

OPERACIÓN DE SISTEMAS AGV (VEHÍCULOS GUIADOS AUTOMATIZADOS) CON FLUJO ESTÁTICO

AGV system with the static flow

RESUMEN

Este documento presenta en su primera parte, un análisis de las ventajas de implementar un sistema de flujo de materiales AGV (vehículos guiados automatizados), el cual es previsto como una alternativa que le ayudaría a las empresas a reducir desperdicios por tiempos y movimientos; la segunda parte del documento presenta una comparación entre dos tipos de heurísticas en la programación del ruteo dentro de un flujo estático en un sistema AGV, algunas conclusiones y recomendaciones son presentadas al final del artículo.

PALABRAS CLAVES: VGA, manufactura flexible, paletizada

ABSTRACT

This document presents in its first part a analysis of the advices to implement a AGV flow materials systems in the industries to reduce the wastes times and the wastes moves. The second part presents a comparison between two heuristics in the route programation within a AGV flow materials system, some conclutions and recomendation are presented to the last part.

KEYWORDS: AGV, lean manufacture, packing.

Ing Msc Pedro Daniel Medina Varela

Docente Auxiliar
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
pemedin@utp.edu.co

Ing Msc Jorge Hernán Restrepo Correa

Docente Asistente
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
jhrestrepoco@utp.edu.co

Ing Msc Eduardo Arturo Cruz Trejos

Docente Asistente
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
ecruz@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

SISTEMAS AGV

En los últimos años se han podido vislumbrar una serie de tendencias que las empresas han adoptado en su afán por seguir siendo competitivas dentro de sus mercados, es por esta razón que la aplicación de nuevas tecnologías y procesos se ha convertido en una premisa fundamental en la búsqueda de innovaciones, esta labor no es fácil de realizar debido a muchos factores, entre ellos el económico y con un agravante que la competencia se hace cada vez mas intensa. Las empresas del milenio se han caracterizado por la implementación de sistemas eficientes en todos los ámbitos, apoyándose en los avances tecnológicos para mejorar en un mayor grado sus procesos haciéndolos mas eficientes, mejorando aspectos como el flujo de materiales el cual se ha convertido en una nueva prioridad.

El transporte de los materiales dentro de las organizaciones requiere de un manejo eficiente que le permita minimizar tiempos, espacios, movimientos y cantidades, que no le agreguen valor dentro de su

recorrido, y para hacerlo deberá existir un sistema que lo garantice.

Las empresas demandan cada vez mas y mas tecnologías, en la búsqueda de aminorar desperdicios de tiempos por reproceso, movimientos, cuellos de botella, etc. A razón de esta preocupación surge la Manufactura Flexible o Esbelta, que con la ayuda de ciertas herramientas explora múltiples soluciones que conllevan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere, basándose siempre en el respeto al trabajador.

La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre algunos.

El sistema de Manufactura Flexible o Manufactura Esbelta ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio

El respeto por el trabajador: Kaizen

La mejora consistente de Productividad y Calidad

Muchos de estos métodos se apoyan en tecnologías avanzadas, implementando dentro de sus sistemas de manufactura procesos flexibles, como por ejemplo el sistema de transporte de materiales vehículos guiados automatizados (AGV: Automated Guided Vehicle) los cuales son programados para que cumplan unos recorridos predeterminados y de esta manera se reduzcan costo por operación y tiempos desperdiciados.

A continuación se mostrara el funcionamiento de los vehículos guiados automatizados (AGV)

Vehículos guiados automatizados (AGV):

Los vehículos guiados automatizados (AGV, Automated Guided Vehicle) son un sistema de manejo de materiales que se mueven ellos mismos por caminos definidos. Se disponen de baterías que los alimentan y les permiten trabajar durante horas. La diferencia con un sistema de vehículos guiados por raíles y la mayoría de sistemas de transporte, es que los caminos son imperceptibles, es decir, los caminos de un sistema guiado por raíles se ve por donde pasa el vehículo a causa de los raíles, en cambio, con los AGV no se puede apreciar el camino.

Tipos de vehículos y aplicaciones del AGV:

Hay 3 tipos de vehículos: trenes sin conductor, los traspalés guiados automatizados, portadores de unidad de carga.

Los trenes sin conductor (a) consisten en un vehículo que tira de uno o más remolques para formar un tren. Es muy utilizado hoy en día, y su aplicación más común es mover cargas pesadas por los grandes almacenes con o sin recogida intermedia y también a puntos de fuera de la ruta. El tren puede llegar a ser de hasta diez remolques, y se considera un sistema de transporte eficiente.

Los traspalés guiados automatizados (b) se utilizan para mover cargas paletizadas por rutas predeterminadas. El trabajador esta situado en la plataforma para dirigir el vehículo y utiliza sus tenedores para elevar la carga ligeramente. Luego el trabajador programa el destino del vehículo y éste se dirige al lugar de descarga.

Los portadores de unidad de carga (c) se utilizan para mover unidades de carga desde una estación a otra. Están preparados para la carga automática y la descarga de paletas o movimiento de carga mediante ruedas alimentadas u otros aparatos contruidos encima del vehículo. Hay dos tipos: los de carga ligera y los de cadena de montaje (ensamblaje). Los vehículos en los de carga ligera son pequeños con una capacidad de carga pequeña también (< 250 Kg.). En la cadena de montaje los vehículos están diseñados para transmitir en una

secuencia de estaciones de trabajo de montaje para construir el producto.

Aplicaciones de los AGV:

Estos sistemas de transporte de material tienen bastantes aplicaciones como son:

- Movimiento de grandes cantidades de material para distancias relativamente grandes.
- También van bien para la distribución y el almacenamiento. Los vehículos más utilizados son los portadores de unidad de carga y los traspales.
- Los portadores de unidad de carga y los vehículos guiados de carga ligera son utilizados en líneas de ensamblaje. La tasa de producción es relativamente baja (entre 4 y 10 min. por estación) porque tenemos diferentes modelos de productos en las líneas que requieren un tiempo de proceso diferente. Por ello las estaciones de trabajo se ponen en paralelo. Entre estaciones los componentes se ponen encima del vehículo y se lo llevan a la siguiente estación.
- También se utilizan para el libramiento del correo de oficina y el transporte de material de hospital, entre otras.

Tecnología para el guiage de vehículos:

El sistema de guiage sirve para definir los caminos que van a seguir los AGV y para controlar que los vehículos sigan dichos caminos. Hay tres tecnologías: los cables de guía enterrados, las tiras de pintura y los vehículos autoguiados (SGV, Self-Guided Vehicles).

- Cables de guía enterrados:

Se trata de cables eléctricos enterrados en el suelo. El cable de guía se conecta a un generador de frecuencia, que emite una señal baja en tensión y corriente con una determinada frecuencia. De esta manera se induce un campo electromagnético a lo largo del camino que podrá ser seguido por el vehículo, puesto que dispone de sensores (bobinas). Estos dos sensores se montan en el vehículo, uno a cada lado del cable de guía. Cuando el vehículo tiene el cable guía en medio de los dos sensores la intensidad del campo magnético medida en cada bobina es igual. Si el vehículo se desvía a un lado o al otro, o si el cable cambia de dirección, la intensidad en cada bobina será diferente.

Con esta diferencia lo que se hace es controlar la dirección del motor, el cual hará los cambios requeridos en el vehículo para que la intensidad en las bobinas sea igual, y así el vehículo siga al cable guía.

Esquema de un vehículo con sistema de cable guía enterrado.

Cuando un vehículo se acerca a un punto de ramificación donde el camino de guía se bifurca en dos (o más) vías de acceso, se tiene que elegir por donde ir; para ello tenemos dos métodos: el método de frecuencia y el interruptor de camino. En el primero, los cables de guía que conducen a los caminos separados por el interruptor tienen frecuencias diferentes. Cuando el vehículo entra en el interruptor, lee un código de identificación en el piso para determinar su posición. Dependiendo de su destino programado, los vehículos seleccionarán un camino siguiendo solamente una de las frecuencias. Este método requiere un generador de frecuencia separado por cada frecuencia diferente utilizada.

El otro método funciona sólo con una única frecuencia. Lo que se trata es que cuando el vehículo entra en el interruptor se apagan todas las ramas excepto aquella sobre la cual tiene que viajar.

- Tiras de pintura:

Se utilizan tiras de pintura para definir las vías de acceso. Éstas se pueden grabar, rociarse, o pintarse en el suelo. Una tira de pintura contiene partículas fluorescentes que reflejan la luz ultravioleta de los sensores ópticos que llevan los vehículos. Un sensor detecta la luz reflejada en la tira y controla el mecanismo de dirección para seguirlo. La utilización de tiras de pintura es útil en ambientes donde el ruido eléctrico deja poca confianza al sistema de cable de guía o cuando la instalación de guía en la superficie del suelo no es práctica. Un problema con este método de orientación es que la tira de pintura se deteriora con el tiempo, luego se debe mantener limpia y periódicamente ser repintada.

- Vehículos autoguiados (SGV):

Representan la última tecnología de guiaje de AGV. A diferencia de los dos métodos de guiaje anteriores, el SGV funciona sin vías de acceso definidas. En cambio, utilizan una combinación de cálculos y señales (balizas) localizadas por toda la planta, que son identificadas por los sensores que llevan.

Para que el vehículo se mueva a lo largo del camino, se calcula, con un ordenador que lleva el vehículo, la cantidad de rotaciones de rueda en una secuencia de ángulos de dirección especificados. Para aumentar la precisión de estos cálculos se necesita verificar periódicamente la posición calculada con una o más posiciones conocidas. Estas posiciones conocidas se establecen usando balizas colocadas estratégicamente por toda la planta.

Existen diferentes tipos de balizas: las balizas con códigos de barras colocadas a lo largo del pasillo. Estas señales son detectadas por un sensor láser rotativo, y el

ordenador a través de la triangulación actualiza las posiciones calculadas basándose en estas señales. Otro sistema es la utilización de balizas enterradas en el suelo a lo largo del camino. Al igual que el sistema anterior, con las balizas se actualizan las posiciones reales, y al estar enterradas, se hace que el vehículo se mueva entre dichas balizas.

Con este tipo de tecnología lo que se consigue es la posibilidad de cruzar chapas de acero, o lugares donde no se pueden instalar cables de guía. Su mayor ventaja es su flexibilidad, puesto que la red de caminos se hace mediante software, y si se tienen que hacer cambios, se pueden hacer rápidamente y sin variaciones esenciales en la fábrica.

2. CONTENIDO

El primer paso que se debe realizar en la implementación de un sistema AGV es la determinación de un programa de ruteo, el cual indicara las rutas óptimas que deben seguir los vehículos según los requerimientos de materiales.

A continuación se presentaran dos heurísticas. La primera utilizada por Ronald G. Askin y Charles R. Standrige en su libro Modeling and analysis of manufacturing systems y la segunda una heurística propuesta por el autor de este documento, para la programación de rutas.

1) Heurística

Ejemplo 9.12 tomado del libro Modeling and analysis of manufacturing systems. Note que cada departamento tiene un número balanceado de flujos en la entrada y salida.

Desde - A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1	x	40	25	30	10	10	20	5	10	150
2		x	40		30		10	10		90
3	15		x				50		10	75
4	135	45	10	x		10				200
5				100	x					100
6		5		60		x				65
7						40	x		40	80
8				10		5		x		15
9					60				x	60
Total	150	90	75	200	100	65	80	15	60	835

Tabla 1. Flujo interdepartamental AGV

Para generar las rutas, empezamos a iterar en el valor y ciclo más grande de la tabla. Por cada ciclo, debemos reducir los viajes de ese ciclo por el máximo número de movimientos. Por ejemplo, nosotros comenzamos con 135 viajes desde el departamento 4 al departamento 1.

Desde 1, lo mejor que podemos hacer es llevar 40 cargas al departamento 2. Desde 2, podemos llevar 40 cargas al departamento 3. Desde 3, podemos llevar 40 cargas al departamento 7. No podemos llevar todas las 50 cargas porque esta ruta ha sido restringida hasta 40 cargas por el movimiento deseado desde 1 a 2. Desde 7, llevamos 40 cargas al departamento 6. Desde 6, podemos llevar 40 cargas de regreso al departamento 4. De este modo, tenemos 40 viajes en la ruta 4 → 1 → 2 → 3 → 7 → 6 → 4. Los flujos restantes para ser planeados son mostrados en la Tabla 2.

Desde - A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1	x	0	25	30	10	10	20	5	10	110
2		x	0		30		10	10		50
3	15		x				10		10	35
4	95	45	10	x		10				160
5				100	x					100
6		5		20		x				25
7						0	x		40	40
8				10		5		x		15
9					60				x	60
Total	110	50	35	160	100	25	40	15	60	595

Tabla2. Flujo interdepartamental AGV reducido

La siguiente ruta empezara en el departamento 5, porque su flujo de 100 cargas al departamento 4 domina la tabla. Desde 4, el flujo más grande es al departamento 1. Debido a que solamente 95 cargas son planeadas desde 4 a 1, el número máximo de viajes en esta ruta se redujo a 95. Desde 1, regresamos a 4, porque los 30 viajes desde 1 a 4 es el número más grande de viajes del departamento 1. Ahora estamos restringidos hasta 30 cargas en esta ruta. El proceso continua hasta que retornemos al departamento 5. Solamente son programados 15 viajes en esta ruta, porque un movimiento desde el departamento 3 al departamento 1 hace parte de la ruta. Las rutas completas y todas las rutas siguientes son resumidas en la Tabla 3.

Recorrido departamental	numero de viajes
4 1 2 3 7 6 4	40
5 4 1 4 1 3 1 7 9 5	15
4 1 4 1 3 7 9 5 4	10
5 4 2 5	30
5 4 1 5	10
4 1 6 4	10
9 5 4 1 9	10
9 5 4 1 4 2 7 9	5
9 5 4 3 9	10
2 8 4 1 7 9 5 4 2	5
6 4 6	10

5 4 1 8 4 2 7 9 5	5
2 8 6 2	5

Tabla 3. Rutas planeadas AGVS

En la planeación de las rutas, se enlaza, en el sentido que dos destinos permitirían el mismo número de viajes para la ruta, estas fueron eliminadas arbitrariamente. Para cada ruta, tratamos de distribuir sus viajes uniformemente por encima del periodo sin adicionar niveles significativos de viajes vacios extras para enlazar las rutas juntas.

2) heurística

Partiendo de los mismos requerimientos que muestra la tabla1, se genera la primera ruta empezando por el menor requerimiento, si existen varias rutas con la misma cantidad se escoge una de ellas arbitrariamente, luego empezando desde el destino de la primera ruta se selecciona la ruta siguiente con igual cantidad requerida, sino existe se selecciona la de mayor cantidad, y así continua el algoritmo hasta llegar al inicio del recorrido.

Por efecto de ilustración para el ejemplo que se esta trabajando se tiene que la primera ruta empieza desde 8 a 6, luego de 6 pasamos a 2 porque esta ruta tiene igual cantidad requerida de 5, en el departamento 2 el vehículo debe ir a 2 a 3 debido a que no se tiene un ruta desde el departamento 2 que tenga el mismo requerimiento por eso se seleccionó la ruta va a 3, el algoritmo continua hasta completar el siguiente recorrido:

8 → 6 → 2 → 3 → 7 → 9 → 5 →
4 → 1 → 8

El algoritmo se repite para los siguientes recorridos de la misma manera, empezando en la ruta con el menor requerimiento, si se presentan empates se selecciona arbitrariamente una de las rutas. Los flujos restantes para ser planeados son mostrados en la Tabla 4.

Desde-a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1		40	25	30	10	10	20	0	10	145
2			35		30		10	10		85
3	15						45		10	70
4	130	45	10			10				195
5				95						95
6		0		60						60
7						40		35		75
8				10		0				10
9					55					55
Total	145	85	70	195	95	60	75	10	55	790

Tabla 4. Flujo interdepartamental AGV reducido

Las rutas completas y todas las rutas siguientes son resumidas en la Tabla 5.

Recorrido departamental	numero de viajes
8 6 2 3 7 9 5 4 1 8	5
3 9 5 4 6 4 3	10
8 4 1 5 4 1 6 4 1 9 5 4 1 7 6 4 1	
2 7 6 4 1 4 1 2 8	10
3 1 3	15
1 3 7 9 5 4 1	10
1 2 3 7 6 4 1	20
7 6 4 2 5 4 1 4 2 5 4 1 4 2 3 7	10
2 3 7 9 5 4 1 7 9 5 4 1 7 9 5 4 2	5
1 7 9 5 4 2 5 4 1	10

Tabla 5. Rutas planeadas AGVS

3) Distancias recorridas

Cada departamento se encuentra a cierta distancia uno del otro, las distancias entre departamentos se encuentran contenidos en la tabla6. Las distancias están dadas en metros

Desde- a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	90	140	340	190	190	190	295	445
2	290	-	40	240	90	90	90	195	345
3	240	340	-	180	40	40	440	145	295
4	40	140	190	-	240	240	240	345	495
5	190	290	340	140	-	390	390	95	245
6	190	290	340	140	390	-	390	95	245
7	290	390	440	240	490	490	-	195	345
8	420	520	570	370	620	620	620	-	75
9	290	390	440	240	490	490	490	195	-

Tabla6. Distancias recorridas entre departamento

Para la primera heurística se tiene que el total de distancia recorrida para su programa de rutas es de 15460m, mientras que el programa de rutas de la segunda heurística generó un recorrido total de 19930m

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ambas heurísticas proponen una programación de rutas cumpliendo los parámetros del problema.

Se concluye que la heurística propuesta por Ronald G. Askin y Charles R. Standrige, en su libro Modeling and analysis of manufacturing systems para el problema de programación de rutas en un sistema AGV genera un

mejor programa en cuanto a la distancia total recorrida, frente a la heurística propuesta en este documento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASKIN, Ronald G. y GOLDBERG, Jeffrey B. Design and Analysis of Lean Production Systems. Jhon Wiley & Sons. 2001.
- [2] ASKIN, Ronal G. y STANDRIDGE, Charles R. Modeling and Analisis of Manufacturing Systems. Jhon Wiley & Sons. 1998.
- [3] FERRE MASIP, Rafael. La Fábrica Flexible. Productica. Marcombo Boixareu Editores. 1988.
- [4] IRANI, Shahruk. Hanbook of Cellular Manufacturing Systems. Jhon Wiley & Sons. 2002.
- [5] LEVASSEUR, Gerald. An Applications-Oriented Procedure for Cell Formation. Production and Inventory Management Journal. First Quarter 1996. pags 7 – 11.
- [6] MEDINA, P; CRUZ, E y RESTREPO, J. Problema de Programación de Operaciones y Herramientas en un Sistema de Manufactura Flexible: Heurística de Carga Fase I. Revista El Hombre y La Máquina. No 30.Enero - Junio 2008.
- [7] MEDINA, P; CRUZ, E y RESTREPO, J. Problema de Programación de Operaciones y Herramientas en un Sistema de Manufactura Flexible: Heurística de Carga Fase II. Scientia et Technica. Año XIII, No 38. Junio 2008.
- [8] MEDINA, P; CRUZ, E y RESTREPO, J. Problema de Formación de Lotes de Fabricación en un Sistema de Manufactura Flexible: Heurística de Selección de Partes. Revista El Hombre y La Máquina . No 32. Enero - Junio 2009.
- [9] THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. Cellular Manufacturing: One-Piece For for Workteams. Shopfloor Series. Productivity Press. 1999.
- [10] SCHONBERGER, Richard. Manufactura de Clase Mundial: Aplicación de las Últimas Técnicas para Optimizar la Producción. Grupo Editorial Norma. 1989.