachi, R. A. (2015). Algoritmo genético mejorado para la minimización de la tardanza total en un flowshop flexible con tiempos de preparación dependientes de la secuencia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 23(1), 118-127. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052015000100014>
- Sánchez, M. (2009). Propuesta para la mejora de la programación de los recursos no Homogeneos de la poscosecha con proceso tipo flow shop Híbrido en la Empresa CI Miraflores S.A. (*Bachelor's thesis*). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Bogota D.C.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *"The Vehicle Routing Problem"*. *Society of Industrial and Applied Mathematics (SIAM) monographs on discrete mathematics and applications*. Philadelphia, USA.

- Vega-Mejía, C. A., & Caballero-Villalobos, J. P. (Enero-Junio de 2010). Uso combinado de GRASP y Path-Relinking en la programación de producción para minimizar la tardanza total ponderada en una máquina. *Ingeniería y Universidad*, 14(1), 79-96.
- Vélez, M. C., & Montoya, J. A. (8 de julio de 2007). MetaHeurísticos: Una alternativa para la solución de problemas combinatorios en administración de operaciones. *Revista EIA*, 99-115. Recuperado el 4 de Octubre de 2018