



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**Propuestas para la mejora de la logística
interna proporcionada por el sistema de
AGVs Garbo en la planta de Michelin -
Valladolid**

Autor:

Sanz Bedate, Javier

Tutor:

**De Benito Martín, Juan José
Organización Industrial
Valladolid, junio de 2019**

Resumen

Este trabajo se ha centrado en aumentar la capacidad de producción del sistema de logística interna “Garbo” implantado en la fábrica de Michelin en Valladolid. Para ello se ha abordado el problema desde diferentes puntos de vista.

En primer lugar, se ha perfeccionado la obtención de datos añadiendo más valor a la ya existente. En segundo lugar, se han realizado propuestas de mejora para el sistema desde dos focos importantes, los elementos fijos de la logística interna y los propios vehículos que administramos. Finalmente, también se han realizado ciertos estudios a petición de la directiva para comprobar su impacto sobre los AGVs.

Palabras clave: AVG, Garbo, TRSP, Lean, Kanban.

Abstract

The primary objective of this project is to rise the production capacity of the logistic system “Garbo” that is working at Michelin’s factory in Valladolid. Therefore, this issue has been approached throw different ways to solve it.

First of all, the data collection has been improved by adding more value to the existing one. Secondly, proposals for the improvement of the system have been made from two main ways, the fixe elements of the internal logistic and the vehicles that we manage. Finally, certain studies have also been done because of the request of the directing board to verify their impact on the AGVs.

Keywords: AVG, Garbo, TRSP, Lean, Kanban.

Índice de contenidos

Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Motivación.....	4
Objetivos del proyecto.....	4
Estructura de la memoria	5
Capítulo 1. Michelin España y Portugal y su sede en Valladolid	7
1.1. Grupo Michelin	9
1.1.1. Productos.....	10
1.1.2. Marcas.....	12
1.1.3. Compromisos	13
1.1.4. Avanzar juntos	15
1.2. Michelin España-Portugal	15
1.2.1. Organización y centros en la península	15
1.2.2. Datos y estadísticas.....	19
1.3. Michelin Valladolid	20
1.3.1. Estructura de la fábrica.....	20
1.3.2. Centros de trabajo dónde se ha realizado el estudio y vehículos empleados.....	21
Capítulo 2. Fundamentos Teóricos.....	25
2.1. Lean Manufacturing.....	27
2.1.1. Modelo de gestión	28
2.1.2. Just in Time	28

2.1.3.	Mejora continua.....	30
2.2.	Kanban.....	32
2.2.1.	Elementos del Kanban.....	32
2.2.2.	Requisitos del Kanban	33
2.2.3.	Pasos del Kanban.....	33
2.2.4.	Reglas para el Kanban	34
2.3.	SMED	34
2.3.1.	Fases del SMED.....	35
2.4.	Mediciones y metodologías utilizadas	37
2.4.1.	TRS y TRSP	37
2.4.2.	Microsoft Access, Excel y Visual Basic.....	38
2.4.3.	Diagrama de espagueti.....	40
Capítulo 3.	Obtención de datos.....	43
3.1.	Vocabulario	45
3.2.	Traza completa.....	47
3.2.1.	Elementos de la traza completa	47
3.2.2.	Obtención de la traza completa	48
3.2.3.	Utilidades de la traza completa.....	48
3.3.	Traza ruta.....	49
3.3.1.	Elementos de la traza ruta	49
3.3.2.	Obtención de la traza ruta.....	50
3.3.3.	Utilidades de la traza ruta	51
3.4.	Traza resumen.....	51
3.4.1.	Elementos de la traza resumen	51
3.4.2.	Obtención de la traza resumen	53
3.4.3.	Utilidades de la traza resumen.....	53
3.5.	Descripción y obtención del TRSP	54
3.6.	Traza de pedidos y base de datos de Access.....	55
3.7.	Automatización del proceso de obtención de datos.....	57
Capítulo 4.	Propuestas logísticas	59
4.1.	Descripción de la tipología de almacenes	62
4.2.	Descripción de la logística de transporte entre máquinas y almacenes	64
4.3.	Propuesta de reordenación de los almacenes	66



4.3.1.	Situación inicial	66
4.3.2.	Propuesta realizada	66
4.3.3.	Conclusión de la propuesta.....	70
4.4.	Propuesta sobre los huecos en desuso.....	71
4.4.1.	Situación inicial	71
4.4.2.	Propuesta realizada	71
4.4.3.	Conclusión de la propuesta.....	73
4.5.	Propuestas de control de tráfico	73
4.5.1.	Situación inicial	73
4.5.2.	Propuesta realizada	73
4.5.3.	Conclusiones de las propuestas.....	75
Capítulo 5.	Propuestas acerca de los AGVs.....	77
5.1.	Propuestas sobre los cambios de batería	79
5.1.1.	Situación inicial	79
5.1.2.	Propuestas realizadas	80
5.1.3.	Conclusiones de las propuestas.....	85
5.2.	Propuesta de modificación de las velocidades.....	85
5.2.1.	Situación inicial	85
5.2.2.	Propuesta realizada	85
5.2.3.	Conclusión de la propuesta.....	87
5.3.	Estudio sobre las diferencias entre los AGVs.....	88
5.3.1.	Situación inicial	88
5.3.2.	Estudio realizado.....	88
5.3.3.	Conclusión del estudio.....	90
Capítulo 6.	Peticiones de estudio por parte del taller	93
6.1.	Propuesta para la optimización de Picks	95
6.1.1.	Situación inicial	95
6.1.2.	Propuesta realizada	97
6.1.3.	Conclusión de la propuesta.....	100
6.2.	Estudio sobre ciertas modificaciones en la línea “3B”	100
6.2.1.	Situación inicial	100
6.2.2.	Estudios realizados.....	101
6.2.3.	Conclusiones de los estudios	102

6.3.	Estudio sobre la posible unión de las líneas 2 y 3B	102
6.3.1.	Situación inicial.....	103
6.3.2.	Estudios realizados	103
6.3.3.	Conclusión de los estudios	105
6.4.	Estudio del impacto sobre Garbo de la estandarización de las bobinas de Napa Carcasa (NC)	106
6.4.1.	Situación inicial.....	106
6.4.2.	Estudio realizado	107
6.4.3.	Conclusión del estudio	108
Capítulo 7.	Estudio económico	109
7.1.	Jerarquía seguida para la realización del estudio	111
7.2.	Características y fases del estudio.....	112
7.3.	Estudio económico	114
7.3.1.	Costes generados en cada fase del estudio	117
7.3.2.	Costes totales del estudio	121
7.3.3.	Ganancias del estudio	121
7.3.4.	Beneficios obtenidos con la realización del estudio	122
	Conclusiones y líneas futuras	123
	Bibliografía.....	131

Índice de figuras

Figura 1.1. Logo comercial Michelin.	9
Figura 1.2. Zonas geográficas del grupo Michelin.	10
Figura 1.3. Marcas comerciales del grupo Michelin.	12
Figura 1.4. Centros de Michelin España-Portugal.....	16
Figura 1.5. Imagen aérea del Centro de experiencias de Michelin Almería.	18
Figura 1.6. Fábrica de Michelin Valladolid.....	18
Figura 1.7. AGV "Garbo" y sus diferentes sensores.....	21
Figura 1.8. Logo comercial JBT Corporation.	22
Figura 1.9. Sistema de láseres AGVs.	23
Figura 2.1. Analogía del río de existencias.....	29
Figura 2.2. Representación gráfica del ciclo PDCA.	31
Figura 2.3. Ejemplo de diagrama de espagueti.....	40
Figura 4.1. Localización de los centros de trabajo en los que se realizó el estudio.	61
Figura 4.2. Tipología de las diferentes cremalleras encontradas en el taller.	63
Figura 4.3. Reparto de huecos de almacenaje en el taller según tipología.....	63
Figura 4.4. Ejemplo visual de la notación de los huecos del almacén, mediante un alzado de las cremalleras de la línea 2.....	64
Figura 4.5. Mapa del taller con ubicación de los centros de trabajo, la dirección de su flujo y la ubicación del nodo conflictivo.	65
Figura 4.6. Representación de la entrada y salida del centro de trabajo de turismo, las dos zonas de almacenaje del producto "Banda Lovee", el stock avanzado de la máquina consumidora de este mismo material y el cruce más conflictivo del taller.	68
Figura 4.7. Diagrama de Espagueti Banda Lovee 1, contenedor lleno desde la máquina productora hasta los almacenes.....	69

Figura 4.8. Diagrama de Espaguete Banda Lovee 2, contenedor lleno desde los almacenes hasta las máquinas de consumidoras.	69
Figura 4.9. Diagrama de Espaguete Banda Lovee 3, contenedor vacío desde máquina consumidora hasta almacenes.	69
Figura 4.10. Diagrama de Espaguete Banda Lovee 4, contenedor vacío desde almacenes hasta máquina productora.	70
Figura 4.11. Secciones y nodos de estudio en el apartado “5.5 Propuestas de control de tráfico”	74
Figura 5.1. Tiempo empleado en los cambios de batería en cada hora del día. Fuente: elaboración propia.	84
Figura 5.2. Comparativa de las dos zonas que se propone cambiar con sus respectivas zonas semejantes más rápidas.	86
Figura 5.3. Mapa de espejos en la zona lenta "B" y su supuesta interacción de Garbo con éstos.	87
Figura 6.1. Localización de la máquina BL2 y sus stocks avanzados en el taller de preparación.	99
Figura 6.2. Distinción de las calles "3A" y "3B" de la línea 3 del taller de turismo y localización del apartadero de la calle “3B”	101
Figura 6.3. Ubicación de la supuesta calle "23B" en el taller de turismo.	103
Figura 6.4. Representación gráfica de las tres posibles propuestas a estudiar en el apartado “6.3 Unión entre las líneas 2 y 3B”.	104
Figura 6.5. Ubicación de las calles paralelas de las mismas dimensiones que la calle 23B.	105
Figura 7.1. Organigrama de los componentes del estudio.	111
Figura 7.2. Etapas en las que se divide el estudio.	114

Índice de tablas

Tabla 3.1. Ejemplo del TRSP. Fuente: intranet de Michelin.....	55
Tabla 4.1. Filtros empleados en la base de datos de Access.	71
Tabla 5.1. Horario establecido, en el método operatorio original, para la verificación de las baterías de Garbo.	81
Tabla 5.2. Horario establecido, en el método operatorio modificado, para la verificación de las baterías de Garbo.	82
Tabla 5.3. Pautas para la mejor planificación de los cambios de batería plasmada en el método operatorio modificado.	83
Tabla 5.4. Resultados de los indicadores de récords realizados por cada AGV, y de pedidos realizados por cada cambio de batería.	89
Tabla 6.1. Etapas seguidas para la realización de un aprovisionamiento.	96
Tabla 6.2. Sistema actual de secuenciación de los pedidos realizados a Garbo con sus inicios y finales.	96
Tabla 6.3. Sistema propuesto de secuenciación de los pedidos realizados a Garbo con sus inicios y finales.	98
Tabla 6.4. Distribución de tiempos de los picks realizados en la BL2.	99
Tabla 6.5. Resultados de las ganancias que se obtendrían según las tres variantes de la propuesta.....	106
Tabla 6.6. Datos de las pérdidas con la estandarización a la calidad 800 según los pedidos en las diferentes máquinas afectadas.	108
Tabla 6.7. Datos de las ganancias con la estandarización a la calidad 1100 según los pedidos en las diferentes máquinas afectadas.....	108
Tabla 7.1. Cálculo del tiempo efectivo de trabajo anual en días y horas.	115
Tabla 7.2. Costes en personal para la empresa.	115
Tabla 7.3. Horas empleadas por cada trabajador en el estudio.	116
Tabla 7.4. Cálculo de los costes por amortizaciones.	116

Tabla 7.5. Cálculo de los costes por material consumible.	117
Tabla 7.6. Cálculo de los costes indirectos ocasionados.	117
Tabla 7.7. Cálculo de costes asociados a la fase 1.....	118
Tabla 7.8. Cálculo de costes asociados a la fase 2.....	118
Tabla 7.9. Cálculo de costes asociados a la fase 3.....	119
Tabla 7.10. Cálculo de costes asociados a la fase 4.....	119
Tabla 7.11. Cálculo de costes asociados a la fase 5.....	120
Tabla 7.12. Cálculo de costes asociados a la fase 6.....	120
Tabla 7.13. Suma de todos los costes del trabajo.	121
Tabla 7.14. Ganancias obtenidas con el estudio.	121
Tabla 7.15. Beneficios obtenidos por la empresa con el proyecto realizado.	122

Introducción

Introducción:

Antecedentes

La empresa Michelin está presente en la península ibérica desde 1909 y en la actualidad cuenta con 7 centros en este territorio, uno de ellos en la ciudad de Valladolid. Es en esta planta donde se centra el trabajo que describiremos a lo largo de este estudio.

La actividad principal de esta fábrica es la producción de neumáticos. En este trabajo nos centraremos únicamente en dos talleres que se encargan de dos procesos intermedios de esta producción. Estos centros de trabajo son turismo y preparación.

Las máquinas del taller de turismo serán las encargadas de obtener la carcasa de un neumático, es decir, la goma que lo compone antes de cocerla. Mientras tanto en el taller de preparación acondicionarán las materias primas para que las máquinas de turismo puedan utilizarlas.

La logística interna entre estos dos talleres se gestiona a través de unos vehículos de guiado automático (AGV) que denominaremos Garbo. Estos AGVs cuentan con una flota de once vehículos para realizar los aprovisionamientos y las evacuaciones de ciertas máquinas de estos talleres.

Tanto en el grupo Michelin como en la fábrica de Valladolid se siguen unas dinámicas de mejora continua en todos sus procesos. La finalidad de esta filosofía es asegurar la calidad existente y siempre que sea posible, mejorarla en aquellos procesos que no sean óptimos.

Por esos motivos, desde la instalación de Garbo, la empresa ha tratado de mejorar el rendimiento de estos AGVs. Una prueba de ello es que el trabajo realizado partía de la base de otras dos prácticas que otros estudiantes habían realizado en el mismo puesto.

Motivación

Como cualquier instalación industrial, la fábrica de Michelin Valladolid se encuentra expuesta a continuos cambios que, en función de su origen, pueden ser previstos o imprevistos. Éstos pueden generar pérdidas o ganancias tanto para cada elemento del sistema como para el propio conjunto.

Por tanto, para asegurarse de que los cambios que se producen en las instalaciones son beneficiosos, es necesario llevar a cabo estudios de las diferentes unidades que componen la factoría, ya sea para tener un seguimiento del cumplimiento de sus tareas a través del rendimiento, o la búsqueda de métodos que hagan aumentar su productividad, que es el tema principal de este proyecto.

Nos encontramos en una fábrica con un volumen de producción en crecimiento, lo que implica que las máquinas cada vez tendrán que ir realizando más productos y consumiendo más materias primas. Esto se traduce en una carga mayor para el sistema de logística interna que se utiliza en la fábrica, los vehículos de guiado automático (AGV) conocidos con el nombre de Garbo.

La flota actual de once AGVs es capaz de abastecer la demanda actual en la mayoría de los casos, pero no es perfecta. El problema viene en esos casos en los que una máquina se ve forzada a parar su producción por falta de aprovisionamiento por parte de Garbo, dando lugar una gran cantidad de pérdidas económicas y productivas.

Por tanto, para evitar las situaciones de falta de aprovisionamiento en sus máquinas debido a la logística interna, surge la idea de comenzar este trabajo. Además de esta motivación, si se quiere que la empresa siga creciendo, se precisa que su logística interna sea capaz de cubrir toda la demanda existente e incluso tener capacidad para aumentarla.

Objetivos del proyecto

La realización del proyecto *“Propuestas para la mejora de la logística interna proporcionada por el sistema de AGV Garbo en la planta de Michelin – Valladolid”* es el estudio de unas instalaciones con pérdidas de producción por falta de aprovisionamiento. Por esta razón el principal objetivo a cumplir será **aumentar el rendimiento del sistema de logística interna** en el que se centra este trabajo.

Para conseguir nuestro objetivo principal deberemos utilizar las herramientas habituales de un estudio organizativo como pueden ser: medida, análisis, propuestas, implementación, control... Así como metodologías estudiadas en la carrera como el Lean Manufacturing, Just in Time o Kanban.

Por ello, nos fijaremos diferentes metas más sencillas de alcanzar, de forma que entre todas conseguiremos realizar nuestro propósito. Estos hitos en los que nos centraremos son la mejora de la toma de datos, de la planificación de rutas de los AGVs y de los propios parámetros por los que rigen los vehículos.

La mejora de la **toma de datos** es un propósito muy necesario desde el primer momento para un trabajo de este estilo. Si se quiere mejorar el funcionamiento de cualquier equipo, hay que tener una fuente fiable de datos de la cual obtener su rendimiento u otro tipo de información relevante para poder realizar propuestas de mejora para nuestro sistema. Además, si este sistema de obtención de datos es de forma automática podrá ser utilizado de una manera más sencilla, en menor tiempo y por más personas. Haciendo así que se invierta menos tiempo en esta tarea y más en la búsqueda de propuestas de mejora.

La **planificación de las rutas** que ha de seguir nuestra flota de AGVs es una forma de abordar el objetivo principal desde el punto de vista de la logística. Para ello habrá que entender plenamente el funcionamiento de los vehículos y su relación con el entorno que les rodea. Después habrá que buscar la mejor forma de ordenar los elementos que componen el centro de trabajo para que las rutas que siga Garbo sean lo más eficientes posibles.

Por último, otra forma de afrontar el objetivo de mejorar el rendimiento será a través de la **modificación de ciertos parámetros**, o ciertas tareas que se realizan sobre los vehículos. De forma que cambiando alguna de las características que tienen, o alguno de los procesos que se realizan sobre ellos, se pueda conseguir que tengan más tiempo para realizar su actividad principal.

Estructura de la memoria

El presente trabajo se ha estructurado en un total de siete capítulos y unas conclusiones en las que se sintetizan los resultados obtenidos con el estudio, a continuación, describiremos cada una de las partes.

Para comenzar, como el estudio se realizó en la fábrica de Michelin de Valladolid, haremos una breve introducción a la empresa y al centro de trabajo donde se ha desarrollado el trabajo.

Acto seguido nos dedicaremos a explicar y describir ciertos aspectos teóricos importantes para la comprensión del funcionamiento de la fábrica y de los AGVs. También incluiremos conocimientos necesarios para el desarrollo de las ideas de mejora que se propondrán en los siguientes capítulos.

Una vez sepamos dónde se realiza el estudio y en qué argumentos teóricos nos vamos a basar, comenzaremos con el primer capítulo de práctica. En él describiremos la forma existente de obtención de datos de los vehículos Garbo, su procesado y como se va a automatizar.

Conociendo el sistema de obtención de datos procederemos con el tema principal del estudio, realizar propuestas de mejora para el sistema de logística interna Garbo. Como la cantidad de sugerencias es extensa se ha dividido a lo largo de los capítulos cuarto al sexto agrupándolas por su naturaleza. De forma que sus diferencias se plantean a continuación:

- El cuarto capítulo “Propuestas logísticas” recopila una serie de medidas de carácter logístico que se llevaron a cabo en la planta para obtener beneficios.
- Por otra parte, el siguiente capítulo “Propuestas a cerca de los AGVs” se centra en aquellas proposiciones que se realizaron para mejorar el rendimiento de Garbo centrándose en los propios vehículos y las tareas que se realizan sobre ellos.
- Debido a que no todas las propuestas fueron ideas del autor, se ha dedicado un capítulo a aquellas propuestas que fueron realizadas a petición de la dirección del taller.

Habiendo acabado el trabajo se realizará un análisis de los costes que suponen la realización de este proyecto, además de su planificación, en un capítulo titulado “Estudio económico”.

Para finalizar incluiremos un apartado de conclusiones y líneas futuras que resume los resultados que se han acabado obteniendo tras la realización del proyecto y propone posibles vías para la continuación de éste.

**Capítulo 1. Michelin España y
Portugal y su sede en
Valladolid**

Capítulo 1. Valladolid

El trabajo sobre el que se desarrolla el estudio fue realizado en la planta situada en Valladolid de la compañía Michelin España y Portugal S.A. En este capítulo se describirá la empresa y su actividad. Se comenzará con una descripción general de la empresa. Acto seguido se hará un enfoque centrado en la sección del grupo ubicada en la península ibérica. Para finalizar describiremos brevemente las instalaciones y equipos necesarios para la realización del trabajo.

1.1. Grupo Michelin

El grupo Michelin (figura 1.1) es una empresa global que surgió en Francia a finales del siglo XIX. Durante sus orígenes su único producto eran las ruedas mono chasis para bicicletas. Más tarde decidieron producir neumáticos desmontables, separando la rueda de la goma. Aunque en la actualidad sea lo más común, en aquel entonces fue un hecho revolucionario que les hizo saltar a la fama.



Figura 1.1. Logo comercial Michelin.

Fuente: intranet de Michelin.

Hoy en día la empresa ha evolucionado y se ha expandido por todo el mundo, estando presente en los cinco continentes. Sumando laboratorios de I+D+I, centros de pruebas y fábricas de producción, cuentan con más de 75 sedes en todo el mundo, repartidas en ocho zonas geográficas como podemos apreciar en la figura 1.2.



Figura 1.2. Zonas geográficas del grupo Michelin.

Fuente: intranet de Michelin.

1.1.1. Productos

La compañía es mundialmente famosa por la venta de neumáticos, pero este término se queda un poco corto. Al igual que existen múltiples métodos de transporte sobre ruedas, cada uno de ellos necesita un tipo de neumático específico, e incluso mismos vehículos requerirán diferentes tipos de cubiertas según la función que desempeñen o la zona donde se utilicen.

De esta forma, si nos centramos en el medio de transporte que va a utilizar el neumático, distinguiremos los diferentes productos con el nombre del vehículo que los calzará de la siguiente manera:

- Agrícolas.
- Autocaravanas.
- Avión.
- Bicicletas.
- Camiones.
- Coches eléctricos.
- Ferrocarril.
- Motocicletas.
- SUV 4x4.
- Turismos.

Según la climatología que en la que se vaya a utilizar el vehículo se podrán distinguir tres grupos de cubiertas:

- Neumáticos de verano: ofreciendo un mejor rendimiento a temperaturas superiores a siete grados centígrados.
- Neumáticos de invierno: disponen de una adherencia óptima con temperaturas menores a siete grados centígrados. Cuentan con el símbolo 3PMSF, que se refiere a su buena adaptación en frío, hielo, nieve o mojado.
- Neumáticos para todos los climas: los conocidos como neumáticos “CrossClimate” están diseñados para tener óptima adherencia en climas cálidos y secos como en frío y sobre suelo mojado.

Además de las distinciones ya hechas, se puede diferenciar los neumáticos en función de las siguientes formas de empleo:

- Conducción diaria: buscando un enfoque que combine la seguridad y a la vez larga duración de las gomas.
- Conducción deportiva: diseñados para realzar la imagen del coche, éstos son desarrollados con los fabricantes de vehículos más exigentes (BMW, Porsche, Audi, Mercedes...).
- Conducción para circuito: orientados a la conducción deportiva, equilibrando la frenada y la duración de los neumáticos.
- Conducción off-road: mejorando la motricidad en terrenos sin asfaltar, blandos y deslizantes, con una buena adaptación al uso fuera de las carreteras.

Otro producto insignia de la compañía, son sus guías de viaje, que desde el principio del siglo XX han acompañado a los viajeros en sus travesías. Las guías fueron creadas con la idea de ayudar al conductor a planificar mejor sus rutas, saber en qué sitio estacionar, que lugar visitar o donde parar a comer.

Estas guías son renovadas cada año para ofrecer una información fiable y actual. Los más de 45.000 establecimientos, entre los que destacan hoteles y restaurantes, son seleccionados cada año por inspectores bajo los siguientes cinco compromisos para garantizar la objetividad y la calidad:

- 1) Anonimato: los inspectores testean los productos y servicios prestados de forma anónima para asegurarse de que no exista ningún trato preferencial.

- 2) Independencia: la selección de establecimientos se realiza con total independencia de éstos y su ingreso se realiza de forma gratuita. De esta manera se asegura un punto de vista totalmente objetivo.
- 3) Selección: la guía recoge una selección de comercios en todas las categorías de confort y precio, como resultado del mismo método por parte de todos los inspectores, indiferentemente del país en el que actúen.
- 4) Actualización: cada año, todas las clasificaciones y distinciones son actualizadas y revisadas para tener una información más fiable.
- 5) Homogeneidad: Los criterios de evaluación son únicos sin importar el país en el que se encuentren.

1.1.2. Marcas

El grupo Michelin no se compone únicamente de su marca principal de neumáticos. Bajo su administración se encuentran diferentes marcas asociadas que ofrecen productos y servicios de alta calidad a menor precio, como las representadas en la figura 1.3.



Figura 1.3. Marcas comerciales del grupo Michelin.

Fuente: intranet de Michelin.

De esta forma, la firma principal no tiene que apostar por todos los tipos de neumáticos. Por ejemplo, de las marcas antes mostradas, BFGoodrich se especializa en neumáticos para todoterrenos en Estados Unidos. Gracias a esto, entre todas las marcas asociadas y la principal, se producen y lanzan al mercado más de 36.000 tipos de cubiertas diferentes a lo largo de todo el planeta.

Pero el grupo no sólo incluye fábricas de neumáticos, también cuenta entre sus filas con marcas de talleres y distribuidores oficiales. Un ejemplo de este tipo es la marca Euromaster mostrada anteriormente en la figura 1.3, que funciona tanto como taller y distribuidor oficial para los conductores que quieran realizar allí un cambio de neumáticos.

1.1.3. Compromisos

Todos y cada uno de los centros con los que cuenta la empresa, ha suscrito unos compromisos ante la sociedad y se han comprometido a cumplirlos.

Declaración de salud y seguridad Michelin

Cada persona es única, por tanto, su salud y seguridad son primordiales. Para asegurarse de ello, se aplican en todas las fases existentes unos estándares de organización y medios de prevención adaptados. Éstos se basan en tres principios esenciales:

- Un buen comportamiento empieza por el respeto a las reglas.
- Cada uno a su nivel es responsable de su salud y seguridad, y también de los que le rodean mediante su participación activa.
- Un progreso permanente se consigue con el compromiso personal de todos.

Compromiso en la prevención de riesgos laborales

Este compromiso se lleva a cabo en todos los niveles de responsabilidad y es necesario que se aplique en todos los centros. Esta política se divide en los siguientes ámbitos:

- Prevenir riesgos laborales desde el diseño.
- Respetar la legislación vigente y otros compromisos aplicables.
- Conocer la naturaleza y el origen de los accidentes e incidentes.
- Establecer un plan anual de prevención de riesgos laborales.
- Formar e informar al personal sobre los riesgos, las buenas prácticas y los métodos adecuados.
- Fomentar la participación del personal en la prevención de riesgos laborales.
- Tener vías de comunicación abiertas con la representación social la administración y otros interlocutores implicados.

Declaración de calidad

Como el cliente es la razón de ser de la empresa, los dos objetivos principales son: ofrecer el mejor neumático al mejor precio y ser sinónimo de calidad en los servicios prestados. Por tanto, se quieren cumplir los siguientes estándares en cuanto a la calidad:

- Satisfacer y anticipar las expectativas de los clientes.
- Conseguir el “bueno a la primera” en todas nuestras actividades.
- Mejorar continuamente la calidad de nuestros productos y servicios.

Compromiso con el medio ambiente

Michelin apuesta firmemente por la protección del medio ambiente en todos sus centros de trabajo por ello orientan sus esfuerzos en:

- Tener en cuenta la prevención de las diferentes formas de contaminación y la protección del entorno natural en el desarrollo de sus actividades.
- Respetar la legislación, reglamentación y demás exigencias ambientales.
- Establecer y aplicar un plan ambiental.
- Mejorar los resultados ambientales en los centros.

Compromiso con la igualdad

Acorde a la filosofía de trabajo de la compañía y la legislación española se ha elaborado un plan de igualdad. En él se realizó un análisis que mostró que no existían diferencias significativas entre ambos sexos. Las principales medidas en las que se centra el plan son:

- Igualdad en los procesos de selección, formación, evolución profesional y retribución.
- Procesos de comunicación con lenguaje igualitario.
- Aumentar los programas de formación en materia de igualdad.
- Garantizar que no exista discriminación por razones de sexo que provoque la salida voluntaria del personal de la empresa.

Compromiso con la diversidad

La idea de Michelin es permitir a todos los talentos desarrollarse en su diversidad, sin ninguna discriminación, a todos los niveles y en todos los sectores. De esta forma se intenta conseguir una empresa más competitiva y

en armonía con las expectativas del cliente. Los tres principios esenciales para lograr los objetivos de este compromiso son:

- Garantía de igualdad de oportunidades, la discriminación es inaceptable.
- Lo que prima es el talento y la capacidad, no se trata de establecer cuotas.
- Las opciones personales pertenecen al ámbito privado. No debe haber ningún tipo de proselitismo en los entornos de trabajo.

Los principales ejes en los que se centra la diversidad son: sexo, discapacidad, edad, origen étnico, cultura y nacionalidad.

1.1.4. Avanzar juntos

Esta dinámica es la que reafirma los valores y presenta los compromisos de la marca. Se quiere saber atraer y conservar el talento en cualquier parte del mundo, transmitir su cultura y su saber hacer.

Los tres pilares en los que se basa esta identidad son:

- Pasión y confianza.
- Desarrollo y movilidad.
- Responsabilidad y resultado.

1.2. Michelin España-Portugal

Como ya hemos visto el grupo Michelin está presente en todo el mundo, y se divide en ciertos sectores según el mercado al que esté dirigido. A su vez estos mercados se dividen en pequeñas divisiones para controlar mejor su territorio. Una de ellas, donde se realizó el estudio, es la que actúa en la península ibérica, Michelin España-Portugal.

1.2.1. Organización y centros en la península

La península ibérica cuenta con siete centros de la marca Michelin, seis de ellos en España y uno en Portugal, como observamos en la figura 1.4. De ellos cuatro son fábricas, dos centros de oficinas y ventas y uno un centro de pruebas. A continuación, se describirán sus actividades siguiendo el orden cronológico de la inauguración de los centros.

Madrid

La presencia de Michelin en la península ibérica comienza en el año 1909 con la apertura de la primera oficina comercial en Madrid. Actualmente en la sede de Tres Cantos (Madrid) se cuenta también con el centro de

formación y asesoramiento Michelin (CFAM), cuyos dos objetivos principales son los siguientes:

- La formación y el asesoramiento de sus clientes en el ámbito de sus productos, servicios y gestión empresarial.
- La formación del personal de Michelin en los departamentos comerciales y de marketing.

El trabajo realizado en esta sede, aparte de la formación ya citada, se basa en dar los siguientes servicios:

- Estructura comercial de la mayoría de las líneas de productos.
- Servicio jurídico.
- Servicio de personal.
- Marcas y relaciones exteriores.

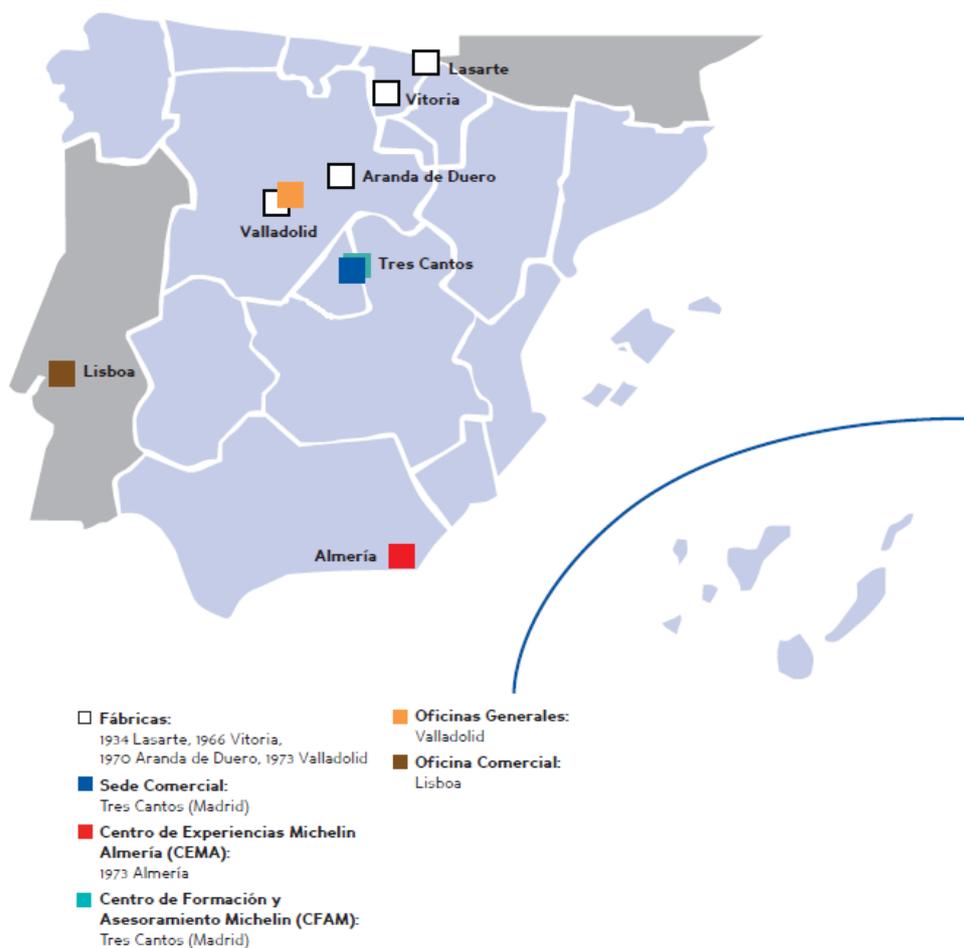


Figura 1.4. Centros de Michelin España-Portugal.

Fuente: intranet de Michelin.

Lasarte

La primera presencia a nivel industrial en la península ibérica surgió en el año 1934 cuando se abre la primera Fábrica en Lasarte (San Sebastián). Se comenzó elaborando neumáticos para turismos y posteriormente gomas para bicicletas, cámaras de aire, parches de reparación. Actualmente su principal actividad son las cubiertas para motocicletas.

Vitoria

Tres décadas después, una segunda fábrica fue abierta en el País Vasco también. En 1966 se inauguró la fábrica de Vitoria dedicada a neumáticos de obras públicas. Además, fueron creando plantas para confeccionar productos semiterminados (mezclas de goma, cables, aros tejido metálico...).

En la actualidad su línea de ingeniería civil es una de las de mayor volumen a nivel global en el grupo. Pero no se centran únicamente en ella, sino que cuenta con las siguientes actividades:

- Ingeniería civil.
- Refuerzos metálicos.
- Turismo-camioneta.
- Semiterminados.

Aranda

En el 1970 empieza a funcionar la fábrica de Aranda de Duero especializada en cubiertas para camiones. Posteriormente añade a sus líneas de fabricación conjuntos neumáticos (rueda cubierta, válvula, clip, masa de equilibrado y puesta a punto) para su inmediata incorporación al vehículo.

Desde 1995 hasta la actualidad esta fábrica ha reducido su actividad única y exclusivamente a los neumáticos para camión.

Almería

El primer centro de Michelin dedicado a realizar pruebas abrió sus puertas en 1973 en Almería. Es uno de los centros de ensayos más importantes del mundo, donde se testean neumáticos de camión, obras públicas, tractor, turismo y avión.

El centro ocupa 4.500 hectáreas y se sitúa en el Cabo de Gata, zona que se escogió por tener la menor pluviometría de toda Europa. En él se cuenta con más de 40 pistas de pruebas que superan los 100 kilómetros de longitud.

Al encontrarse las inmediaciones de un parque natural, la compañía debe realizar una labor activa de protección y repoblación de suelos, así como de conservar de la fauna y la flora autóctona. En la figura 1.5 podemos observar estas instalaciones.



Figura 1.5. Imagen aérea del Centro de experiencias de Michelin Almería.

Fuente: intranet de Michelin.

Michelin Portugal

Tras un cierto tiempo en que la compañía francesa tuvo un pequeño equipo de ventas, con cierta movilidad a lo largo del país, en el año 1974 se asentó la compañía Luso Pneu de Michelin en Lisboa, haciendo despegar el mercado portugués. Especialmente con su ingreso en la unión europea en 1986 y la eliminación de aranceles. Desde 1998 se empieza una reestructuración de la compañía para integrarse en el grupo Michelin España Portugal S.A. Así pues, en el año 2000 cierra el último almacén existente y un año más tarde los servicios de apoyo a la actividad comercial se trasladan a Madrid, dejando en el país luso únicamente oficinas.

Valladolid

La última fábrica que se inauguró en España fue la situada en Valladolid, que a partir de 1975 se dedicó al desarrollo de neumáticos para turismos americanos. Más tarde se fue adentrando en otros productos (semiterminado, agrícola, camión...) y también se instalaron en ella las oficinas generales donde se acoge la dirección de la empresa en la península. En la figura 1.6 se puede apreciar una zona de esta fábrica.



Figura 1.6. Fábrica de Michelin Valladolid.

Fuente: intranet de Michelin.

Esta fábrica destaca por ser la única de España dedicada al renovado de neumáticos de canción. Incluyendo esta actividad, las líneas de producción que están activas actualmente son:

- Agrícola.
- Camión: renovado.
- Turismo-camioneta.
- Semiterminados.

Por otra parte, los servicios que se encuentran dentro de las oficinas generales en este emplazamiento son:

- Compras.
- Finanzas.
- Personal.
- Marcas y relaciones exteriores.
- Sistemas de información.
- Logística.
- Oficinas de ingeniería.
- Comunicación.
- Prevención y medioambiente.

1.2.2. Datos y estadísticas

La península ibérica, en especial España, juega un papel preponderante en el contexto de la producción europea. Más de la mitad de los neumáticos que se producen, son exportados al extranjero.

En los centros de trabajo repartidos por toda la extensión territorial, se trabaja la mayor parte de las gamas de producto: camión, agrícola, turismo, obras públicas, moto...

El 70% de los equipos de España trabajan en actividades industriales.

El equipo humano que constituye la plantilla del grupo en la península se compone de más de 7.000 empleados.

La división de la península alcanzó una cifra de negocios consolidada de 2.500 millones de euros en 2015 y la producción de neumáticos el año siguiente superó las 400.000 Tm.

1.3. Michelin Valladolid

Como hemos mencionado previamente, el estudio se realizó en la fábrica situada en la ciudad de Valladolid, perteneciente al grupo Michelin España-Portugal. Más concretamente en el departamento de organización industrial y dentro de este departamento los centros de trabajo asignados fueron turismo y su preparación.

1.3.1. Estructura de la fábrica

La fábrica de Valladolid se encuentra dividida en varios centros de trabajo que pueden tener relación unos con otros si se dedican a la misma actividad, o ser independientes si se dedican a diferentes actividades.

Así pues, dentro de la parte industrial de la factoría se pueden encontrar los siguientes cuatro grandes actividades, que luego se dividirán en pequeños centros de trabajo para tener así una mejor organización, éstas son:

- MAT-SF: también conocida como “Z”, es el primer taller del proceso de producción de neumáticos. En él se realiza la mezcla del caucho y los diferentes químicos empleados para obtener la goma que se utilizará a posteriori. Este taller “Z” es el más grande y productivo del grupo Michelin y produce para diversas factorías de la compañía a parte de la local.
- TCE: en esta actividad se realizan los neumáticos dedicados a turismos. Para ello en sus diferentes centros de trabajo habrá que elaborar la carcasa a partir de la goma recibida de “MAT-SF” y después cocerla para obtener el resultado final.
- AGI: actividad centrada en la realización de neumáticos para vehículos agrícolas. Para ello deberán realizar las mismas tareas que en “TCE” pero con distinta maquinaria para adaptarse a dimensiones más grandes.
- PLER: en este taller se realiza la actividad de renovado para neumáticos de camión. Es decir, en él se tratan neumáticos ya utilizados para poder darles un segundo uso.

A parte de esta clasificación, también se puede dividir los departamentos de trabajo que no sean única y exclusivamente de un taller por sus funciones. De esta manera se tienen las siguientes secciones de trabajo:

- SP (servicio de personal): dedicado a la gestión del personal de toda la fábrica.
- EP (seguridad y prevención de riesgos): este departamento se encarga de anteponer la seguridad en todos los talleres.

- ORG (organización y progreso): donde se gestiona y controla la producción, métodos de trabajo y el cumplimiento de objetivos de los diversos talleres de la factoría.
- DGOP (mantenimiento y automatismos): responsable del correcto funcionamiento de la maquinaria y los servicios necesarios para su reparación.
- SC (logística): encargado de realizar las labores de logística como la distribución de materias primas y los envíos de los diferentes productos.
- DGSI (sistemas informáticos): llevan la parte de informática, sistemas de información y la programación de ciertas máquinas autómatas.
- GQA (calidad): quienes se aseguran de que haya una garantía de calidad en los productos terminados.

1.3.2. Centros de trabajo dónde se ha realizado el estudio y vehículos empleados

La actividad en la que se realizó el estudio fue “TCE”. en concreto en los talleres de turismo y preparación. Para las labores de logística interna de cada uno de estos talleres y su conexión se cuenta con unos AGVs conocidos en la fábrica como “Garbo” (figura 1.7).



Figura 1.7. AGV "Garbo" y sus diferentes sensores.

Fuente: intranet de Michelin.

El centro de trabajo de preparación es una zona dónde se procesa la goma obtenida en el taller de “Z”. El proceso de obtención de material desde “Z” al centro de trabajo de preparación se realiza mediante el transporte con carretillas con conductor mientras que su traslado a la siguiente etapa del ciclo de producción se realiza mediante AGVs.

Por otra parte, el otro centro de trabajo donde se ha ubicado el estudio es el conocido como turismo. En él se elaborarán las diferentes capas de la goma y se montan unas sobre otras para acabar con un producto de turismo terminado antes de su cocción. Como hemos mencionado antes los aprovisionamientos de los materiales necesarios para esta manufactura se efectuarán a través de Garbo.

Estos vehículos de guiado automático llevan funcionando en la fábrica durante diez años. Como todo proceso productivo, empezó con una prueba dónde se experimentó con pocos AGVs. Con el tiempo, viendo que estaban dando buenos resultados se fue ampliando la flota paulatinamente hasta llegar al número actual de once vehículos.

La marca suministradora de éstos es JBTC (figura 1.8), quienes cuentan con programas de expansión y cambio en caso de que su cliente requiera un aumento de flota o una instalación en otro taller. Así mismo también cuenta con un sistema de mantenimiento a domicilio y una base de datos con la información necesaria para abaratar costes en casos de expansión de flota.

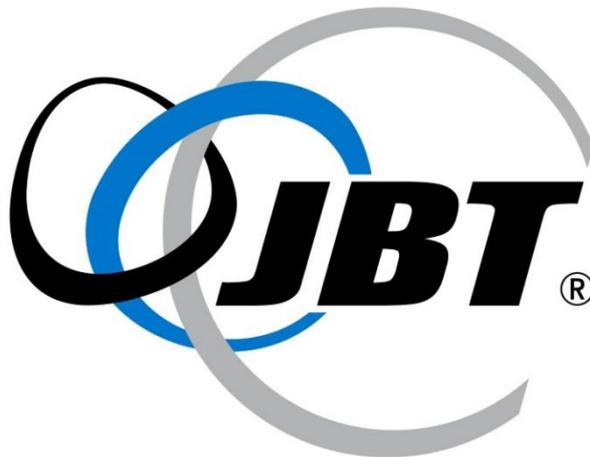


Figura 1.8. Logo comercial JBT Corporation.

Fuente: JBT Corporation.

El modelo de los AGVs localizados en la planta de Michelin Valladolid es el “Forked AGV”, con motor eléctrico, elevador hidráulico y una capacidad de carga de 1500kg. El término inglés “forked” viene de la palabra tenedor y quiere decir que la forma de actuar de los AGV es similar a la de este utensilio, va a buscar un objeto, lo levanta con sus dos extremidades traseras, lo

transporta al destino y lo eleva hasta la altura donde tenga que realizar su deposición.

El guiado a lo largo de la fábrica se realiza con un sistema de láseres y espejos como vemos en la figura 1.9. Cada AGV cuenta con un conjunto de láseres situados en su zona más alta, cuando la luz emitida se refleja en uno de los muchos espejos situados en su camino, le devuelve la información acerca de la posición en la que se encuentra y la distancia a la que está de él, para así ir desplazándose por la fábrica de espejo a espejo.

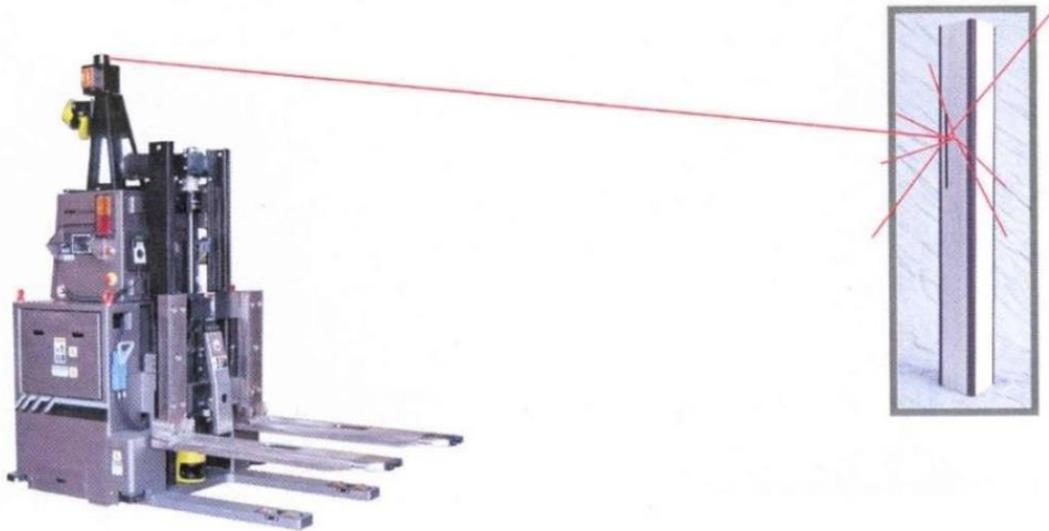


Figura 1.9. Sistema de láseres AGVs.

Fuente: intranet de Michelin.

Como medidas de seguridad, los AGV cuentan con sensores de proximidad y un sistema automático de frenada si éstos detectan en su ruta algún obstáculo como una persona, un carro con conductor, o algún otro objeto que impida el movimiento. Incluye también un sensor trasero que le permite distinguir la carga y la ausencia de ella, lo que sirve de utilidad para detectar anomalías a la hora de realizar procesos de carga, o para detectar si tras un choque su carga ha sido alterada.

Como hemos mencionado antes, los AGV tiene motor eléctrico y por tanto han de llevar una batería de alimentación. Como el proceso de carga de baterías es bastante prolongado, éstas serán reemplazadas cada vez que se requiera dejando la batería extraída recargándose. Para que ocurra un cambio de batería, puede darse de forma automática, si un AGV se encuentra con el 30% de batería o menos, acudirá al terminar su pedido actual, o de forma manual, si un operario desde el ordenador central envía a un AGV a cambiar la batería.

Capítulo 2. Fundamentos Teóricos

Capítulo 2. Fundamentos teóricos

En este apartado veremos ciertos conceptos que nos ayudarán a comprender mejor el contenido que se va a desarrollar a lo largo del proyecto. Algunos son principios en los que se basa el trabajo de la fábrica y la forma de actuar de los AGVs, mientras que otras serán técnicas utilizadas para la realización y la comprobación de posibles propuestas mejoras.

2.1. Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo que surge en Japón en la década de los 50, especialmente en el sector de la automoción. Esto se debe a diversos factores como la gran diversidad del mercado, la competencia de productos occidentales que empezaban a abrirse paso en su mercado y el elevado precio de las materias primas a causa de la escasez tras la guerra.

Según los autores Shah & Ward (2003), en Toyota nace la técnica de gestión conocida como “Just in Time”, siendo ésta una forma de administrar la producción adaptándose a lo que el mercado demanda y cuando éste lo demanda. El éxito que tuvo esta filosofía se debió principalmente a los siguientes factores:

- Una política de contratación muy selectiva que precisa de empleados capaces de rotar sin problema de puestos de trabajo.
- Equipos de producción no sobrecargados gracias a un sistema de decisiones compartido entre el mando y los trabajadores.
- Centros de trabajo limpios y ordenados con una ausencia casi total de inventarios.
- Nivel máximo de calidad además de una estrecha relación con los proveedores haciendo contratos duraderos y asegurando que la calidad recibida por su parte sea la mejor.

2.1.1. Modelo de gestión

El modelo de gestión del Lean Manufacturing se centra en la reducción de los desequilibrios y los desperdicios a través de la estrategia del Just in Time, éstos vienen caracterizados por las palabras japonesas Mura, Muri y Muda que describiremos a continuación:

- **Mura:** irregularidad del sistema que genera que éste se descompense.
- **Muri:** exceso de carga que crea cuellos de botella y hay que evitar estandarizando los procesos.
- **Muda:** cualquier tipo de desperdicio, ya sea por sobreproducción, inventarios o retrasos.

2.1.2. Just in Time

El JIT (Just in Time) busca obtener un modelo de gestión donde los costes sean lo más bajos posibles con la mejor calidad y en el menor tiempo posible.

Según P.J. O'Grady (O'Grady, 1992) nos encontramos con tres formas de llegar a los objetivos que propone el Just in Time, éstas son las siguientes:

- Atacar a los problemas fundamentales.
- Eliminar despilfarros.
- Buscar la simplicidad.

Otra forma de ver la finalidad que se busca con el Just in Time es a través de la teoría de los cinco ceros de Archier y Seryex (Domínguez Machuca, García González, Domínguez Machuca, Ruíz Jiménez, Álvarez Gil, 1995). A continuación, describiremos cada uno de estos ceros a los que se pretende llegar.

Cero stocks

Tener inventario es un coste extra por el hecho de tener inmovilizados por lo que se considera un despilfarro que eliminar. Además, esto ayuda a ocultar diferentes problemas como: averías, falta de calidad, cuellos de botella o mala planificación.

Para explicar de una forma más sencilla y visual este apartado se suele recurrir a la analogía del río de las existencias. En ella se representa a la empresa y su producción como un barco, al nivel de inventario como el agua en el que navegamos y los posibles problemas son las rocas del fondo. En la figura 2.1 se representa esta analogía gráficamente.

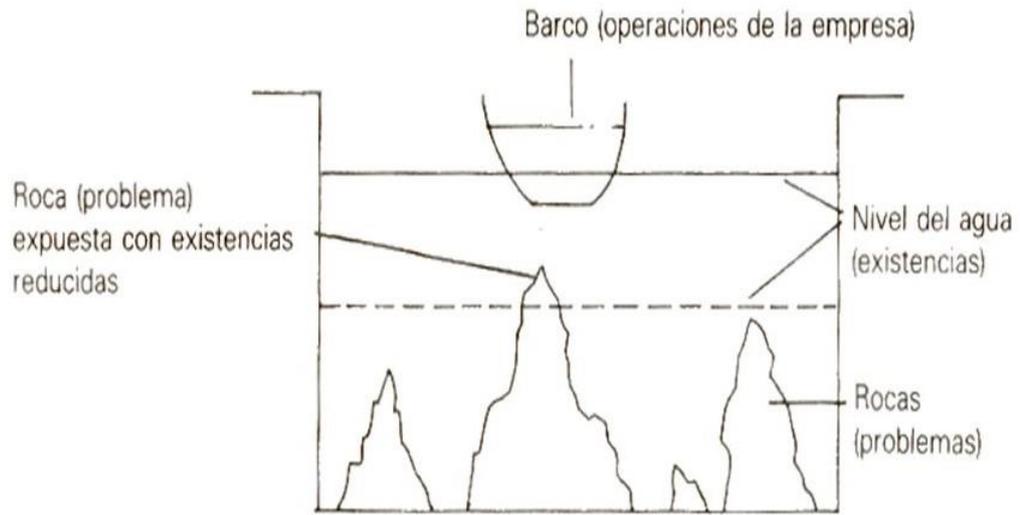


Figura 2.1. Analogía del río de existencias.

Fuente: O'Grady, 1992.

Cero defectos

La mejor forma de producir con la calidad demandada y asegurarse de que los costes son los menores posibles es realizar el bueno a la primera, es decir, incluir los procesos de calidad en la fabricación para evitar posibles costes como, por ejemplo:

- Reproceso y rectificación.
- Devoluciones y pérdida de imagen.
- Servicio de asistencia postventa.
- Achatarramiento.

La forma de conseguir cero defectos es con máquinas de calidad uniforme, mantenimientos preventivos y controles autónomos de los defectos.

Cero averías

La principal razón por la que existen los stocks son los parones y retrasos ocasionados por deterioros en las máquinas de producción. Por ello se quiere reducir la posibilidad de que surjan averías aplicando las siguientes pautas:

- Tener un centro de trabajo limpio y ordenado.
- Un layout adecuado.

- La implicación de los operarios en los programas de mantenimiento.

Cero plazos

Una variable competitiva muy importante es el plazo de entrega, por ello se quiere en la medida de lo posible servir al cliente lo más rápido posible y respetando la calidad.

Reduciendo los plazos de producción y de transporte se puede tener una mayor flexibilidad frente a la demanda y evitar que se acumulen stocks.

Para reducir estos plazos hay que disminuir los tiempos de las actividades no indispensables de producción, como puede ser el caso de las esperas, o la preparación entre cambios de dimensiones.

Cero papel

El JIT pretende reducir tanto como sea posible la burocracia y simplificar la toma de decisiones informatizando la documentación. Las ventajas que esto genera son:

- Reducción de la “fábrica oculta”.
- Reducir los costes y plazos de toma de decisiones.
- Evitar duplicidades.

2.1.3. Mejora continua

Para combatir los despilfarros de los que hablamos en el Lean Manufacturing contamos con otra estrategia que llevar a cabo a la vez que el JIT como es la mejora continua, o Kaizen.

En base al contenido de la página web (<https://www.progressalean.com/kaizen-mejora-continua>): “Para nosotros todas las operaciones que generan valor añadido son aquellas por las que el cliente final está dispuesto a pagar. Por tanto, se busca potenciar las operaciones de valor añadido y reducir el desperdicio”.

De forma que habrá que diferenciar entre aquellas actividades necesarias e innecesarias para centrarnos únicamente en lo esencial para obtener nuestro producto.

Para conseguir esta mejora continua habrá que actuar siguiendo una serie de pautas que harán que el Kaizen funcione, éstas son las siguientes:

- No hay ideas fijas, hay que rechazar el estado actual de las cosas.

- Realizar inmediatamente aquellas propuestas que puedan ayudar al progreso.
- Si se encuentra un error corregirlo ese mismo momento.
- No buscar el sistema perfecto, buscar ganar un 60% desde este momento.
- Buscar la causa real de los problemas con el método de los 5 “por qué”.
- Tener en cuenta las ideas de varias personas en vez de la de una sola.
- La mejora es infinita.

La clásica herramienta que se utiliza para llevar a cabo la mejora continua es el ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act). Con ella lo que se quiere es que toda acción que se lleve a cabo tenga una base sólida y unos procesos de comprobación con los que asegurarse la mejora.

Además, una vez se haya llevado a cabo la mejora habrá que estandarizarla para que no se pierda la ganancia con el tiempo. En la figura 2.2 se representa como el ciclo PDCA incrementa la calidad y cómo la estandarización impide el retroceso.

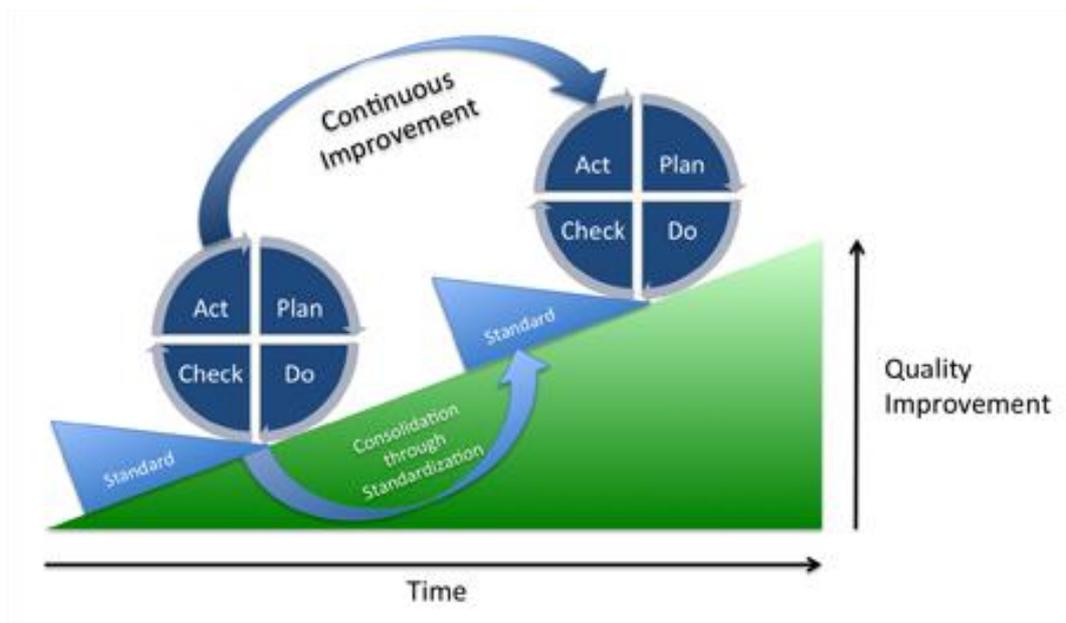


Figura 2.2. Representación gráfica del ciclo PDCA.

Fuente: Altacuncta.wordpress.

2.2. Kanban

El sistema de control Kanban sirve para planificar la producción que se realiza en el momento y la cantidad precisa basándose en la demanda a través de un sistema pull.

Como dicen Machuca et al. (Machuca et al., 1995): “Ante las dificultades de los sistemas de «empuje» existe una alternativa, los sistemas de «arrastre» (pull), utilizada por el JIT donde será el proceso siguiente el que retire a su anterior las piezas necesarias, en la cantidad justa y en el preciso momento que las necesite”.

Lo que se quiere decir con los sistemas pull es que no se planificará la producción desde la primera máquina deduciendo la cantidad de piezas a producir y cuando hacerlo, sino que se hará al revés. Desde la última máquina de la cadena de producción se irá retirando las piezas de sus predecesoras para terminar un producto según la demanda del cliente. De forma que la máquina a la que le han retirado piezas tendrá que reponerlas retirando a su vez componentes de su antecesora y así sucesivamente.

2.2.1. *Elementos del Kanban*

A continuación, citaremos los elementos que se utilizan para la gestión y el control de esta metodología, para posteriormente hacer una aclaración más precisa de cada uno de ellos. Los elementos a describir son:

- Tarjetas.
- Contenedores.
- Transportes.
- Buzones.

Las tarjetas Kanban

Las tarjetas Kanban hacen la función de testigo, van pegadas a los materiales o en su defecto al contenedor que los transporta y una vez utilizadas se retiran. Se pueden diferenciar varios tipos, algunos de los cuales son:

- Kanban de transporte: cuando se consume un material esta orden transmite a su máquina predecesora la necesidad de reponer dicho material.
- Kanban de proveedores: hace la conexión entre el centro de fabricación y el centro de recepción de materias primas.
- Kanban de emergencia: se lanzan cuando es necesario más material del habitual por alguna avería, o piezas defectuosas...
- Kanban urgente: se emite cuando hay escasez de cierto material.

- Kanban virtual: señal Kanban enviada informáticamente.

Los contenedores Kanban

Los contenedores Kanban son recipientes que se utilizan para transportar ciertos materiales a través de la factoría y tienen un lugar específico donde colocar la señal Kanban.

Los transportes Kanban

Los transportes son cualquier medio utilizado para mover los materiales entre los diferentes centros de trabajo. Estos pueden ser tanto carretillas con conductor como vehículos guiados automáticamente (AGV).

Los buzones Kanban

Los buzones Kanban son unos casilleros instalados cerca de cada máquina donde poner las ordenes Kanban pendientes de realizar.

2.2.2. Requisitos del Kanban

Para una correcta implantación de la filosofía Kanban se necesita que la planta cumpla con ciertos requisitos como:

- Todos los centros de trabajo deben contar con un lugar donde depositar sus inputs y otro para sus outputs.
- Aquellos centros que tengan varios procesos posteriores deberán tener un lugar específico para cada uno de estos. Así mismo si un centro recibe diferentes componentes de diferentes centros deberá tener un lugar específico para la recepción de cada centro.
- Habrá que instalar al menos un buzón Kanban en cada zona de ensamblaje.
- Organizar el flujo de trabajo de forma que cada elemento venga de un solo proceso anterior.

2.2.3. Pasos del Kanban

La metodología que sigue un proceso para adaptarse a la filosofía Kanban debe seguir una serie de pasos que se describen a continuación:

1. Todas las zonas de almacenaje están llenas.
2. En el proceso posterior se empieza a fabricar utilizando un cierto material, por tanto, deberá enviar la orden de transporte para su reemplazo.

3. Un operario, o un AGV, recoge el contenedor vacío y lo lleva a la máquina anterior. Una vez evacuado el contenedor vacío se lanza la orden Kanban de transporte del material utilizado para reponerlo.
4. Un operario o AGV transporta desde el centro anterior el repuesto del material hasta hueco habilitado para éste en la máquina posterior.
5. En el centro anterior se fabrica el material que acaba de ser sustraído de su stock.
6. Una vez realizado el material se deja en el hueco donde habilitado para ese material.
7. Todas las zonas de almacenaje vuelven a estar llenas y volvemos al principio.

2.2.4. Reglas para el Kanban

Si se quiere que la filosofía Kanban se aplique bien y perdure con el paso del tiempo, habrá que cumplir una serie de normas que indicaremos a continuación:

- Sólo las piezas correctas pasarán al siguiente proceso, las defectuosas serán desechadas.
- El proceso posterior se encargará de recoger de su predecesor el producto necesario y en el momento oportuno.
- Se reabastecerán únicamente los productos que fueron utilizados.
- No se debe producir o transportar nada sin una orden Kanban.
- Todos los materiales deben tener una señal Kanban, o en su defecto el contenedor que las transporta.
- La cantidad y calidad de las piezas debe ser la misma que la indicada en su señal Kanban.

2.3. SMED

Un método de mejora continua bastante utilizado es el SMED (Single Minute Exchange of Die), normalmente se utiliza para reducir los cambios de dimensiones o cambios de utillaje, pero se puede utilizar también para otras modificaciones.

2.3.1. Fases del SMED

El procedimiento para llevar a cabo SMED que describiremos a lo largo de este apartado tiene una serie de fases que citaremos a continuación para después describirlas una por una, éstas son:

- Evaluación.
- Selección de personal.
- Documentación del proceso actual.
- Análisis y mejora.
- Plan de acción.
- Mantenimiento del cambio.

Evaluación de la situación actual

Lo primero que hay que hacer es identificar el objetivo al que queremos llegar, ya sea minimizar costes, mejorar la seguridad o minimizar el tiempo de cambio de utillaje. Una vez encontrado el objetivo habrá que pasar a cuantificarlo y saber en qué medida queremos mejorar.

Selección de personal

Para llevar a cabo SMED hay que contar con gente que conozca muy bien el proceso de fabricación. Además, estas personas deben tener formación sobre: funcionamiento y mantenimiento de la maquinaria, trabajo en equipo, herramientas básicas de calidad.

Documentación del proceso actual

Para poder contrastar de una forma adecuada el cambio hay que documentar la situación inicial para poder compararla después de la modificación.

Normalmente un especialista cronometra las actividades que se llevan a cabo durante los ciclos de producción para calcular los tiempos tipo y normales de producción. También como ayuda a este ejercicio se puede filmar el proceso, de forma que se puede repetir el vídeo varias veces o se pueden contrastar con diferentes opiniones.

Análisis y mejora

Los tres conceptos clave para analizar y realizar mejoras en el tiempo de preparación como cambios de utillaje son:

- Separar las operaciones en internas (dependen de que la máquina esté parada) o externas (no dependen de la máquina).

- Convertir el mayor número posible de preparaciones internas en externas.
- Mejorar las operaciones con medidas como preparación en paralelo o mecanizando algún proceso.

En uno de sus libros (Monden 2007), Yashuhiro Monden proponía unas ciertas técnicas para alcanzar estos conceptos clave, éstas son las que se citan a continuación:

- Estandarizar las actividades de preparación externa.
- Estandarizar solamente las partes necesarias de la máquina.
- Utilizar un elemento de fijación rápido.
- Utilizar una herramienta complementaria.
- Usar operaciones en paralelo.
- Utilizar un sistema de preparación mecánica.

Plan de acción

Para que una posibilidad de mejora se consiga hay que llevar a cabo dicha medida y tener un cierto control a través de un plan de acción. Éste debe contar con los siguientes aspectos:

- Una guía del plan a seguir con las diferentes acciones a realizar.
- Una fecha objetivo en la que cumplir cada acción.
- Un responsable de cada acción.
- Los costes de realizar cada acción.
- Indicadores del cambio que se va a realizar.

Seguimiento de cambio

Una vez realizado el plan de acción y hecha la modificación, hay que cerciorarse de que está dando un buen resultado. A medida que se vayan implantando las diferentes acciones se deberá comprobar que el efecto que causan es el esperado y después estandarizarlas para que perduren.

Éste es uno de los puntos más importantes de SMED, ya que, si la dirección no está pendiente del control y la medición continua de los procesos, lo más probable es que fracasen.

Mantenimiento del cambio

No solamente hay que llevar a cabo el plan de acción durante el cambio, sino que también se tendrá que comprobar que se siga utilizando a lo largo del

tiempo. Es necesario que la dirección siga comprobando periódicamente que el cambio sigue en vigor, si éste es eficiente y su desviación.

2.4. Mediciones y metodologías utilizadas

Durante este estudio se han utilizado ciertas mediciones relacionadas con el Lean Manufacturing como el TRS y también ciertas metodologías y lenguajes de programación para conseguir los objetivos del proyecto, éstas las describiremos a lo largo de este punto.

2.4.1. TRS y TRSP

La TRS, tasa de rendimiento sintético, nos traduce la proporción de tiempo dedicada a la producción durante el tiempo que las instalaciones han estado abiertas. No obstante, en ocasiones puede resultar más útil calcular la tasa de prestación “TRSP” que sería la capacidad que tiene un equipo de respetar el tiempo nominal de ciclo durante su utilización.

El principal uso que se debería dar a estos indicadores es en equipos que se sepa que no están a su máxima capacidad de producción, con la finalidad de seguir un informe detallado de su actividad para poder realizar acciones correctoras si fuera necesario.

Una vez una instalación ha llegado a su prestación máxima, es decir, es capaz de responder a la demanda y consume el menor tiempo posible, se puede seguir calculando a modo de seguimiento para garantizar la continuidad del nivel alcanzado.

A continuación, se muestran las dos fórmulas matemáticas que se utilizan para calcular ambas tasas:

$$TRS = \frac{\textit{T tiempo de producción util}}{\textit{T tiempo de apertura legal}}$$

$$TRSP = \frac{\textit{T tiempo de producción util}}{\textit{T tiempo de explotación del equipo}}$$

Estos indicadores se utilizan para medir el rendimiento que obtenemos en un proceso pudiendo descomponer las fases de producción y no producción que hay durante su manufactura. De forma que se puede desglosar el tiempo estándar necesario para realizar un trabajo y el que se ha dedicado a otras tareas, ya sean necesarias o no para la finalidad que queremos conseguir.

De esta forma los objetivos que se pretende conseguir gracias a estos indicadores en función de si se están realizando estudios o si estamos llevando un control desde la dirección serán:

- A nivel estudios:
 - Diferenciar el nivel de utilización de los equipos.
 - Buscar acciones de mejora para corregir ciertos factores y reducir los costes.
 - Comparar las prestaciones de diferentes instalaciones.
- A nivel Dirección:
 - Conocer la posible producción máxima.
 - Diferenciar los principales focos de pérdidas.
 - Nivel de carga del inmovilizado.

2.4.2. Microsoft Access, Excel y Visual Basic

Puesto que para corroborar con datos fiables y con la mayor brevedad posible si una propuesta de mejora es rentable, la mayor parte del trabajo se ha realizado con un ordenador, concretamente con los programas de Microsoft Access y Excel, y el lenguaje de programación de estas aplicaciones, Visual Basic for Applications (VBA).

Access

El programa de Microsoft Access está pensado para trabajar con una gran cantidad de información, de forma que se llamará base de datos a cada archivo nuevo que creamos en él.

Una vez en el programa podremos introducir los datos manualmente o desde fuentes externas para crear nuestra base de datos con la que después poder realizar diferentes estudios.

Se pueden llevar a cabo muchos tipos de estudios, sobre todo utilizando tanto formularios como consultas. En este trabajo hemos empleado únicamente estas últimas porque se adaptaban mejor al propósito que queríamos conseguir.

Las consultas sirven para relacionar varias tablas dentro de una base de datos y obtener una información más detallada, también se pueden utilizar para juntar varias tablas o eliminar ciertos datos que estén repetidos en ambas.

Excel

El programa de Microsoft Excel es una aplicación que se emplea cotidianamente para realizar tratamientos de información con un gran volumen, aunque menor que en Access, a través de sus hojas de cálculo.

En las hojas de cálculo se pueden interrelacionar las diferentes celdas para obtener más información y valores algebraicos en forma de números o de letras. Normalmente en un entorno de trabajo los datos que se tratan mediante

este programa tienen formas de tablas con campos de información en el eje de abscisas, mientras que todos los registros de información estarán en el eje de ordenadas. De forma que se utilizará la técnica antes mencionada de relación de celdas para obtener columnas de información.

Algunas de las herramientas de mayor utilidad que tiene este programa son las tablas y gráficos dinámicos. Como su propio nombre indica, la peculiaridad de estas dos presentaciones de datos es que son variables si cambiamos la información que representan, ellos solos se adaptan para que cumplan su cometido. También al tener en cuenta todos los datos, se le pueden pedir que realice ciertos filtros que nos ayuden a aclarar más la información que queremos mostrar.

Gracias a las herramientas antes citadas, no es necesario repetir ciertos procesos, simplemente con tener un archivo con los parámetros ajustados, nos valdrá con copiar la información que queremos representar en éste y ya tendremos todos los filtros y datos obtenidos de una forma más clara.

Visual basic for Applications

El Visual Basic for Applications (VBA), acorde a Birnbaum y Vine (2007), es un lenguaje de programación que se encuentra integrado en los programas del paquete de Microsoft Office. Se basa en el método de sistematización de “Visual Basic”, pero está adaptado al programa, o programas, que los utiliza y solo funciona en ellos.

Los aspectos más positivos que tiene este lenguaje son su fácil interpretación y aprendizaje, además de las ayudas que los propios programas te dan. Un claro ejemplo de las ayudas por parte de las aplicaciones es la opción de “grabar macro”, con la cual podremos programar un código, sin tener siquiera nociones de escribirlo.

A pesar de tener muchos más propósitos, en este trabajo nos hemos centrado en utilizar este lenguaje de programación para automatizar procesos de toma de datos en Excel y la inserción de éstos en una base de datos de Access. Esta automatización tiene como principal objetivo reducir el tiempo empleado en ciertas tareas tediosas y repetitivas.

Esta práctica es la más común cuando se empieza a programar en este lenguaje y así lo corroboran los autores: Bovey et al. (Bovey et al., 2009), que resumían en la siguiente cita:

“A self-automated workbook (...) can be as simple as ensuring the workbook always opens with Sheet1 active or as complex an entire application. This is usually the first type of application a beginning VBA developer produces, by adding helper routines to a workbook”.

2.4.3. Diagrama de espagueti

Este diagrama es una forma de visualizar las maniobras que realiza un objeto de estudio a lo largo de su jornada de trabajo para actuar sobre sus movimientos o los elementos de éstas y mejorar sus rutas.

Según la página web pdcahome: “Un diagrama de espagueti o spaghetti chart es la representación de cómo es el movimiento de los operarios dentro de su puesto de trabajo”. Realmente al utilizar la palabra operario nos podemos referir a cualquier elemento móvil de una planta como en nuestro caso serán los AGVs.

Para trazar este diagrama es muy importante que la ilustración sea fiel y a escala del lugar que representa. En este mapa tendremos que marcar inequívocamente cada uno de los pasos y su secuencia, además del camino seguido. Un ejemplo de este diagrama lo podemos observar en la figura 2.3.

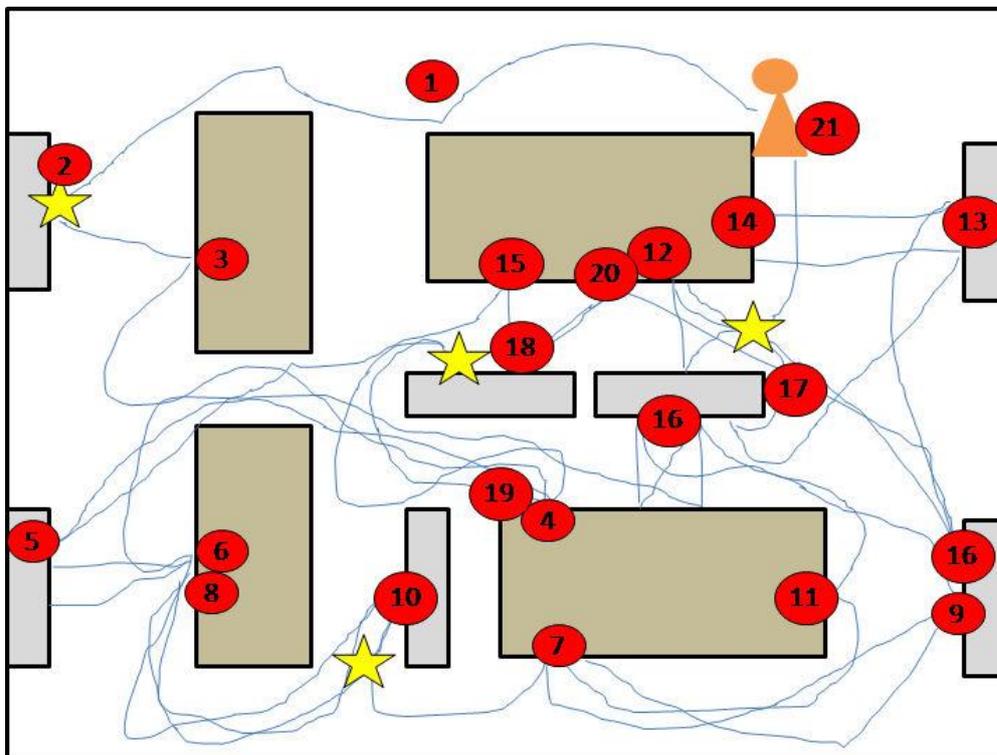


Figura 2.3. Ejemplo de diagrama de espagueti.

Fuente: PDCAhome.

Se puede marcar en el mapa ciertas zonas que sean de importancia, como por ejemplo cruces conflictivos, para ayudar a una mejor toma de decisiones.

Una vez realizado el diagrama de espagueti, se realizarán propuestas sobre modificaciones de las rutas o lo elementos que se encuentran sobre ella

y se podrá realizar tantos diagramas como propuestas surjan para comprobar sobre el mapa si nos darán beneficios o no.

Capítulo 3. Obtención de datos

Capítulo 3. Obtención de datos

El sistema de obtención de datos contaba con una base al comienzo del estudio, ya que otro alumno se encargó de ello durante sus prácticas. No obstante, los cimientos de los que se partía consistían en un método de obtención de datos manual y con un gran coste de tiempo. Por ello, en la primera fase del estudio se optó por automatizar el proceso y en la medida de lo posible mejorar la información obtenida.

3.1. Vocabulario

Existen ciertas palabras, tanto en español como en otros idiomas, que se utilizan cotidianamente en el entorno de trabajo y que mencionaremos a lo largo de este capítulo y de los siguientes. En este apartado definiremos el significado que se le da a estos términos en la fábrica.

Traza: fichero de datos en forma de tabla donde se recoge una cierta información con la que después trabajaremos, generalmente estos archivos se guardan en una hoja de cálculo de Excel. También podremos utilizar esta palabra como sinónimo de registro dentro de una tabla.

Pick: desplazamiento que realiza un vehículo sin carga hasta el punto de recogida de la mercancía.

Drop: desplazamiento realizado por un vehículo con carga hasta el punto de entrega del producto.

Pedido: conjunto de pick y drop con el que se completa una petición por parte de una máquina, tanto de aprovisionamiento como de evacuación. Se les puede clasificar según sus características como:

- Pedido ordinario: aquel que se completa sin ningún tipo de inconvenientes.
- Pedido robado: cuando un AGV acaba un pedido y se encuentra más cerca del inicio de un pedido que otro Garbo tiene asignado,

se lo apropiará y el otro vehículo buscará un pedido en la lista de pedidos pendientes.

- **Pedido cancelado:** si un operario decide que ya no quiere realizar ese pedido lo cancela, haciendo que el AGV lo devuelve a su posición de origen.
- **Pedido inconsistente:** cuando un envío tiene por destino un lugar que ya se encuentra ocupado Garbo lo devolverá a su origen y marcará el pedido de esta forma.

Park: situación en la que un AGV está parado en el parking por falta de pedido debida a la variación en la demanda.

BatterySwap: tiempo en el que un AGV esta desconectado a causa de que se le está realizando el cambio de batería.

BatterySwap Decision: desplazamiento sin carga hasta el punto de cambio de batería.

Cremalleras: zona de almacenaje donde se guardan los contenedores tanto llenos como vacíos después de su uso y hasta que vuelvan a ser necesitados. Cuando hablamos de una cremallera nos referimos solo a una columna del almacén.

Stock avanzado: hueco próximo a una máquina que se utiliza como conexión entre esta y el sistema Garbo. En éstos se deposita un contenedor que se haya pedido y se retira el que ya no es de utilidad.

Parada: un AGV entra en este estado cuando tiene un mal funcionamiento o cuando se encuentra con algún obstáculo a su alrededor. Estos obstáculos puede ser un inconveniente artificial en el camino, un vehículo con conductor o una persona. Dentro de este grupo de paradas podremos diferenciar tres tipos en función de su rearme:

- **Rearme automático:** después de la parada el AGV detecta que no hay más obstáculos y puede seguir.
- **Rearme manual:** Garbo detecta ininterrumpidamente un obstáculo y cuando un operario se acerca lo quita y pone en marcha al vehículo.
- **Rearme de mantenimiento:** si un vehículo tiene problemas serios y por esa razón no puede seguir, se queda en modo parada y los técnicos de mantenimiento van a buscarlo. Una vez solucionado el problema lo reinician en el taller de reparación.

Esperas: estas detenciones de los AGVs se producen cuando uno de ellos quiere ir a una zona y esta se encuentra ocupada por otro Garbo. En el

momento en el que la zona a la que quiere ir el vehículo en espera quede libre éste continuará con su marcha.

3.2. Traza completa

Este es el primer paso para obtener los datos de Garbo. Hay que conectarse mediante un formulario en Excel a una base de datos que nos devuelva todos los datos de un Garbo en el periodo de tiempo seleccionado.

Los datos proporcionados se resumen en veintitrés columnas, aunque en el fichero añadiremos columnas de cálculos hasta un total de ciento treinta, lo que resulta en un archivo bastante pesado y difícil de manejar, pero con mucha información.

En función de los filtros que hagamos y de las columnas que seleccionemos, podremos obtener la traza ruta o la traza resumen de las que hablaremos en los siguientes puntos.

3.2.1. *Elementos de la traza completa*

De todos los elementos que componen los datos recibidos desde la base de datos, describiremos a continuación los campos más importantes y más utilizados:

- LogTime: este campo nos devuelve la fecha y hora exacta de generación de cada registro.
- AGVId: nos permite conocer el número de Garbo del que obtenemos los datos (1-11), o si es un pedido que entra al sistema y aún no se ha adjudicado (-1).
- AlarmNumber: si el valor de este campo es “0” significa que no hay ninguna alarma encendida. Mientras que si toma otro valor “XXXX” significará que la alarma a la que hace alusión ese número se ha activado.
- HistoryInfo: da una descripción del registro, pueden ser alarmas, mensajes del vehículo, mensajes del sistema, o pulsos de vida que emite el AGV cada veinte segundos si no ocurre ninguna de las anteriores.
- Operation: tipo de la operación que está realizando un Garbo (pick, drop, BatterySwap, BatterySwap_decision, park).
- LocationName: lugar de destino de la operación que se dispone a realizar (stock avanzado, cremallera, parking).
- NodeNumber: número de nodo en el que se encuentra.
- FMCOOrderId: número de pedido según el sistema Garbo.

- ApplId: número de pedido según el sistema utilizado en la factoría.
- LoadType: tipo de carga que transporta.
- HistoryXML: mensaje con una descripción detallada de la alarma que se haya activado.

3.2.2. Obtención de la traza completa

La obtención de la traza completa es un proceso que se realiza cada vez que se quiere obtener información, puesto que es el origen de todos los datos con los que se trabajan.

Para obtenerla habrá que acudir a un archivo de Excel y rellenar un formulario conectado a la oficina de automatistas. Este departamento tiene una base de datos donde se registran los datos de los once Garbos en los últimos quince días, así como de los pedidos que entran al sistema.

A la hora de rellenar el formulario tendremos que seleccionar los parámetros de la búsqueda que estamos haciendo, de modo que habrá que escribir el número del AGV del que queremos obtener información y el intervalo de tiempo del cual nos debe mostrar los datos.

Hay que tener en cuenta que como es un archivo muy pesado y con una gran cantidad de cálculos, no se podrán hacer peticiones de mucho volumen o el programa colapsará. La recomendación es tomar los datos de como mucho cinco días para la traza resumen y dos días para la traza ruta (trazas de las que hablaremos a continuación), tiempo suficiente como para tener una cantidad de datos significativa y no excesivamente grande como para hacer colapsar al programa.

3.2.3. Utilidades de la traza completa

La traza completa, como ya hemos mencionado, es la fuente de todos los datos empleados para los diferentes estudios. Por tanto, es el lugar de dónde más información podremos obtener, pero donde menos procesada y clara estará.

Así pues, la mayor utilidad de la traza completa será el desarrollo de datos mediante los campos dedicados a efectuar cálculos y de esta forma obtener otras trazas que nos den una información más concisa con la que poder trabajar.

Uno de los resultados del procesamiento de la traza completa consiste en obtener la traza ruta. Este fichero nos da una información detallada de los movimientos realizados por los AGV, proporcionando al detalle la ruta que sigue un Garbo, es decir, las zonas por las que se mueve al hacer cada pedido y los

puntos exactos donde se para o se pone en modo de espera. El resto de los detalles de este proceso los veremos en el apartado 3.3 Traza ruta.

Otro proceso que se puede hacer con los datos de la traza completa da por resultado la traza resumen. Este archivo es un esquema conciso de las acciones importantes que ha ido realizando un AGV a lo largo del tiempo como los picks, los drops, los cambios de batería... Con ella más adelante seremos capaces de obtener el TRSP y realizar diversos estudios de mejora. En el apartado 3.4 Traza resumen, se hará una descripción más profunda sobre este tema.

3.3. Traza ruta

Este archivo nos proporcionará un informe detallado de cada movimiento físico que ha realizado un AGV a lo largo de un día, así como las paradas o esperas que haya realizado. Su principal objetivo es explicar la causa de las esperas que ocurren entre los vehículos.

3.3.1. Elementos de la traza ruta

Los elementos útiles que seleccionaremos de la traza completa serán aquellos que nos permitan identificar cada una de las acciones que realiza un Garbo durante el periodo seleccionado. A continuación, citaremos y describiremos estos factores:

- AGV: número del vehículo al que hacemos alusión.
- Tipo traza: acción que se está realizando (movimiento, parada o espera).
- Inicio traza: momento en el que comienza un registro.
- Fin traza: momento en el que termina un registro.
- Tiempo traza: tiempo empleado en realizar una acción.
- Sección anterior: zona del taller de la que viene un AGV.
- Sección actual: zona del taller donde se encuentra un Garbo.
- Sección próxima: zona del taller a la que se dirige un vehículo.
- Nodo: posición exacta donde se encuentra un AGV según el mapeado de nodos del taller.
- Causa de espera: si el registro es una espera nos indicará de que tipo es según la diferenciación que realizaremos más adelante y si no permanecerá en blanco.
- Estado del causante: si es una situación de espera, este campo nos indicará que acción está realizando el causante de la espera.

- Zona preferente: si la acción que describimos es una espera nos indicará la zona donde está actuando el causante de ésta, ya que esa será la que tiene preferencia.
- Tren de esperas: si se da el caso de que hay varios vehículos encadenados en una espera, se denominará como tren de esperas y se indicará todos los AGV implicados.

Al ser el principal objetivo de esta traza la explicación de las esperas se tuvo que hacer una diferenciación de éstas según la causa, dando por resultado los siguientes tipos:

- Espera de nodo: cuando un AGV pasa más de 20 segundos en el mismo nodo, el sistema dice que está en modo espera, pero realmente está detenido en un nodo, girando y elevando las pinzas para coger o dejar un objeto.
- Espera por un AGV: si se puede deducir con certeza que un AGV está esperando por otro en concreto.
- Espera por tráfico múltiple cuando se sabe que un AGV está esperando por varios, pero no se tiene certeza de exactamente cuál es el causante principal.
- Espera no identificada: si un AGV se encuentra en modo espera y no cumple ninguno de los casos anteriores, será una espera no identificada.

3.3.2. Obtención de la traza ruta

Mediante el procesado de los datos recopilados en la traza completa, se obtiene esta traza ruta, para ello hay que hacer ciertos cálculos y simplificar con ciertos filtros los datos que ésta nos proporciona.

Es conveniente saber que la cantidad de datos a procesar es bastante extensa por lo que lo ideal será descargar información de uno o dos días como mucho para no hacer colapsar al programa. Una vez tengamos los datos filtrados, agrupamos el conjuntos de campos necesarios para realizar las posteriores deducciones y los guardamos en un nuevo archivo.

Es importante tener los datos de todos los AGVs, ya que será necesario cruzar los datos de éstos para tener una información más precisa. Una vez se tengan estos detalles habrá que hacer deducciones para enlazar los movimientos de un vehículo con los del resto y así poder averiguar las causas de las esperas y a los causantes de éstas.

3.3.3. Utilidades de la traza ruta

La traza ruta se creó con una premisa principal, descubrir las relaciones de esperas entre los diferentes AGVs, pero no es la única aplicación que se le puede dar a este archivo.

El objetivo principal, descifrar el origen de las esperas, fue parcialmente alcanzado puesto que se consiguió explicar aproximadamente el 70% de las esperas identificando al causante y su justificación. Por otra parte, el porcentaje restante se divide en torno a un 20% de esperas por varios AGVs de los cuales en algunos casos se sabe cuál es el causante principal y en otros no, y un 10% de esperas no identificadas.

Conocer una mayoría de las razones de esperas nos puede servir para focalizar las acciones y los lugares sobre los que actuar con mayor prioridad, ya que la información obtenida nos dice el causante de la espera, dónde se encuentra éste y el estado en el que se encuentra. Así pues, se podrá identificar las zonas causantes de las mayores aglomeraciones para actuar sobre ellas.

También se podrá cuantificar las pérdidas totales cuando un AGV entra en el modo de parada y necesita asistencia, puesto que, si generase con frecuencia grandes atascos, sería algo que priorizar para el departamento de mantenimiento.

Otra posible utilidad que se le puede extraer la traza ruta es el cálculo del tiempo neto que se tardaría en realizar diferentes trayectos si no existiese ninguna parada o espera.

3.4. Traza resumen

La traza resumen nos proporcionará una síntesis de los datos más importantes ocurridos durante el tiempo seleccionado. Agrupará ciertos momentos de la traza completa de forma que con tan solo el 8% de su volumen de datos nos proporcionará la mayoría de su información de una forma más clara y visual.

Esta traza es la más utilizada durante todo el estudio para apoyar las propuestas de mejora con datos fiables, desarrollar otros métodos de control y seguimiento de ciertas tareas, y además a partir de ella se obtendrá información importante sobre el rendimiento de los AGVs a través del cálculo de la tasa de prestación (TRSP).

3.4.1. Elementos de la traza resumen

Al ser un resumen de la traza completa solo nos encontraremos con datos extraídos y procesados de ésta que nos darán una información valiosa de los acontecimientos del taller. Describiremos a continuación los campos que componen esta simplificación:

- NumCarro: número del vehículo AGV (1-11).
- TipoTraza: operación que se está detallando en la línea de información (pick, drop, pedido, park, parada, espera, BatterySwap).
- InicioTraza: fecha y hora de inicio de la traza.
- FinTraza: fecha y hora de finalización de la traza.
- TTraza: tiempo, en minutos, empleado en realizar la acción.
- Descripción: información adicional dónde se requiera (paradas, pedidos robados y cambios de batería).
- OrigenTraza: posición dónde se inicia un registro de la traza.
- TransiciónTraza: variable utilizada sólo por el tipo de traza “pedido”, indica el lugar dónde obtiene la mercancía.
- DestinoTraza: lugar donde termina la traza en cuestión.
- TipoCarga: tipo de carga que transporta.
- NumNodo: número de nodo en el que se encuentra al registrarse la traza. Este dato es útil en paradas o esperas.
- Sector: área del taller dónde se encuentra el AGV, el taller se divide en 27 sectores.
- Zona: clúster dónde se encuentra el AGV, el taller se divide en 4 clústers.
- NumPedido número de pedido según el sistema Garbo.
- NumPedidoFYT: número de pedido según el sistema de reparto de la factoría.
- Operación: tipo de operación que se está realizando. Este campo nos permite saber independientemente de su estado si un AGV está en fase “pick” o “drop”.
- EstadoPedido: tipo de pedido que se está realizando, ordinario, cancelado, robado...
- TrayecNodo: conjunto de nodos registrados durante el proceso de un pedido.
- TrayectSector: conjunto de sectores registrados durante el proceso de un pedido.

3.4.2. Obtención de la traza resumen

La traza resumen es uno de los desarrollos que se obtiene a partir de la traza completa. Para ello hay que realizar ciertos cálculos y simplificar los datos que nos proporciona esta última obteniendo así una forma simplificada de presentarlos al filtrar los campos y registros que nos interesen.

Este proceso se ha de llevar a cabo individualmente para cada AGV y de forma complementaria se combinarán todas las trazas resumen en una sola de toda la flota. Así pues, el procedimiento a seguir para la obtención de esta información comprende los siguientes pasos:

- Obtener la traza resumen del AGV 1.
- Filtrar los datos correspondientes a éste.
- Crear un archivo de Excel nuevo y pegar en él los datos desde la traza completa.
- Repetir los tres pasos anteriores para el resto de AGVs (1-11).
- Una vez tengamos la traza resumen de los 11 Garbos, crear un archivo de Excel y juntar en él todas las trazas antes creadas para hacer la traza resumen de la flota.

Como es un volumen grande de datos y hay que realizar bastantes cálculos sobre ellos, el tiempo empleado en realizar estos pasos de forma manual es de aproximadamente de hora y media, haciendo poco viable un tratamiento diario.

3.4.3. Utilidades de la traza resumen

La traza resumen tiene una gran variedad de utilidades en cuanto a estudios, cálculos y presentación de posibles datos de interés, como el TRSP o informes sobre los cambios de baterías.

La principal utilidad que tiene la traza resumen será el cálculo del rendimiento que desempeñan los AGVs a lo largo del tiempo. De esta información se hablará más adelante en el apartado 3.5 Descripción y obtención del TRSP.

Otra forma de sacar provecho a la traza resumen será obtener ciertas estadísticas y datos relevantes para los posteriores estudios que se detallan en los siguientes capítulos. Algunos ejemplos de estas estadísticas y datos son:

- Tiempo medio empleado en determinados pedidos.
- Número medio de pedidos diarios que se realizan en una máquina.

- Cantidad de esperas realizadas en un día o el tiempo total de éstas.
- Pedidos realizados por un AGV entre sus cambios de batería.

3.5. Descripción y obtención del TRSP

La tasa de prestación (TRSP) es uno de los indicadores más importantes que se utiliza para medir la productividad del sistema Garbo en la planta, junto al tiempo medio de los pedidos realizados cada hora. Por ello se precisa de su obtención con una cierta frecuencia.

La principal utilidad de la tasa de prestación es representar la cantidad tiempo que dedican los AGVs a cada una de las acciones que realiza en función del tiempo que han estado trabajando.

Durante los siguientes capítulos nos centraremos en reducir el tiempo dedicado a tareas que no se consideren principales tales como esperas, paradas, cambios de baterías o picks. Así mismo, buscaremos la forma de mejorar la operación principal, los drops. En la tabla 3.1 se muestra un TRSP desglosado en las diferentes labores que debe realizar Garbo.

Obtención del TRSP

A partir de los datos recogidos en la traza resumen de cada AGV y de la flota, se realizarán unos cálculos y una recopilación de datos mediante la ayuda de las tablas dinámicas de Excel para adquirir ciertos valores importantes.

Finalmente se mostrará en una tabla de forma simple y visual los resultados obtenidos, marcando en color verde la actividad principal, tal y como apreciamos en la tabla 3.1.

Al ser un indicador que se basa en la información recopilada en la traza resumen, este proceso tendrá el mismo volumen de datos que se recogen en ella, cinco días. A pesar de esto, se obtendrá la información de este indicador al menos dos veces por semana para tener un mejor control de la situación del taller.

El tiempo que se tarda en realizar los cálculos y obtener los resultados para cada AGV y para la flota entera es de aproximadamente 30 min. Como siempre que se quiera obtener este informe habrá que elaborar la traza resumen, al tiempo que se tarde en hacer los cálculos pertinentes habrá que sumarle el tiempo dedicado a la obtención de la traza resumen.

AGV_FLOTA		Contador	Tiempo [min]	%Tiempo	Tiempo TRSP [min]	%Tiempo TRSP
CIERRE PILOTADO	Cierre taller	0	0	0,00%	0	0,000%
PARADAS PROGRAMADAS	Park, falta de pedido	4635	10509,34	13,02%	0	0,000%
UTILIZACIÓN MÁQUINA SIN PRODUCIR	Cambio de batería Manual	16	240,93	0,30%	240,93	0,343%
	Cambio de batería Automático	56	2263,28	2,80%	2263,28	3,225%
PARADAS SURGIDAS CAUSAS EXTERNAS	Pedido robado	1454	2108	2,61%	2108	3,004%
	Pedido inconsistente	33	416,31	0,52%	416,31	0,593%
	Hueco inconsistente	34	90,18	0,11%	90,18	0,128%
	Pedido cancelado	73	102,42	0,13%	102,42	0,146%
	Pedido fin manual	2	81,87	0,10%	81,87	0,117%
PARADAS SURGIDAS CAUSAS INTERNAS	Parada rearme auto	3623	1426,63	1,77%	1426,63	2,033%
	Parada rearme manual	232	1688,37	2,09%	1688,37	2,406%
	Espera	8884	12419,05	15,39%	12419,05	17,696%
TIEMPO DE NO PRESTACIÓN	Parada MTO	3	579,54	0,72%	579,54	0,826%
	Exceso de tiempo de ciclo	4341	2953,56	3,66%	2953,56	4,209%
	Ganancia operacional	482	-1183,82	-1,47%	-1183,82	-1,687%
TIEMPO PRODUCCIÓN	Tiempo no asignado		-468,18	-0,58%	-468,18	-0,667%
	Pick	4931	20105,11	24,92%	20105,11	28,648%
TOTAL		4938	27356,9	33,90%	27356,9	38,981%
			80689,49	100,00%	70180,15	100,00%
					Pick/Drop	0,73

Tabla 3.1. Ejemplo del TRSP. Fuente: intranet de Michelin.

3.6. Trazas de pedidos y base de datos de Access

Estos dos archivos son complementos que aportarán más información a las dos principales trazas de las que hemos hablado anteriormente y servirán como registro de datos de todo lo acontecido en el taller.

Traza de pedidos

La traza de pedidos es un archivo en el que almacenamos todos los pedidos que entran en el sistema en un determinado tiempo, sin tener en cuenta que AGV lo realizará.

Su forma de obtención es a través de la traza completa, donde pediremos al sistema los datos del AGV “-1” y éste nos devolverá información importante de cada pedido como:

- LogTime: fecha y hora exacta de generación de cada pedido.
- LocationName: lugar de destino de la operación que se dispone a realizar, estantería o stock avanzado.
- FMOrderId: número de pedido según el sistema Garbo.
- ApplId: número de pedido según el sistema utilizado en la factoría.
- LoadType: tipo de carga que transporta.

La principal utilidad de esta información será juntarla con la traza resumen para complementar a los estudios que se realizan con esta y para ayudar a entender mejor el funcionamiento de los AGVs.

Base de datos de Access

La práctica en la que se basa este estudio es una continuación de otra similar que realizó otro estudiante y a su vez ésta fue la continuación del trabajo de otra alumna de la Universidad de Valladolid antes que él. Aunque ambos estudios siguen almacenados en los sistemas de información de la empresa, estos datos se encuentran presentados de forma tosca y sin seguir criterios de estandarización.

Por estas razones se decide crear un archivo donde almacenar la información útil recogida durante toda la práctica tanto para posibles investigaciones de este estudio como para que aquellas personas que en un futuro vayan a desempeñar este puesto de trabajo tengan información clara del sistema con anterioridad a su llegada.

La forma elegida para almacenar los datos será mediante una base de datos en el programa Access en la que almacenaremos los datos de la traza resumen y de la traza de pedidos desde el momento en que se comenzó con la práctica, el 2 de noviembre de 2017.

No se incluye en esta base de datos la traza ruta porque la aportación que ésta da es más puntual y solo se obtiene cuando es necesaria en vez de periódicamente como las otras dos.

El procedimiento para juntar las trazas en esta base de datos es bastante sencillo, se abrirán los datos de la traza resumen que se quiera añadir y mediante una consulta ejecutada por el programa añadiremos todos los registros que no se encuentren ya en la tabla que contiene toda la información. La forma de incluir la traza de pedidos en el archivo de Access es el mismo que para la traza resumen.

El coste de realizar estos dos procesos en cuanto a tiempo equivale aproximadamente a unos 10-15 minutos de forma manual.

3.7. Automatización del proceso de obtención de datos

Como hemos ido comentando a lo largo de este capítulo, la obtención de los diferentes datos y sus posteriores procesados son largos y tediosos al tener que realizarse de forma manual. Debido a esta razón se decidió buscar la forma de aligerar el proceso y así aprovechar mejor un recurso tan valioso como es el tiempo.

Dado que todos los procesos que se realizan son a través del paquete de Microsoft, la mayoría mediante programa Excel y la base de datos con Access, se decidió utilizar el lenguaje de programación de Visual Basic que lleva incorporado para la automatización de los procesos.

Como la idea es agilizar los procesos se creará un archivo de Excel que contenga únicamente el código de programación y los parámetros de la selección de datos que queramos recoger. De esta forma no aumentaremos el tamaño de ningún archivo haciendo que sea más lento o pesado.

La traza ruta no se incluyó en la automatización porque su utilidad es más puntual y se utiliza para apoyar ciertas propuestas de mejora, no para llevar un control regular sobre el sistema como es el caso del TRSP proveniente de la traza resumen.

La macro programada en el libro de Excel se realizará por partes en función de los distintos objetivos que se quieran conseguir, pudiendo elegir si se realizan todos los procedimientos o sólo alguno de ellos. Las diferentes divisiones que se han realizado son:

- Obtención de la traza resumen de cada AGV.
- Cálculo del TRSP de cada vehículo.
- Obtención de la traza resumen de la flota.
- Cálculo del TRSP de la flota.
- Adhesión de la traza resumen de la flota a la base de datos.
- Cálculo de la traza de pedidos.
- Adhesión de la traza de pedidos a la base de datos.

Para asegurar el correcto funcionamiento del programa se han incluido medidas de seguridad para evitar que se realicen solicitudes incoherentes en casos como los procesos que precisan de uno anterior para poder realizarse. Por ejemplo, si solo se pide calcular el TRSP del AGV 7, el programa sabe automáticamente que para ello tiene que calcular la traza resumen de este Garbo, aunque no se le haya pedido y lo hará.

Si sumamos el tiempo en calcular cada una de las partes anteriormente citadas y que se incluyen en esta automatización, supone un total de dos horas y media si se calculan de forma manual. Por esta razón es tan importante la automatización, porque gracias a esto se puede obtener el mismo resultado en 35 minutos y además eliminando el error ligado al factor humano del proceso.

De forma que se obtienen unos beneficios de aproximadamente 2 horas netas más 35 minutos que el trabajador puede dedicar a otras tareas. Además, como el proceso es automático no se precisa de alguien con conocimientos específicos sobre el proceso de obtención de datos, simplemente con poner los parámetros de su petición, el ordenador realizará su demanda.

Capítulo 4. Propuestas en torno a la logística

Capítulo 4. Propuestas en torno a la logística

El sistema logístico dónde se ha realizado el estudio se centra en el taller de turismo y su conexión con el taller de preparación, mostrados en la figura 4.1.

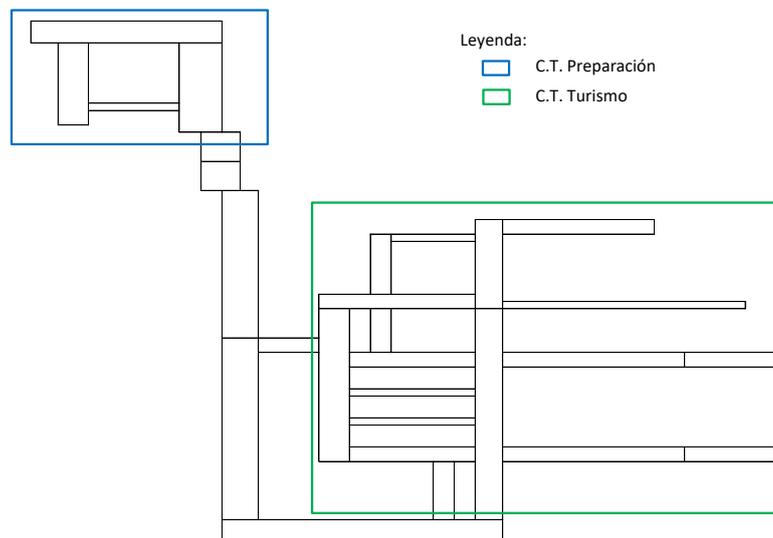


Figura 4.1. Localización de los centros de trabajo en los que se realizó el estudio.

Fuente: intranet de Michelin.

La red de almacenaje es bastante compleja, ya que sigue un método de organización de tipo caótico, es decir, los contenedores no tienen una ubicación fija o predeterminada donde ser almacenados, ocupan una posición según un algoritmo de optimización.

El sistema de almacenaje y la logística que lo gestiona está compuesto por diferentes elementos que podemos clasificar como fijos y móviles.

- Elementos fijos:
 - Estanterías.
 - Stocks avanzados: puesto de una máquina dónde un AGV deposita o recoge un material.

- Maquinaria.
- Estación de cambio de batería.
- Elementos móviles:
 - Peatones.
 - Vehículos de transporte con conductor.
 - Garbo: vehículos de guiado automático (AGV).

Debido a la interacción entre los citados elementos, existe una compleja programación de los AGVs, teniendo como principal premisa la seguridad.

A lo largo de este capítulo se irá describiendo la tipología de los almacenes, la logística de interacción entre las máquinas y los almacenes y las diferentes propuestas que se han ido haciendo con el fin de conseguir rutas más eficientes y reducir los tiempos de esperas, respetando siempre las medidas de seguridad del taller.

4.1. Descripción de la tipología de almacenes

Hay un total de 20 estanterías en las que se pueden almacenar los diferentes tipos de materiales. A pesar de actuar Garbo en dos talleres distintos, todas las zonas de almacenaje se encuentran situadas en el taller de turismo.

Los materiales con los que trabajaremos no tienen todos el mismo tamaño, por tanto, requieren diferentes tipos de huecos donde almacenarse, lo que significa que las cremalleras o columnas estarán divididas de formas distintas según el tipo de hueco que alberguen como apreciamos en la figura 4.2.

En cuanto a los diferentes productos podemos encontrar tres diferentes tipos según su tamaño, éstos son:

- Estándar: tamaño más común que ocupa un cuarto de una columna. En este tipo se engloban los contenedores de todas las bobinas, ya estén vacíos o llenos. A pesar de ser bobinas de diferente cilindrada, el contenedor que las abarca es igual.
- Doble: dos veces el tamaño estándar. En éste se almacenarán las dobles paletas de goma apiladas, al enviarse a la vez dos contenedores estándar, uno encima del otro, con el mismo producto.
- Pequeño: con un tamaño más reducido que el estándar, estos huecos ocupan un quinto de una columna. En ellos se depositan los contenedores de intercaladores, ya estén vacíos o llenos.

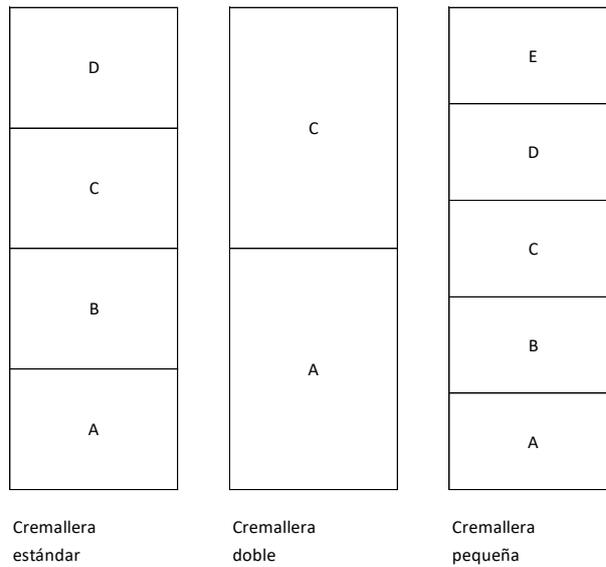


Figura 4.2. Tipología de las diferentes cremalleras encontradas en el taller.

Fuente: elaboración propia.

Los almacenes están divididos en estanterías y son nombradas según la zona del taller en la que se ubiquen. Éstas a su vez se dividen en cremalleras, o columnas, designadas numéricamente. Por último, las cremalleras están divididas por altura, ordenadas alfabéticamente desde la base, teniendo éstas un número distinto de huecos según el tipo de producto que vayan a almacenar, como mostrábamos antes en la figura 4.2.

La disposición de la tipología de tamaños de almacenes se puede apreciar en la figura 4.3, junto a la diferenciación de las cuatro zonas preestablecidas de almacenaje.

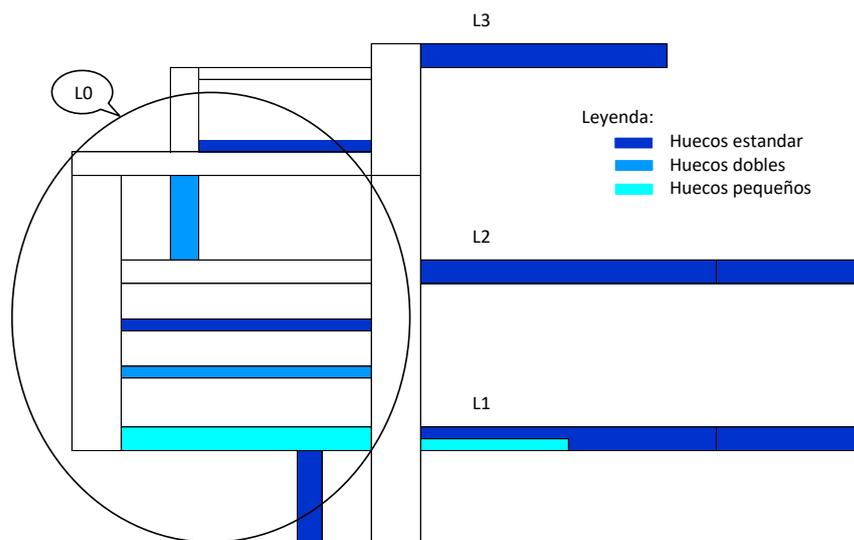


Figura 4.3. Reparto de huecos de almacenaje en el taller según tipología.

Así pues, un hueco tendrá una denominación tal que “CR-L2-53-A”, donde “L2” se refiere a la zona de la línea 2, el número 53 es la notación de la cremallera y la letra “A” indica que es el hueco de más abajo, como podemos apreciar visualmente en la figura 4.4.

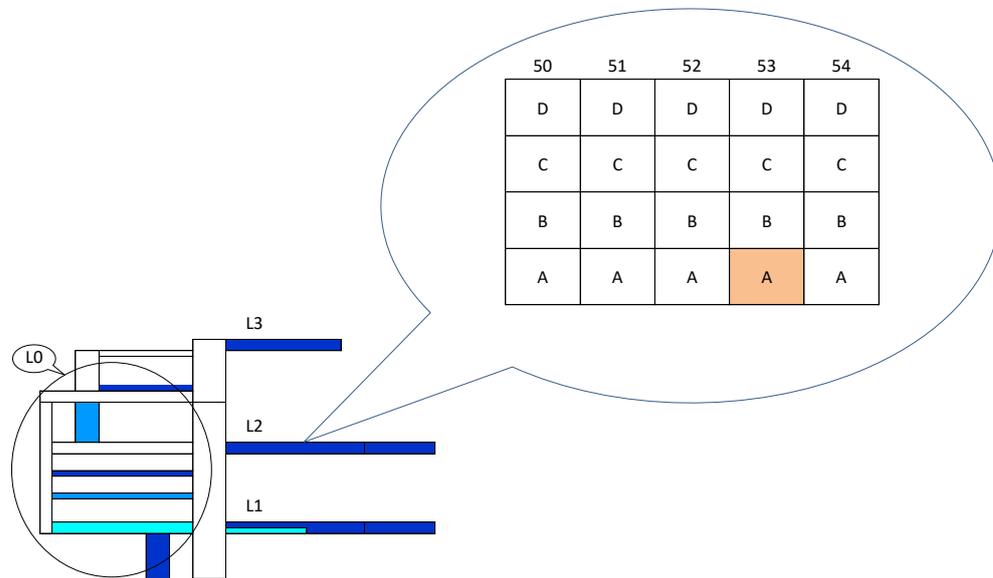


Figura 4.4. Ejemplo visual de la notación de los huecos del almacén, mediante un alzado de las cremalleras de la línea 2.

4.2. Descripción de la logística de transporte entre máquinas y almacenes

A continuación, se describirá la logística que se sigue en la fábrica para realizar las conexiones entre las máquinas y los transportes de productos, a través de la metodología Kanban.

Según el proceso productivo de Garbo en Michelin se considera como máquina productora aquella a la que los AGVs entregan contenedores vacíos y los recogen llenos. Mientras que las consumidoras tendrán el ciclo opuesto, serán aquellas máquinas que necesitan aprovisionamiento de contenedores llenos y evacuación de vacíos.

Para entender adecuadamente el sistema de gestión de los contenedores, vamos a enumerar los pasos que se requieren en un ciclo completo de consumo y restitución de inventario:

1. Las máquinas consumidoras son las primeras en actuar, al utilizar un cierto material.
2. Cuando éste ya ha sido consumido por completo, se pide la evacuación del contenedor vacío y Garbo lo lleva a un almacén.

3. Una vez evacuado el contenedor vacío, la máquina consumidora pide la reposición de ese material. De forma que Garbo va a una estantería en busca de dicho producto y lo lleva a la máquina consumidora.
4. Al consumirse el material también se lanzó la orden Kanban de fabricar esa materia para su reposición. Para ello Garbo debe llevar un contenedor vacío de las estanterías a las máquinas productoras.
5. Transcurrido el tiempo necesario para la fabricación de dicho material por la máquina productora, Garbo va a buscarlo y lo transporta a un almacén.
6. En este punto nos encontramos de nuevo en la situación inicial, es decir, una máquina consumidora está empleando un nuevo artículo y en el almacén hay el mismo stock que al principio.

Este proceso se lleva a cabo para la conexión de las líneas del centro de trabajo de turismo con el centro de trabajo de preparación de materiales. En la figura 4.5 apreciamos los dos centros de trabajo y el flujo que se sigue para desplazarse entre ellos, además se marca el cruce más conflictivo del taller al tener la mayor concentración de esperas y del cual hablaremos más adelante.

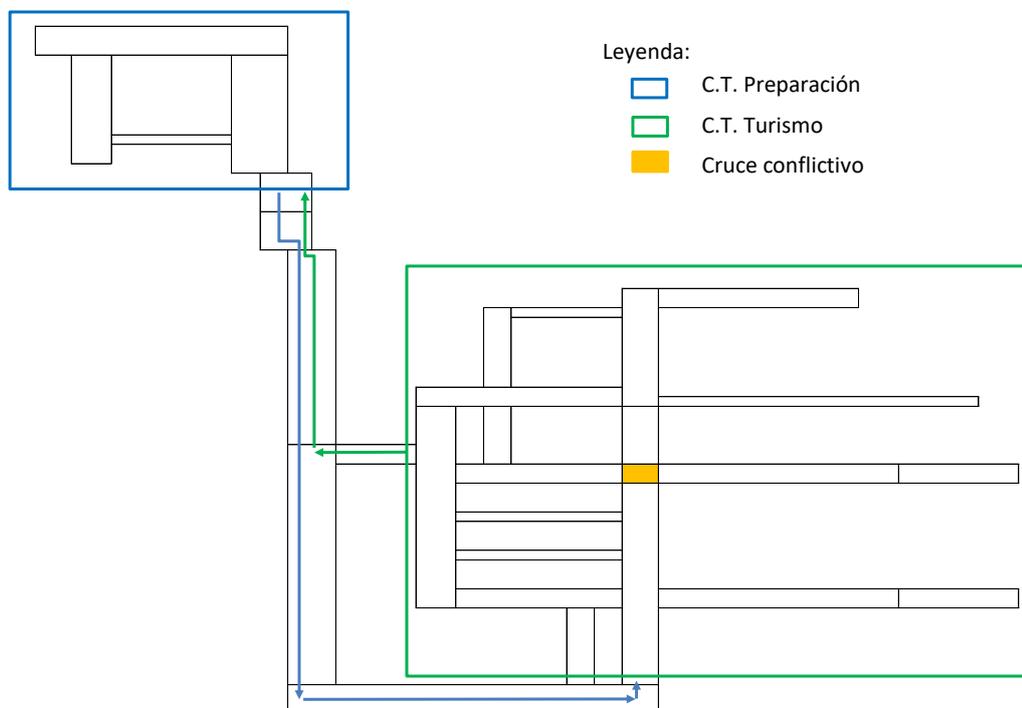


Figura 4.5. Mapa del taller con ubicación de los centros de trabajo, la dirección de su flujo y la ubicación del nodo conflictivo.

Los materiales afectados por los cambios en la logística entre los centros de trabajo serán los que se enumeran a continuación:

- Contenedor de doble Banda Lovee “26P”.
- Paleta plana (1 bobina 800x650) “05P”.
- Paleta plana (2 bobinas 800x560) “08P.”
- Paleta plana (2 bobinas 1100x 560) “10P”.
- Paleta plana (1 bobina 1100x650) “13P”.
- Paleta de intercaladores GI “11P”.
- Paleta de intercaladores NST “12P”.
- Contenedor de bandas de CJK “28P”.

4.3. Propuesta de reordenación de los almacenes

La reorganización de los almacenes es una medida que se había realizado con anterioridad al estudio, pero se aplicó con el objetivo principal de mejorar el servicio en una máquina del taller y secundariamente el rendimiento de Garbo. El cambio consistió en reservar la cremallera más cercana a la máquina “BD2” para el uso de sus contenedores, reduciendo así los tiempos de servicio en ella.

En base a esta medida, se quiere extrapolar la idea para todos los materiales que transporta Garbo, con el fin de mejorar el servicio prestado a todas las máquinas y reducir los tiempos de aprovisionamiento.

4.3.1. Situación inicial

El almacenaje de los contenedores, ya estén llenos o vacíos, se rige por un algoritmo de optimización que favorece a los pedidos en las máquinas consumidoras. De forma que se almacenarán los productos cerca de su máquina consumidora y si esta zona se encontrase ocupada, el contenedor se colocaría en otra estantería más alejada.

Este sistema puede generar ciertos atascos y aglomeraciones en ciertas zonas del taller donde se encuentren varias máquinas, lo que llevaría a que los aprovisionamientos no se realicen de una forma óptima. Por ello habrá cambiar el algoritmo de ordenación en favor de los AGVs.

4.3.2. Propuesta realizada

Se quiere conseguir que los materiales estén en la zona más cercana a la siguiente máquina según el ciclo de producción. Para ello habrá que diferenciar si el contenedor está vacío o lleno. Los contenedores llenos serán transportados a las máquinas del taller de turismo, donde consumirán el

producto. Mientras tanto los contenedores vacíos serán requeridos en el taller de preparación y en una máquina de preparación que también se encuentra en el taller de turismo, que se encargarán de rellenar el contenedor.

Metodología empleada

Se han aplicado dos criterios para buscar una mejora en la logística de los stocks. Reorganizar las materias de un mismo producto y/o reorganizar las materias de diferentes productos con el mismo tamaño.

En ambos casos habrá que diferenciar, dentro de un mismo código de producto, cuando es un contenedor lleno o vacío, y en función de cuál sea, asignarle el almacén más próximo a su posterior uso. Para ello se debe distinguir:

- ❖ Si el código de producto sale de una máquina productora, el contenedor estará lleno y habrá que almacenarlo cerca de la máquina consumidora.
- ❖ Si el código de producto sale de una máquina consumidora, es porque tras consumir el producto queda el contenedor vacío, por lo que éste se deberá llevar cerca de la máquina productora.

Una vez hecha esta distinción, se intentará cambiar en primer lugar, los huecos pertenecientes a un mismo producto. Colocando los contenedores llenos cerca de la máquina consumidora y los vacíos cerca de la productora.

Si no fuese posible reorganizarlos de la manera más favorable intercambiando huecos de un mismo producto, se buscarán huecos del mismo tamaño, pero de otro producto. La finalidad última que se persigue es siempre la misma, acercar el contenedor a la siguiente máquina dentro del ciclo establecido.

Estas medidas buscan reducir el tiempo de aprovisionamiento de un material. A mayores, también se quiere reducir la longitud global de los trayectos que realiza un Garbo con cada material y evitar aglomeraciones y/o esperas dentro de las calles y en las intersecciones conflictivas.

Para corroborar que Garbo reduce la longitud de sus trayectos, se realizarán una serie de Diagramas de Espaguetti, donde enfrentaremos el camino que recorre Garbo con el propuesto. También, como factor importante, se contará el número de veces que Garbo pasa por el cruce más conflictivo del taller, tanto inicialmente como con el camino propuesto.

Ejemplo de aplicación

A modo de ejemplo, vamos a analizar el caso concreto del producto denominado “Banda Lovee” basándonos en el criterio de reorganización dentro de un mismo material. Así pues, de las dos posibles zonas donde almacenar el

producto, asignaremos a la zona “1” los contenedores llenos y a la zona “2” los contenedores vacíos. En la figura 4.6 se muestran las dos zonas de almacenaje, el stock avanzado de la máquina consumidora y la entrada y salida del taller de turismo, que las utilizaremos más adelante en los Diagramas de Espagueti.

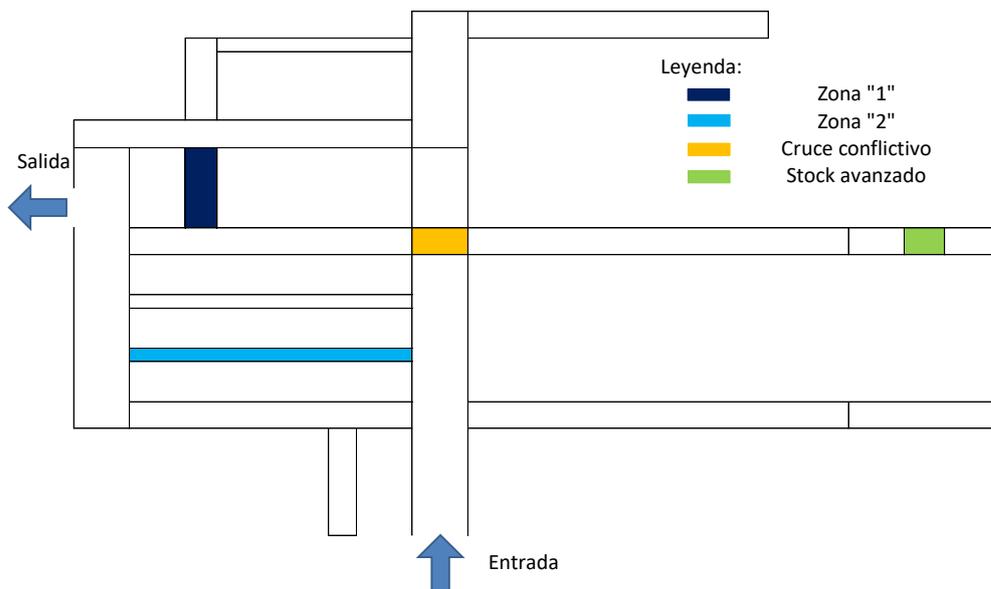


Figura 4.6. Representación de la entrada y salida del centro de trabajo de turismo, las dos zonas de almacenaje del producto "Banda Lovee", el stock avanzado de la máquina consumidora de este mismo material y el cruce más conflictivo del taller.

Como la máquina “Banda Lovee” se encuentra en el taller de preparación, indicaremos como “inicio” y “final” la entrada y salida respectivamente del taller de turismo, al ser único el camino que une ambos talleres y por tanto idéntico en todo los casos.

De forma que tendremos cuatro posibles combinaciones de movimientos y los representaremos en las siguientes figuras:

- Figura 4.7: contenedor lleno desde la máquina productora hasta los almacenes.
- Figura 4.8: contenedor lleno desde los almacenes hasta las máquinas de consumidoras.
- Figura 4.9: contenedor vacío desde máquina consumidora hasta almacenes.
- Figura 4.10: contenedor vacío desde almacenes hasta máquina productora.

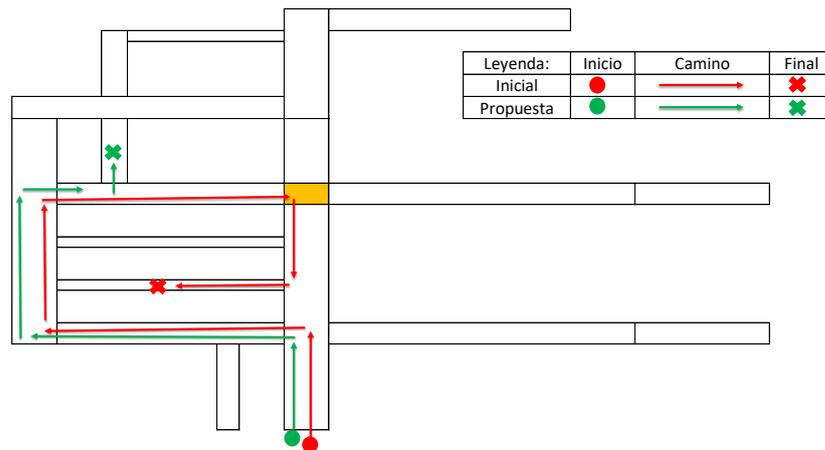


Figura 4.7. Diagrama de Espaguete Banda Lovee 1, contenedor lleno desde la máquina productora hasta los almacenes.

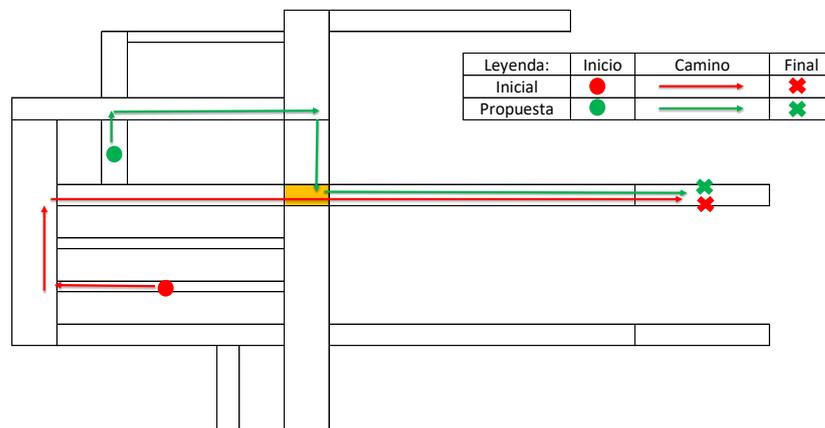


Figura 4.8. Diagrama de Espaguete Banda Lovee 2, contenedor lleno desde los almacenes hasta las máquinas de consumidoras.

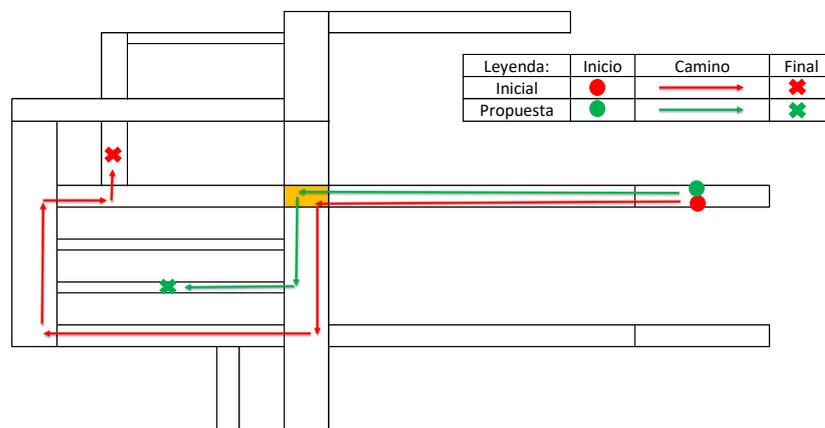


Figura 4.9. Diagrama de Espaguete Banda Lovee 3, contenedor vacío desde máquina consumidora hasta almacenes.

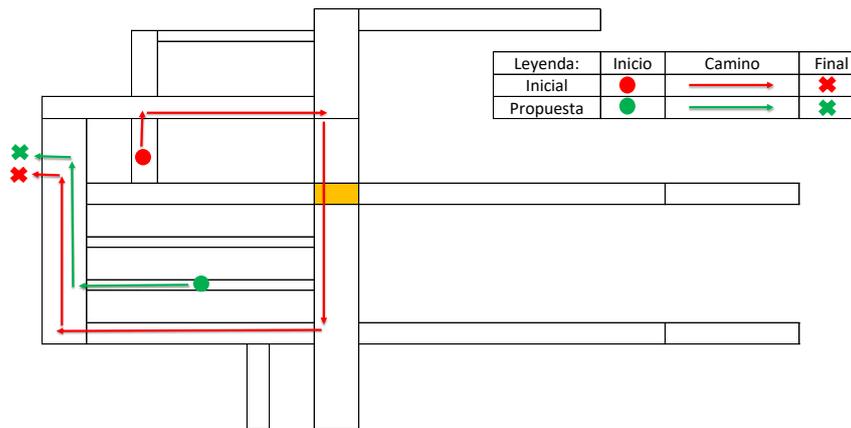


Figura 4.10. Diagrama de Espagueti Banda Lovee 4, contenedor vacío desde almacenes hasta máquina productora.

Los Diagramas de Espagueti muestran a simple vista que, para el conjunto de movimientos a realizar, la distancia con el camino de la propuesta es menor que con el camino inicial. Esto generará menor tiempo de recorrido de los Garbo. Además, habrá una menor probabilidad de encontrarse con un atasco y tener que esperar.

Del mismo modo se puede apreciar un menor número de pasos por el cruce conflictivo antes mencionado, que es el punto de mayor concentración de esperas. Circulando inicialmente un total de cuatro veces por el cruce frente a dos con la nueva propuesta.

El resultado se traduce en un ahorro de tiempo en las esperas, tanto en los pedidos de este material, como en los pedidos del resto de materiales, al reducir las probabilidades de todos los AGVs de cruzarse y ocasionar esperas entre ellos.

4.3.3. Conclusión de la propuesta

Como se ha visto en el ejemplo práctico antes mostrado, esta propuesta genera valor. Este caso será llevado a cabo en el taller a modo de prueba para corroborar que los datos calculados se ajustan a la realidad.

Tras un periodo de dos semanas de seguimiento con la propuesta en marcha, los datos reflejados en el TRS corroboran la mejora al haberse producido una disminución notable en el tiempo de esperas.

Se hace una comparación del tiempo empleado en los pedidos de este producto, tanto antes como después de la propuesta y se confirma que el tiempo empleado en realizar los mismos es menor.

Por tanto, se procederá a realizar el cambio equivalente para el resto de los productos y de esta forma obtener un mayor beneficio.

4.4. Propuesta sobre los huecos en desuso

Se lleva a cabo un estudio con la finalidad de conocer la distribución de utilización de los almacenes y sus huecos. El objetivo de éste es comprobar si los productos se están colocando de la manera más conveniente y si hay algún hueco que no se le esté dando utilidad.

4.4.1. *Situación inicial*

No hay datos cuantitativos del uso específico que se le da a cada uno de los huecos de los almacenes, es decir, no se sabe cuál es la estantería más empleada, ni qué tipo de hueco es el más recurrente, ni si hay algún hueco que no se emplee, solo se tienen ligeras nociones. Por ejemplo, debido al sistema de reparto de pedidos, se supone que los huecos “A” deberían ser los más utilizados, pero no se sabe con certeza si es de esta manera.

4.4.2. *Propuesta realizada*

Este estudio se realizó en el mes de febrero de 2018, en aquel momento ya se contaba con un amplio historial de datos recogidos en una base de datos de Access.

Es necesario comparar una gran cantidad de datos, por lo que se buscará la forma de reducir la carga de éstos para simplificar el estudio y de esta forma no saturar los programas utilizados. Así pues, el primer paso será filtrar en la base de datos de la traza resumen en Access aquellos registros que nos sean de utilidad.

Nos podremos encontrar con dos escenarios posibles. En el caso “A” se incluirán los pedidos que hayan retirado algún producto de un hueco. Mientras que en el caso “B” se encontrarán aquellos pedidos donde se ha llevado un producto al hueco en cuestión. Para realizar el estudio habrá que utilizar ambas posibilidades. Los filtros empleados en Access se muestran en la tabla 4.1:

Campo	Parámetro
Caso A:	
Tipo de Traza	“Drop”
Origen Traza	“CR”
Caso B:	
Tipo de Traza	“Drop”
Destino Traza	“CR”

Tabla 4.1. Filtros empleados en la base de datos de Access.

Se descargarán para ambos casos todas las trazas que haya desde el primer momento en que se empezó a llevar la base de datos (2 de noviembre de 2017). En un archivo de Excel se juntarán ambas variantes en una pestaña llamada “Pedidos” y se creará un campo que nos diga que hueco se está utilizando, puesto que en los dos listados esta información no se encuentra en el mismo campo.

El segundo paso, después de filtrar los datos en un documento de Excel, será la obtención de datos de interés. Mediante las herramientas de las tablas y gráficos dinámicos se podrá realizar estadísticas de forma sencilla.

Ciertos ejemplos de los datos de interés serán los siguientes:

- Los pedidos realizados en un hueco durante un determinado periodo (día, semana, mes...).
- El porcentaje de pedidos según el tipo de hueco (A, B, C, D, E), tanto en general, como por secciones, o zonas. Pudiendo particularizar también este estudio en determinados instantes de tiempo.
- El porcentaje del tipo de hueco (A, B, C, D, E) que utilizan los diferentes productos.

A parte de estos datos, como se quiere estudiar la última utilización de los huecos, tendremos que aplicar más filtros y reducir los datos hasta quedarnos con el último uso que se haya dado a cada hueco.

Una vez tengamos los datos depurados, denominaremos provisionalmente como huecos en desuso a aquellos que no tengan un pedido realizado en los últimos siete días. Sin embargo, será necesario aplicar ciertas medidas de seguridad para confirmar que realmente están en desuso.

Para dar mayor fiabilidad a los resultados obtenidos se repetirá el estudio eliminando los pedidos de la última semana. Esto se hace para reducir la posibilidad de que algún hueco haya sido utilizado en este periodo de tiempo como algo excepcional cuando realmente su frecuencia de uso es muy baja.

Como segunda medida de cautela se comprobará la frecuencia de utilización de los huecos en desuso que existan tras realizar el análisis y su posterior repetición. La finalidad de esta exploración es no denominar incorrectamente a un hueco como en desuso si la frecuencia de pedidos del material que alberga es bastante menor que la general del taller. Es decir, si un hueco es utilizado cada dos semanas regularmente no se considerará en desuso.

Para completar el análisis de situación se procedió a ir físicamente al almacén y comprobar en qué estado se encontraban los huecos denominados en desuso.

4.4.3. Conclusión de la propuesta

Los datos obtenidos de las tablas y gráficos dinámicos indicaron que efectivamente los huecos de menor altura son los más utilizados, pero la proporción de uso por altura no fue la esperada. Esto se explica por la ausencia de ciertos huecos “A” en algunas cremalleras, ya que se utilizan para materiales defectuosos que deben de ser transportados manualmente por un operario.

En cuanto a los huecos en desuso que se estudiaron no pudieron ser modificados debido a que estaban reservados para ciertos usos particulares y no se podían alterar.

Una zona estaba reservada para realizar pruebas en las diferentes bobinas de forma que tenían que ser del tipo “A” (a nivel del suelo) para que una persona pudiera cogerla sin ningún tipo de problema.

En otras dos zonas había un soporte especial en el suelo para poder albergar un cierto tipo de material muy poco utilizado, siendo éste de tipo “A” también, de modo que se aconsejó crear un falso suelo en el hueco “D” sobre el que colocar el soporte especial. Esta recomendación fue rechazada ya que el contenedor en cuestión cuenta con ruedas y si fuera necesaria su utilización por un breve periodo de tiempo, un operario se aproximaría a pie a la zona y empujaría el contenedor hasta su puesto de trabajo.

4.5. Propuestas de control de tráfico

Según los datos obtenidos en el desglose del TRS observamos que uno de los problemas más graves son las esperas que existen entre los AGVs. Éstas están condicionadas a unas normas de guiado que tienen como principal premisa la seguridad. Por tanto, sólo se podrán realizar modificaciones que cumplan estos estándares.

4.5.1. Situación inicial

El sistema de AGVs se guía por un mapeado de nodos, conectando dos o más nodos para realizar un movimiento. Cuando un AGV está en movimiento tomará posesión de los nodos que va a utilizar, así como de aquellos nodos que por seguridad estén en sus proximidades.

Siempre que un Garbo pretenda completar un movimiento, deberá comprobar si los nodos que quiere utilizar están en posesión de otro AGV o no. De ser así tomará la decisión de esperar en un nodo que esté habilitado para ello.

4.5.2. Propuesta realizada

En esta propuesta se afrontaremos dos posibles formas de abordar los problemas afines a las relaciones de posesión.

La primera de ellas consiste en estudiar las relaciones de posesión en busca de alguna que pueda ser reducida, sin infringir ningún tipo de norma de seguridad. En esta investigación se encuentra un posible problema en las calles “A”, “B” y “C”, las cuales se representan en la figura 4.11.

En la segunda nos centraremos en examinar los nodos no aptos para la espera por si existiese alguno que también pueda cumplir esta tarea. De esta forma conseguiremos que los AGVs avancen lo máximo posible antes de realizar una espera y se podrá intentar reducir los posibles embotellamientos. El resultado de este ejercicio nos lleva a dos posibles nodos susceptibles al cambio. Uno de ellos frente a la máquina “BD2” y el otro frente a la máquina “MC2”. Su disposición se encuentra también en la figura 4.11.

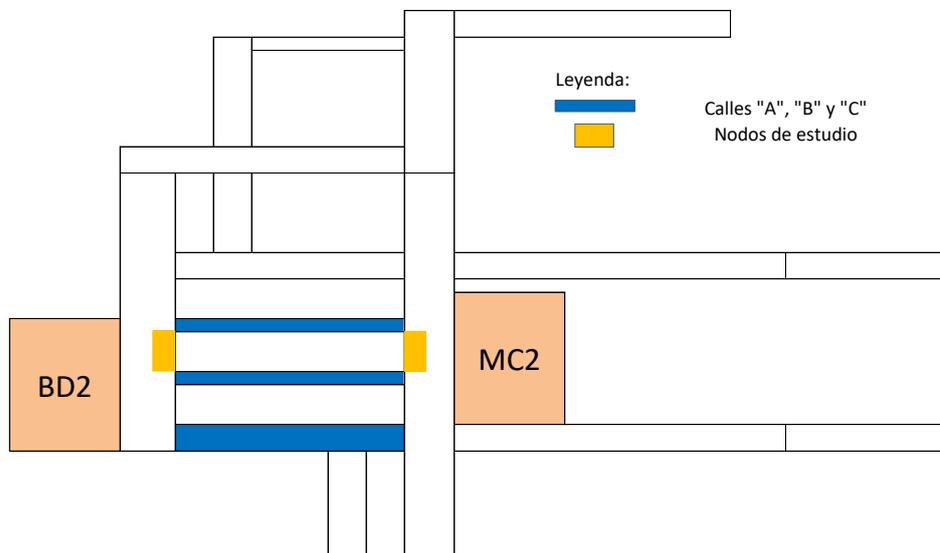


Figura 4.11. Secciones y nodos de estudio en el apartado “5.5 Propuestas de control de tráfico”.

Relaciones de posesión en las calles “A”, “B” y “C”

Este caso se refiere a las tres calles indicadas en azul en la imagen anterior (figura 4.11). En ellas se observa que hay unas relaciones de posesión que afectan desde una calle a otra por proximidad. Pero se sabe que entre estas calles hay almacenes, por lo que una posible colisión entre dos AGVs no sería factible.

Este problema no se observa en todos los nodos de la calle, sino que se encuentra únicamente en los nodos de evacuación o recogida de materiales. Por lo que el problema aparecería cuando un Garbo fuese a iniciar o terminar un pedido y en ese mismo momento por la calle de al lado viniese otro AGV. En esta situación el primer vehículo pasaría al modo de espera, puesto que el nodo al que quiere ir está en posesión del segundo.

La propuesta a realizar sería eliminar los nodos de evacuación o recogida de materiales de la lista de nodos en posesión para los diferentes movimientos. De esta forma se evitarán ciertas esperas innecesarias al no detenerse por una situación de riesgo inexistente.

Nodos sin categoría de espera, frente a la BD2, y frente a la MC2

Se observa que existen dos nodos que no están especificados como “nodo de espera”, a pesar de tener el espacio suficiente como para albergar a un AGV sin problema según los planos. Ambos podrían ayudar a mejorar la circulación y conseguirían que los AGVs avanzasen más en su camino antes de realizar una espera.

Además de la comprobación en los planos, se va al taller y se mide in situ el espacio con el que se cuenta en ambos nodos. Corroborando así, que podría haber un AGV en el modo de espera sin causar contratiempos a otros AGVs o carretillas con conductor.

La propuesta sería activar en ambos nodos la función de espera. Consiguiendo de este modo reducir el número de esperas encadenadas en ciertos puntos conflictivos y de aglomeración.

4.5.3. Conclusiones de las propuestas

En cuanto al problema de las calles “A”, “B” y “C”, la mayoría de los nodos de evacuación o recogida de materiales se señala desde el departamento de informática que son nodos virtuales. Esto significa que en ningún momento Garbo consigue llegar a ellos. El código de programación indica que deberían producirse esperas, sin embargo, éstas no suceden.

Para el nodo frente a la “BD2”, desde informática se da el visto bueno para la inclusión del mismo en la lista de nodos con la posibilidad de espera. No obstante, desde el departamento de seguridad se rechaza la propuesta, ya que, en momentos anteriores al estudio, hubo un accidente en dicha zona y no consideran que sea conveniente aceptar la propuesta al ser considerado como un riesgo significativo.

Respecto al nodo frente a la “MC2”, la respuesta es la misma desde informática, afirmativa. Desde seguridad no ven ningún problema, por lo que se procederá a realizar la modificación.

El trabajo no termina con hacer la modificación, sino que será necesario realizar un seguimiento del cambio. Durante las siguientes semanas se analizará el TRSP y en concreto las esperas para comprobar que todo funciona correctamente. A parte de analizar las esperas en general, habrá que comprobar también las de los diferentes nodos colindantes a los que se quería ayudar.

Una vez realizados estos análisis se confirma que el nodo que se ha incluido en la lista de “nodos de espera” es rentable, debido a que ha reducido las esperas en general según los datos del TRSP. El conjunto de tiempo que se gasta en esperas en los nodos cercanos, que eran de alta concentración de esperas también han disminuido. Por lo que el nuevo nodo de espera permanecerá así.

Capítulo 5. Propuestas acerca de los AGVs

Capítulo 5. Propuestas acerca de los AGVs

Los AGVs son un elemento determinante en la gestión adecuada de los materiales y por lo tanto claves en el estudio realizado en este trabajo. Así pues, como veremos a lo largo de este capítulo, se han realizado diversas propuestas para modificar ciertos aspectos de los propios vehículos y su mantenimiento.

5.1. Propuestas sobre los cambios de batería

Al analizar los datos del TRSP que se tenían de meses anteriores se ha observado un aumento del tiempo empleado en los cambios de batería. Por esta razón se quiere conocer la causa de esta disminución en la productividad y eliminarla en la medida de lo posible.

5.1.1. *Situación inicial*

Los AGV de la planta tienen una estación con un puesto de cambio de batería y diez recambios de baterías conectadas a la alimentación. Como el proceso de carga es tedioso, éstas no son realizadas con el vehículo en la estación, en su lugar cada vez que un AGV se esté quedando sin batería habrá que sustituirla por una plenamente cargada de la estación y conectar a la alimentación la que retiramos.

Al realizar movimientos diferentes para cada pedido, el consumo de batería de los distintos AGVs no será uniforme, por lo que para que un Garbo acuda a cambiar su batería se tiene que dar uno de los siguientes casos:

- Cambio de batería automático: un AGV acude a la estación de carga cuando su nivel de batería restante es igual o inferior al 30%. Una vez llegue a la estación, se enciende una lámpara giratoria en el taller avisando al encargado del cambio que debe realizar esta tarea.
- Cambio de batería manual: un operario manda la orden a un AGV en concreto de ir a la estación de cambio de baterías. Este mismo trabajador se dirige a la estación y ejecuta la sustitución.

La diferencia que hay entre estos dos métodos puede ser bastante significativa respecto al tiempo dedicado en realizar el cambio. Cuando un operario da la orden a un Garbo de reemplazar la batería, el propio trabajador ya sabe que tendrá que realizar el cambio en el breve tiempo que tarde el AGV en acudir a la estación. Mientras tanto, si un Garbo llega a la situación de cambio de batería en automático, el encargado del mismo puede darse cuenta con mayor o menor rapidez de que se requieren sus servicios, lo que puede afectar de manera severa al rendimiento de los AGVs.

El problema que existe inicialmente es que con los datos obtenidos no somos capaces de diferenciar si los cambios son automáticos o manuales. Por ello habrá que mejorar la toma de datos en busca de esta información.

Existe un método operatorio actual, según el cual los operarios deberían mirar el estado de las baterías de los once AGVs dos veces durante su turno para actuar en consecuencia. De esta forma si ven que el nivel de batería de algún AGV está por debajo del 40% deberán mandarlo a cambiar la batería de forma manual en vez de que éste tome la decisión de ir automáticamente.

5.1.2. Propuestas realizadas

El objetivo de este apartado, reducir el tiempo dedicado a los cambios de batería, no se consiguió con una sola propuesta, sino que se tuvo que ir realizando una serie de iniciativas hasta conseguir la finalidad buscada.

Toma de datos

El primer paso será diferenciar los dos tipos de cambio de batería en la toma de datos. Para ello habrá que monitorizar cambios de ambos tipos y buscarlos en la traza completa, de forma que se acudirá al terminal de control del taller para controlar la batería de los AGVs. Cuando un Garbo acuda de forma automática al cambio, se anotará el instante preciso de éste. Tiempo después se emitirá una orden manual de cambio de batería, apuntado también su momento exacto.

Teniendo ya la certeza de tener un cambio automático y otro manual, el segundo paso consistirá en realizar una toma de datos que incluya a ambos y buscar en la traza completa alguna diferencia entre los registros de éstos. La diferencia buscada en los datos obtenidos se encuentra en el momento de la decisión de ir al puesto de cambio de batería. Cuando el cambio es automático queda un registro de esta decisión, en cambio, si se trata de uno manual, al no ser Garbo quien toma esta decisión, no queda registrada la decisión de reemplazar su batería, directamente ejecuta la orden.

Así pues, habiendo hallado una forma de diferenciar ambos escenarios se introducirá un cambio en el proceso de obtención de datos y se

implementará en el cálculo del TRSP para poder tener una forma de valorar y contraponer ambos métodos.

Método operatorio

Una vez obtenida la forma de controlar los cambios de batería según su tipo, observando los datos del TRSP se llega a la conclusión de que el método operatorio no está en funcionamiento, ya que apenas se planificaban dos o tres cambios manuales en una semana. Así pues, se decidió investigar los motivos.

Inicialmente el método operatorio indica que sólo se mandarían AGVs al cambio de batería de forma manual si su nivel de carga se encuentra al 40% o menos en el momento de la verificación. Durante el transcurso de cada turno de trabajo se establecen dos franjas horarias en las que verificar el estado de batería de los Garbo, éstas son mostradas en la tabla 5.1.

Turno	Turno A								
Hora	6	7	8	9	10	11	12	13	
Disponibilidad									
Franja horaria de cambio			07:45-08:45					12:45-13:45	
Turno	Turno B								
Hora	14	15	16	17	18	19	20	21	
Disponibilidad									
Franja horaria de cambio			15:45-16:45					20:45-21:45	
Turno	Turno C								
Hora	22	23	0	1	2	3	4	5	
Disponibilidad									
Franja horaria de cambio			23:45-00:45					04:45-05:45	

Tabla 5.1. Horario establecido, en el método operatorio original, para la verificación de las baterías de Garbo.

Fuente: intranet de Michelin.

Con el fin de corroborar la teoría de que el método operatorio no se está llevando a cabo, se acude al taller para comprobar si en las franjas marcadas algún operario realiza el método operatorio. Transcurridos cinco días de observación en los turnos A y B, se descubre que únicamente un operario se acercó al panel de control para verificar la batería y realizó dos cambios

en la tabla 5.3. Estas pautas se dan porque, como hemos comentado anteriormente, los cambios manuales se efectúan de una manera más eficiente que los automáticos tanto para Garbo como para los operarios. Una vez instaurado el nuevo método operatorio, el jefe de la célula se comprometió a informar a los integrantes de cada grupo de trabajo acerca de éste.

%Batería	Autonomía	Cambio
30%	0h	Inmediato
40%	0h-2'5h	Antes del descanso
50%	2'5h-5h	Programar antes del descanso
60%	5h-7'5h	Después del descanso

Tabla 5.3. Pautas para la mejor planificación de los cambios de batería plasmada en el método operatorio modificado.

Fuente: intranet de Michelin.

Gráficos de seguimiento

Se comenzó entonces un seguimiento de los cambios de batería para comprobar si el método operatorio modificado se cumplía y si los resultados obtenidos efectivamente mejoraban el rendimiento.

De forma progresiva durante las dos primeras semanas tras la implantación, el método se fue aplicando en todos los grupos de trabajo y los resultados indicaban ganancias, pero a partir de entonces y también de forma progresiva en las siguientes dos semanas se volvió a la situación inicial.

El fracaso de la implantación se atribuyó a que, a pesar de existir una forma de monitorizar la situación, los operarios no fueron conscientes en ningún momento de que se estuviera llevando un control y eventualmente cesaron en su labor al considerarlo como un trabajo extra que no merecía la pena cumplir.

Durante el periodo de seguimiento se fue mejorando progresivamente también la forma de presentar los datos al jefe de la célula. La frecuencia inicial con la que se enviaba la información era de una vez por semana y consistía en una serie de tablas con el número de cambios manuales frente a automáticos realizados por cada equipo, así como el tiempo empleado en ellos. Con el paso del tiempo se añadió algún dato a petición del encargado como el número de cambios que habían realizado en cada turno.

A mayores de esta tabla de información, se realizó un gráfico, representado en la figura 5.1, donde se muestran los minutos empleados en el cambio de baterías a lo largo de las horas del día, remarcando al equipo que

estuviese trabajando en ese momento. La principal función de este gráfico es destacar las aglomeraciones por mala gestión, puesto que si hay varios AGVs a la vez esperando el cambio de batería significa que toda la planta tendrá un importante déficit de servicio, al contar con al menos un 18% menos de flota.

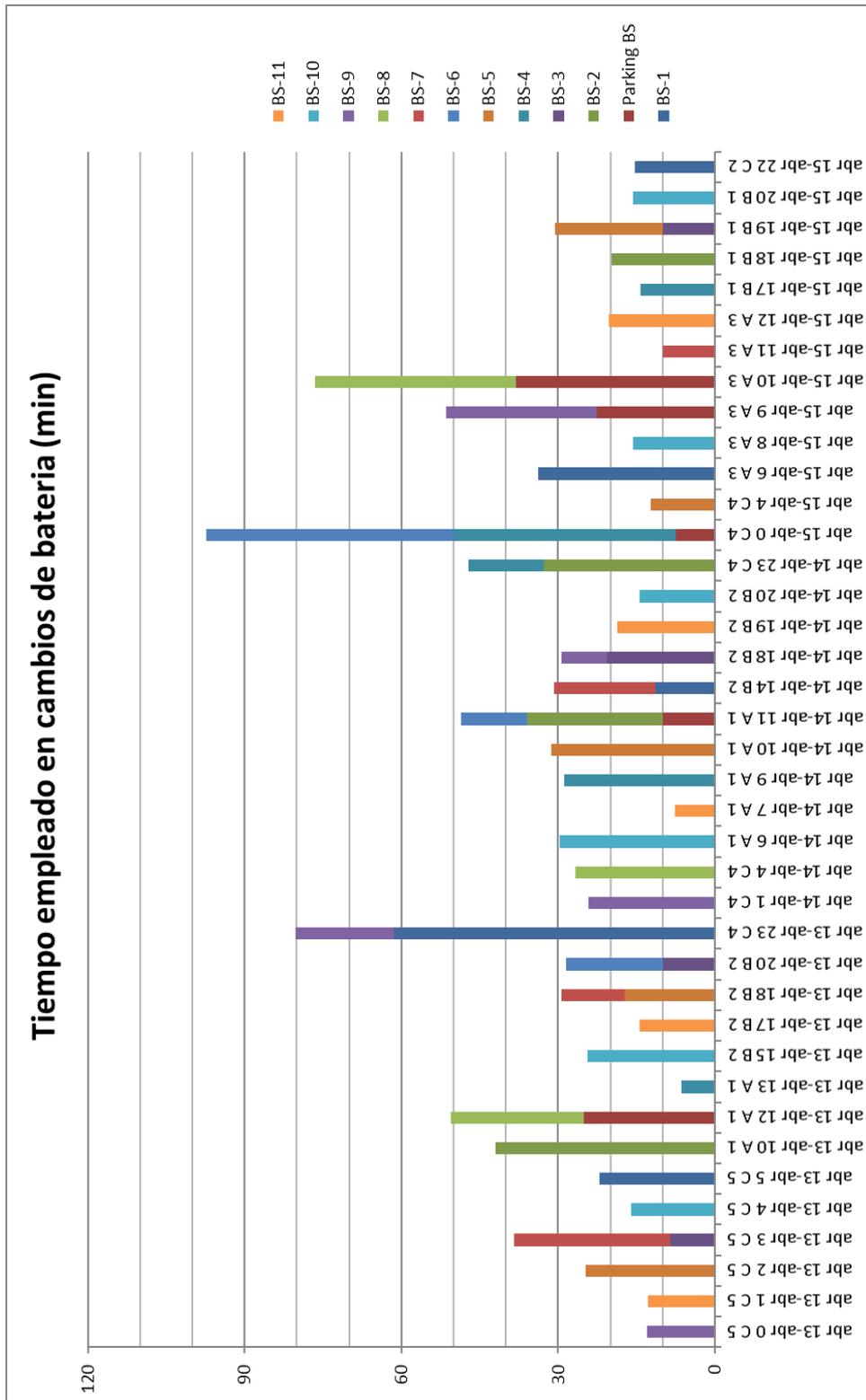


Figura 5.1. Tiempo empleado en los cambios de batería en cada hora del día. Fuente: elaboración propia.

La forma de interpretar este gráfico será a través de su uniformidad, es decir, si las barras de este gráfico fuesen uniformes y con tiempos razonables (20-30min), significaría que se están gestionando bien los cambios de batería, por el contrario, si se encuentra algún pico más grande, habría que avisar al operario causante de éste para que intente no repetirlo.

5.1.3. Conclusiones de las propuestas

Después de ver el fracaso del primer intento, como se intuyó que el problema fue el desconocimiento del seguimiento, se procedió a presentar tanto la tabla de datos como el gráfico antes mostrado en la figura 5.1 de forma que los empleados lo viesen y con una frecuencia de dos veces por semana.

Con este segundo intento, se terminó cumpliendo el objetivo buscado, reducir el tiempo empleado en los cambios de batería al haber más cambios de forma manual y se logró también reducir el número de atascos en la estación de cambio de batería.

A mayores, se consiguió mejorar la herramienta de toma de datos, haciendo que ésta fuera más precisa al distinguir los cambios de batería manuales y automáticos.

5.2. Propuesta de modificación de las velocidades

Desde el departamento de informática se proporciona un archivo donde se detalla la relación de las velocidades que debe tomar un Garbo en función de la zona en la que se encuentre. Estos datos se estudiarán para buscar posibles mejoras en el sistema.

5.2.1. Situación inicial

Las velocidades que se tienen en las diferentes zonas del taller apenas han sufrido modificaciones desde que se instauraron los AGVs. Todas las posibles propuestas respecto a alguna modificación de estas normas han de pasar por los departamentos de seguridad y de informática, quienes tomarán las últimas decisiones sobre el asunto teniendo como principal premisa la seguridad en el taller.

5.2.2. Propuesta realizada

Se quiere aumentar la velocidad de Garbo en todas las zonas posibles del taller para ganar tiempo de servicio al hacer los pedidos de una manera más veloz. Se investigará las zonas donde se crea que hay una velocidad programada que pueda ser intensificada sin poner en riesgo a las personas ni a los propios vehículos. Posteriormente se comparará esta zona con otra de características similares donde haya una velocidad superior.

Se encuentran dos zonas en las que se piensa que se podría aumentar la velocidad que se han remarcado en la figura 5.2 en color rojo. De la misma

forma y en la misma imagen se destaca en verde con la misma letra la zona rápida con la que se quiere comparar al poseer una mayor velocidad programada pese a tener características muy similares.

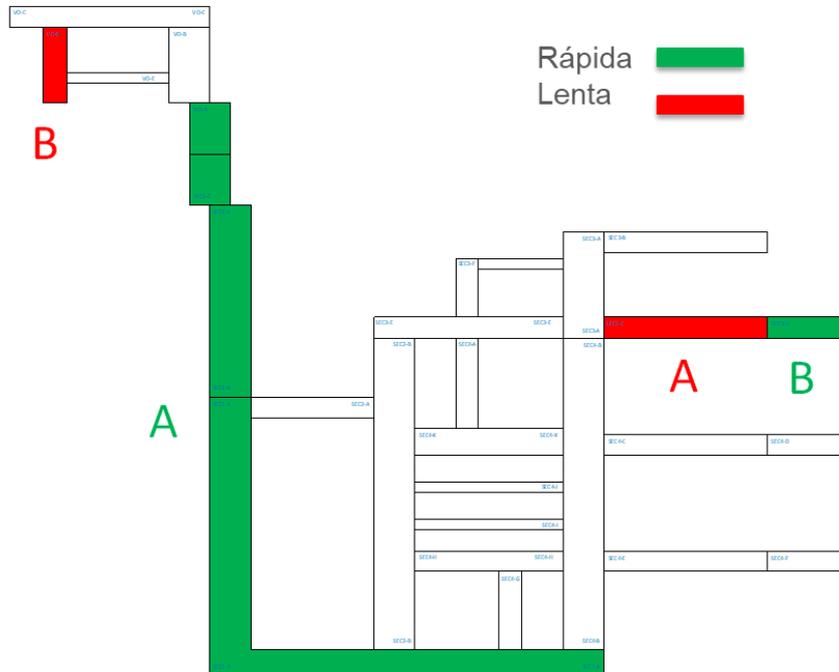


Figura 5.2. Comparativa de las dos zonas que se propone cambiar con sus respectivas zonas semejantes más rápidas.

Para hacer una comparativa minuciosa se filmará a diferentes Garbos circulando por las vías en cuestión y posteriormente se hará un visionado simultáneo de las zonas que se quieren comparar. Con esto se quiere comprobar que hay una diferencia entre las velocidades de ambas zonas y que son similares viendo su entorno de trabajo.

La comparativa de las dos zonas “A”, nos lleva a la conclusión de que por el entorno son zonas bastante similares, con amplio espacio para el paso de Garbo y sin pasos de peatones. En cuanto a la diferencia de velocidad apenas es significativa para el ojo humano, al diferir según la programación en un 12%. No obstante, aunque no sea apreciable, esta diferencia supondría una ganancia para los AGVs.

Por otro lado, la comprobación en la zona “B” refleja diferencias muy significativas respecto a las velocidades, perfectamente apreciable para el ojo humano al tener la zona rápida una velocidad programada del 66% más que la lenta. Con los visionados de los vídeos también se puede verificar que las zonas a comparar tienen características similares y una circulación de peatones bastante parecida.

Tras hacer la unión de los videos de ambas zonas y verificar que reflejan las diferencias que antes suponíamos, se acudirá al departamento de

seguridad. Se les mostrará las imágenes filmadas y se les dará la propuesta de equiparar la velocidad de las zonas lentas a la de las zonas rápidas. Por su parte creen que no hay ningún problema para realizar dicha propuesta.

Se hace la misma propuesta al departamento de informática, añadiendo de antemano la respuesta afirmativa por parte del departamento de seguridad. Se muestran los mismos vídeos y los datos que reflejan la diferencia de programación entre las diferentes zonas. Las respuestas obtenidas por este departamento no fueron afirmativas y las razones por las cuales las rechazaron son las siguientes:

- Zonas “A”: la velocidad máxima permitida para los Garbo en toda la fábrica es de 1’5 m/s. Por tanto, aunque la zona rápida “A” esté programada a 1’7m/s, su velocidad será la máxima limitada al igual que en la zona lenta.
- Zonas “B”: la zona de velocidad lenta “B” tiene pérdidas de navegación cuando los Garbo circulan a mayor velocidad, por tanto, no creen conveniente realizar el cambio.

5.2.3. Conclusión de la propuesta

Para la zona “A” no se puede hacer ninguna modificación, puesto que la velocidad máxima está fijada en 1’5m/s por razones de seguridad y es ésta a la que están circulando por ambas vías.

En cuanto a la zona “B” se hace una investigación de las posibles causas de las pérdidas en la navegación en ese tramo. Tras una inspección por la zona se cree que el problema de la navegación viene dado por la falta de espejos guía o por la falta de visibilidad de éstos, como vemos en figura 5.3.

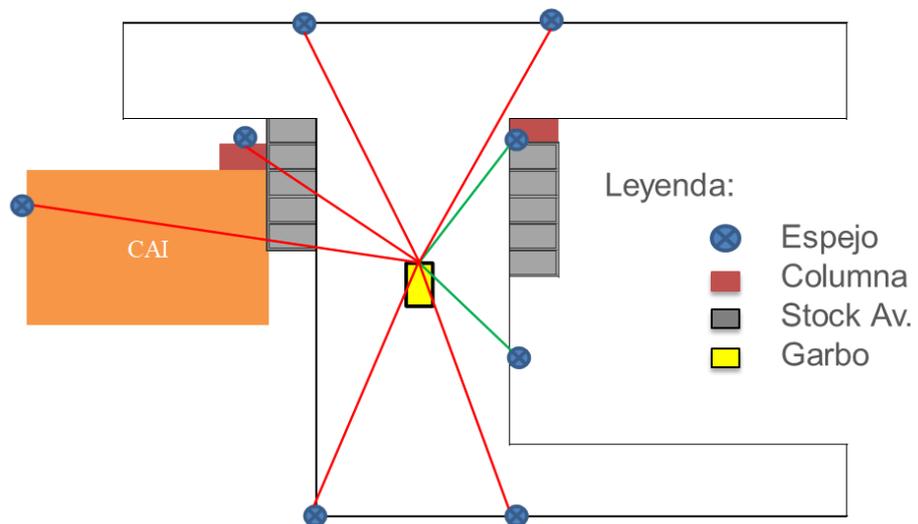


Figura 5.3. Mapa de espejos en la zona lenta "B" y su supuesta interacción de Garbo con éstos.

Fuente: elaboración propia.

Como este estudio se realizó prácticamente a finales de la práctica, la propuesta de implantar un espejo más en esta zona se mandó al departamento de informática, pero por falta de tiempo no se pudo terminar con la propuesta ni ver si realmente un espejo extra solucionaba los problemas.

5.3. Estudio sobre las diferencias entre los AGVs

Se quiere saber si existe algún dato que nos dé con certeza motivos para pensar que algún Garbo se diferencia de otro. De ser así se estudiarían los motivos y se buscaría la mejor forma de solventarlo.

5.3.1. *Situación inicial*

A pesar de tener todos los Garbo el mismo diseño original, no todos cuentan con componentes de la misma antigüedad, ni con los mismos con los que originalmente fueron ensamblados. Inicialmente la planta contó con un número más reducido de Garbo a modo de prueba, tras ver sus resultados y que el sistema funcionaba correctamente se decidió ampliar la flota progresivamente hasta el número actual de once AGVs.

A mayores, con el paso del tiempo los diferentes Garbos han ido requiriendo diferentes tipos de mantenimiento debido a fallos en ciertas piezas, o a diferentes accidentes que hayan podido sufrir. Algunos AGVs llevan componentes diferentes por los cambios de mantenimiento e incluso el Garbo número 10 tiene un par de cámaras instaladas en su parte superior, éstas graban en la dirección del movimiento natural y registran la actividad de este vehículo.

5.3.2. *Estudio realizado*

Se propondrán dos tipos de indicadores que nos puedan dar información de posibles diferencias en el rendimiento. El número de récords en los trayectos realizados y el número de pedidos medio que realiza un Garbo por cada cambio de batería.

Para buscar los tiempos récord se analizarán todos los pedidos realizados en la fábrica desde el momento en que se empezó a llevar la base de datos de Access (2 de noviembre de 2017). Utilizaremos únicamente las trazas “drop”, puesto que al ser la parte del viaje donde se lleva la carga evitaremos perturbaciones en los datos como los “pick robados”, al no poder ser robado un pedido cuando ya está en la fase de aprovisionamiento

Para diferenciar los mejores tiempos utilizaremos la herramienta de Excel de eliminar duplicados. Previamente a emplear esta aplicación, hay que tener en cuenta posibles erratas en los datos. Se eliminarán aquellos pedidos que sean por definición imposibles de hacer, es decir, pedidos inferiores a 1 minuto y que sean de distintas calles, pedidos de menos de 5 minutos entre los talleres de preparación y turismo, y pedidos de “Stock Avanzado” a “Stock

Avanzado” (pedidos inconsistentes). Una vez eliminados los pedidos incoherentes y aplicada la herramienta de eliminar duplicados, mediante una tabla dinámica se podrá obtener el número de récords que tiene cada AGV.

Por otro lado, para calcular el rendimiento energético a través del parámetro de pedidos por cambio de batería, se obtendrá la información también de la base de datos de Access, pero seleccionando los pedidos y los cambios de batería de cada AGV por separado. Con estos datos, mediante las herramientas del programa Excel se puede obtener de una forma bastante sencilla con la ayuda de las tablas y gráficos dinámicos una vía para presentar muy visualmente los promedios de pedidos por cambio de batería de cada AGV.

Los resultados de ambos indicadores citados son los que se muestran en la tabla 5.4 con una escala de colores dónde los valores verdes son los mejores y los rojos los peores.

AGV	Récords	Pedidos/batería
1	661	62
2	945	59,76
3	823	67,38
4	588	70,06
5	752	57,88
6	520	62,39
7	661	76,3
8	1504	80,27
9	922	76,94
10	905	53,5
11	742	67,62

Tabla 5.4. Resultados de los indicadores de récords realizados por cada AGV, y de pedidos realizados por cada cambio de batería.

Como podemos ver por parte del indicador de récords, el Garbo número 8 es el que presenta mejores tiempos. Mientras que el número 6 presenta el menor número de récords seguido del 4. Podemos notar también que la diferencia del número 8 con el resto de AGVs que se encuentran en la media es bastante significativa.

En cuanto al indicador de rendimiento, nos volvemos a encontrar con que el AGV 8 continua en cabeza, realizando de media 80 pedidos entre cada cambio de batería. En este aspecto el AGV 10 da a entender que es el menos eficiente energéticamente, quedándose algo atrás también los números 2 y 5.

Para dar una explicación a estos datos se elaborarán los siguientes posibles escenarios para presentarlos posteriormente a los departamentos que puedan tomar acciones al respecto:

- El AGV 8 no ha sufrido grandes modificaciones con el paso del tiempo.
- El AGV 8 si ha sufrido modificaciones, pero estas no han afectado negativamente a su rendimiento, al contrario.
- Del AGV 6 se sabe que tiene problemas de navegación, puede ser que algún componente no esté funcionando bien y esto afecte a su actividad.
- El AGV 10 tiene cámaras incorporadas, por tanto, es normal que su gasto energético sea mayor. La cuestión será si merece la pena tener las cámaras encendidas o no.
- Los AGVs 2, 4 y 5 presentarían peores resultados sin tener a priori una causa justificable de este bajo rendimiento, más allá de que los componentes que tengan debido a mantenimiento no estén dando el resultado que deberían.

5.3.3. Conclusión del estudio

Los datos de los indicadores fueron presentados a los equipos de los departamentos de informática, autómatas y mantenimiento responsables de Garbo. Junto a los datos se expusieron las ideas de las posibles causas de estas diferencias con el fin de aclararlas.

Por parte de los departamentos la solución más probable que veían al mal resultado de algunos de los AGVs era el mantenimiento que habían sufrido con el paso del tiempo, destacando las siguientes aclaraciones:

- El AGV 2 es de los más antiguos del taller y se tiene consciencia de que ha tenido varios accidentes a lo largo de su vida útil. Por tanto, alguno de los componentes que le haya sido modificado será con mayor probabilidad el responsable de su bajo rendimiento.
- El AGV 6 tiene fallos de navegación y frecuentes problemas sobre los que tiene que actuar el equipo de mantenimiento, especialmente desde un accidente sufrido a finales del mes de febrero de 2018.
- Ningún departamento ve ninguna causa que explique la baja productividad asociada a los AGVs 4 y 5, a parte de las posibles modificaciones que hayan sufrido.
- Se propone estudiar los componentes y el ensamblado que tiene el AGV 8 para replicar su conducta con los demás Garbo.

- En cuanto a la cuestión del AGV 10, se plantea que si no afecta de manera grave a la situación de Garbo no es necesario apagar sus cámaras, pero si en un futuro se precisa de un mayor rendimiento por parte de la flota se podrá tener en cuenta la idea.

Una vez expuestas las posibles causas y sus justificaciones, los responsables de los departamentos antes citados buscarán la mejor forma de actuar para mejorar el rendimiento de los vehículos.

Capítulo 6. Peticiones de estudio por parte del taller

Capítulo 6. Peticiones de estudio por parte del taller

Dentro del trabajo realizado no todo fueron propuestas de mejora o ideas de estudio propias. Desde el taller se hicieron ciertas peticiones de estudios para comprobar su eficacia, así como de cálculos de datos desde el punto de vista de los AGVs para la modificación de elementos de la cadena productiva. En este capítulo haremos una descripción de las solicitudes que se recibieron por parte de la dirección.

6.1. Propuesta para la optimización de Picks

La realización de un pedido consta necesariamente de dos fases, “pick” y “drop”. Denominaremos como “pick” a la primera fase, donde un Garbo sin carga hace el trayecto para recoger su mercancía, mientras que la segunda fase “drop” será el desplazamiento con carga hasta el punto donde tendrá que depositarla.

El problema viene dado porque se considera un despilfarro al tiempo empleado en la fase “pick”, puesto que la principal acción de Garbo es suministrar los productos que se le pidan en cada momento. Por tanto, la idea es hacer que el mayor número de los “picks” que se realizan sean lo más cortos y breves posibles.

6.1.1. *Situación inicial*

La mayoría de las máquinas, tanto productoras como consumidoras, tienen más de un Stock avanzado para el aprovisionamiento o la evacuación de sus contenedores, aunque habitualmente todos están en continuo uso. Por lo que para hacer un aprovisionamiento primero habrá que evacuar el contenedor que no vaya a ser de utilidad en una máquina y después aprovisionar el producto pedido.

El procedimiento estándar de pedir un nuevo elemento de trabajo es el mismo tanto en las máquinas consumidoras como en las productoras, con la

única diferencia de que en las máquinas consumidoras se provee un producto terminado, mientras que a productoras se las proveerá con contenedores vacíos.

El orden seguido para este suministro se indica en la tabla 6.1, como se puede observar en ella, la primera actividad que se realiza para el abastecimiento de las máquinas es la evacuación de su stock avanzado y después el aprovisionamiento a este mismo.

Etapa	Máquina consumidora	Máquina productora	Actividad
1ª etapa	La máquina ha empleado un producto y requiere de otro.	La máquina ha producido un producto y requiere un contenedor vacío.	Consumo o Producción
2º etapa	Garbo evacúa el contenedor vacío de la máquina.	Un AGV evacúa el producto terminado.	Evacuación
3ª etapa	Un AGV va a buscar el producto requerido y lo lleva a la máquina.	Garbo va a buscar el contenedor vacío y lo transporta a la máquina.	Aprovisionamiento

Tabla 6.1. Etapas seguidas para la realización de un aprovisionamiento.

Sabiendo los dos tipos de gestiones existentes, investigaremos estos tipos de pedidos para encontrar la mayor proximidad entre sus comienzos y sus finales y posteriormente actuar sobre ellos. Estos datos se encuentran en la tabla 6.2 tanto para las máquinas productoras como para las consumidoras.

Máquina	Tipo de pedido	Inicio	Final
Productora	Evacuación	Stock Avanzado de máquina productora	Almacén de producto terminado
Productora	Aprovisionamiento	Almacén de vacíos	Stock Avanzado de máquina productora
Consumidora	Evacuación	Stock Avanzado de máquina consumidora	Almacén de vacíos
Consumidora	Aprovisionamiento	Almacén de producto terminado	Stock Avanzado de máquina consumidora

Tabla 6.2. Sistema actual de secuenciación de los pedidos realizados a Garbo con sus inicios y finales.

6.1.2. Propuesta realizada

Desde el taller se pide alguna propuesta que acorte la longitud de los “picks” haciendo, por ejemplo, que el “drop” anterior sea lo más cercano al lugar donde tendrá que realizar el siguiente pedido.

De las 16 posibles combinaciones que obtenemos de la tabla 6.2 antes mostrada, encontramos seis en las que el inicio de una y el final del otra son potencialmente cercanos. Estos conjuntos son los siguientes:

- 1) Final de aprovisionamiento en Stock avanzado en máquinas consumidoras e inicio de evacuación en el hueco contiguo.
- 2) Final de aprovisionamiento en Stock avanzado en máquinas productoras e inicio de evacuación en el hueco contiguo.
- 3) Final de una evacuación en una máquina consumidora e inicio de aprovisionamiento en una productora.
- 4) Final de una evacuación en una máquina productora e inicio de aprovisionamiento en una consumidora.
- 5) Final de aprovisionamiento en una máquina consumidora e inicio de aprovisionamiento en otra máquina consumidora.
- 6) Final de evacuación de una máquina productora e inicio de evacuación de una consumidora.

De estas posibles combinaciones, no estudiaremos las 5 y 6 porque las probabilidades de que se den a la vez en el tiempo son muy escasas y para estas situaciones fortuitas entraría en juego el sistema de “pedidos robados” del que hablaremos más adelante.

También descartaremos las propuestas 3 y 4 al comenzar el segundo pedido en un aprovisionamiento, ya que éstos se rigen por las normas establecidas en el Kanban y no tienen por qué coincidir en el tiempo con evacuaciones.

Las propuestas 1 y 2 van en contra del sistema actual de aprovisionamiento, pero si éste se pudiera modificar, el segundo “pick” sería casi instantáneo al tener que recorrer a penas dos o tres metros. El único inconveniente sería que las máquinas tuvieran que trabajar con un stock menor, o que tuvieran un stock interno dentro de su zona de trabajo para tener la misma capacidad de maniobra.

De forma que, si invertimos el ciclo de pedidos que realiza Garbo y situamos primero el aprovisionamiento a una máquina y después su evacuación, el formato en el que nos quedaría la tabla 6.2 antes citada cambiaría al aspecto que observamos en la tabla 6.3, donde el final de una acción coincide con el inicio de la siguiente.

Máquina	Tipo de pedido	Inicio	Final
Productora	Aprovisionamiento	Almacén de vacíos	Stock Avanzado de máquina productora
Productora	Evacuación	Stock Avanzado de máquina productora	Almacén de producto terminado
Consumidora	Aprovisionamiento	Almacén de producto terminado	Stock Avanzado de máquina consumidora
Consumidora	Evacuación	Stock Avanzado de máquina consumidora	Almacén de vacíos

Tabla 6.3. Sistema propuesto de secuenciación de los pedidos realizados a Garbo con sus inicios y finales.

Así pues, si se invierte el orden de realizar los pedidos y si existiese alguna forma de enlazarlos, se podría reducir el tiempo de la mitad de los “picks” a unos segundos. Lamentablemente la herramienta de gestión de pedidos no permite enlazarlos, pero podríamos aprovechar la función de Garbo llamada “pedido robado” para que se encargue de gestionarlo.

El sistema de “pedido robado” actúa en el momento que un AGV termina su pedido, si se encuentra más cerca del destino al que se dirige otro Garbo para realizar el “pick” se apropia de ese pedido como suyo mientras que el AGV al que roban el pedido buscará su siguiente pedido en la cola de pedidos pendientes.

Con la ayuda de esta herramienta se puede plantear el cambio de organización de pedidos, ya que, al estar un stock avanzado al lado de otro, nada más terminar un Garbo su aprovisionamiento en uno robará el pedido en el de al lado.

Viendo la disposición y las características de las máquinas, esta propuesta generará más valor en las máquinas que se encuentran en el taller de preparación, por lo que se estudiará la propuesta en una de ellas para comprobar su viabilidad y más adelante intentar extrapolar la idea al resto de máquinas.

La máquina escogida para el estudio es la “BL2” encontrada en el taller de preparación. Esta máquina es seleccionada porque cuenta con 10 huecos de stock avanzado, lo que permitiría la utilización de hasta 5 espacios para

almacenar producto y otros tantos para tener vacíos. La localización de la máquina y sus stocks avanzados se puede observar en la figura 6.1.

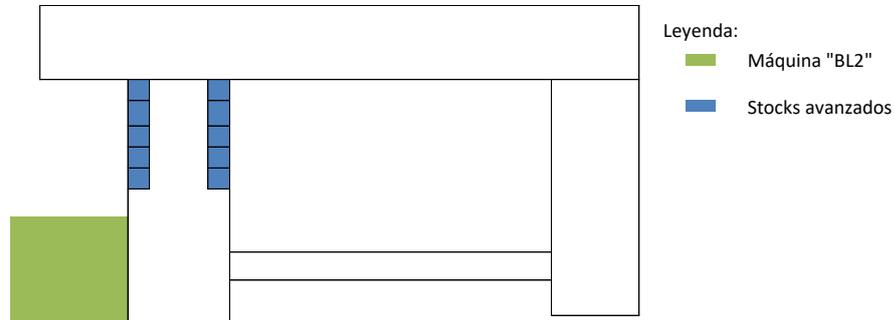


Figura 6.1. Localización de la máquina BL2 y sus stocks avanzados en el taller de preparación.

Diferenciaremos a todos los “picks” que se realicen en ella por tiempos, de forma que aquellos con una duración mayor de 4 minutos los contaremos como mejorables mientras que el resto no lo serán. Se selecciona el tiempo de corte en 4 minutos al ser el tiempo mínimo que tarda un AGV en trasladarse desde el taller de turismo al de preparación

Analizando los datos de “picks” de varios meses recogidos en la base de datos de Access se obtiene que cada día de trabajo se realizan 30 pedidos de evacuación en esta máquina y el tiempo que se tarda en realizar el “pick” sigue la distribución mostrada en la tabla 6.4.

Tiempo Pick	BL2
0-2	29,41%
2-4	18,82%
4-6	4,12%
6-8	2,94%
8-10	21,76%
10-12	8,82%
>12	14,12%
Total	100,00%

Tabla 6.4. Distribución de tiempos de los picks realizados en la BL2.

Si la propuesta se llevase a cabo podríamos suponer que el tiempo de todos los “picks” mejorables pasaría a ser de 2 minutos, poniéndonos en el peor de los casos, haciendo que el tiempo ahorrado para Garbo en estos viajes sea de 120 min/día.

De la misma manera se realizan los mismos cálculos, pero para el resto de “picks” del taller de preparación sin tener en cuenta la máquina, simplemente por hacer una aproximación de las posibles ganancias que se obtendrían si todos los “picks” tuvieran una hipotética duración de 2 minutos. El resultado obtenido se traduciría en 340 min/día de beneficios para el sistema de Garbo.

En cuanto a las máquinas del taller de turismo se realiza el mismo ejercicio en general para todas las máquinas, aun sabiendo que ciertas máquinas solo tienen un stock avanzado y la medida no sería posible. Este ejercicio se hace simplemente para dar un valor orientativo a la propuesta de los posibles beneficios.

6.1.3. Conclusión de la propuesta

Los datos antes calculados se proporcionan al encargado de la logística en el taller de turismo que será el encargado de tomar las decisiones finales a cerca de esta propuesta.

Para las máquinas consumidoras se rechaza la propuesta porque éstas no tienen margen para reducir su stock, lo que las llevaría a tener un pequeño almacén interno. Al no ser un espacio excesivamente amplio el que tienen los operarios para maniobrar, se descarta la idea de este stock extra y por tanto la propuesta.

En cambio, en las máquinas productoras, o en alguna de ellas, al no requerir un incremento de almacenaje interno ya que éste se encontraría en los propios stocks avanzados, se admite la propuesta para un posterior estudio de viabilidad por parte del taller y los operarios, con más profundidad que el análisis mostrado.

6.2. Estudio sobre ciertas modificaciones en la línea “3B”

La línea 3 del taller de turismo está dividida en dos partes. Denominaremos como zona “3A” a la calle de entrada a la máquina “MAC-3” y almacenes, mientras que la otra zona “3B” no tiene almacenes y es dónde se encuentran las máquinas “BNS” (3-7).

La calle “3A” no tiene graves problemas de circulación, en cambio la “3B” se enfrenta a un crecimiento en su tráfico al tener cada vez mayor carga de trabajo acumulada debida a la incorporación de la máquina “BNS-7” al trabajo.

En el mapa representado en la figura 6.2 podemos apreciar las dos calles de la línea 3 y un apartadero en la calle “3B” del que hablaremos más adelante.

6.2.1. Situación inicial

La calle en la que se encuentra la máquina “MAC-3” y los almacenes de la línea, es decir la zona “3A”, no tiene un tráfico muy concurrido y además cuenta con dos carriles para su circulación, uno de ida y otro de vuelta, por lo que en esta zona no será necesario actuar.

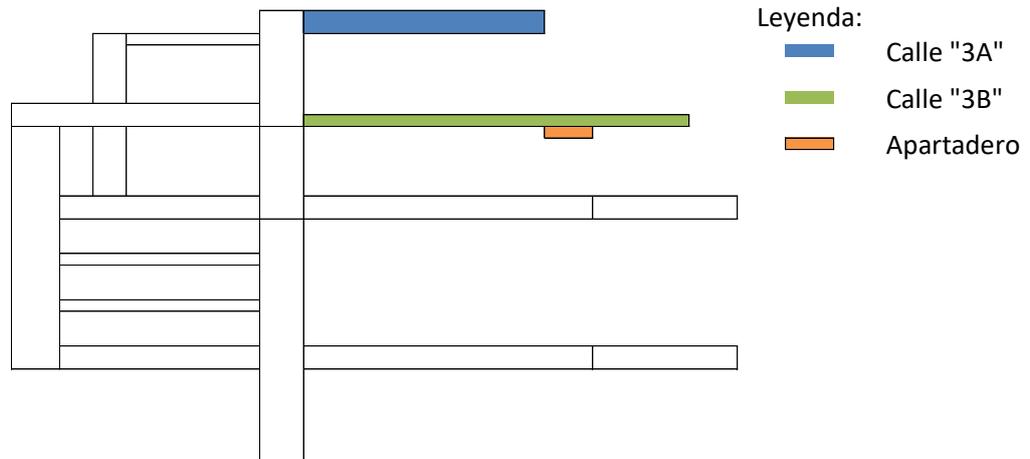


Figura 6.2. Distinción de las calles "3A" y "3B" de la línea 3 del taller de turismo y localización del apartadero de la calle "3B".

Por otro lado, la zona "3B" tiene una vía más estrecha de lo normal haciendo que sólo haya un carril tanto de entrada como de salida. Para ayudar a la línea con el tráfico y evitar aglomeraciones a la salida de ésta, se ha creado un apartadero haciendo que puedan entrar hasta dos AGVs en esta calle, la disposición de éste se ha resaltado en la imagen anterior (figura 6.2).

Este apartadero será utilizado en el caso de que un Garbo ya haya entrado a la zona y un segundo vaya a hacerlo. El segundo Garbo, recorrerá la calle de entrada hasta el apartadero y esperará a que el anterior termine su pedido. Cuando el primer AGV termine su pedido y se marche, el Garbo que esperaba en el apartadero podrá continuar con su pedido. De esta forma se reducen los atascos en los cruces de antes de entrar en la calle.

6.2.2. Estudios realizados

Desde el taller de turismo se pide realizar un estudio aproximado de las posibles ganancias que se obtendrían en los dos siguientes casos:

- El apartadero de la zona "3B" pudiese albergar un segundo Garbo.
- La vía "3B" fuese de doble carril, uno de ida y otro de vuelta.

En ambos casos tendremos que tener en cuenta cuales son los posibles puntos de espera a los que afectaría y en qué proporción, para ello utilizaremos tanto la traza ruta como la traza resumen.

La traza ruta nos proporcionará datos estadísticos de cuáles son las zonas de espera a las que podremos ayudar y en qué medida, al aportar una mayor información sobre las esperas. Mientras que gracias a la traza resumen obtendremos valores absolutos más fiables del tiempo que se podría ahorrar por día, ya que el muestreo de esta última es mayor que de la primera.

Las posibles zonas en las que buscar esperas serán las mismas en las dos situaciones, la calle de acceso directo a la línea 3B, la zona de la línea “3A” y la entrada a ésta última. La diferencia estará en los motivos de las esperas que se puedan formar, puesto que con la propuesta de un hueco extra aliviaríamos las esperas provocadas por un AGV, mientras que con el doble carril podríamos reducir una parte de los encadenamientos de esperas a mayores de la situación de la otra alternativa.

En la propuesta de crear un segundo carril solo se reduciría una parte de las esperas en cadena puesto que, si el tren de esperas formado tiene el destino la zona “3B”, éste se seguirá formando dentro de la calle, por lo que únicamente se ayudaría a aquellos AGVs que tuviesen distinto rumbo.

Como el estudio se pidió de forma simplificada para tener una noción general del tema, sencillamente con los gráficos obtenidos al contrastar varios estudios de esperas con la traza ruta obtendremos los valores de los porcentajes de esperas diarias que podremos evitar en las tres zonas colindantes. Posteriormente con los datos de la traza resumen, aplicaremos estos porcentajes a la media de esperas diarias que reciben cada una de las secciones. Finalmente, el resultado de este ejercicio nos muestra un valor aproximado del tiempo de esperas por día que se podría reducir con ambas propuestas.

6.2.3. Conclusiones de los estudios

Una vez realizado el estudio de aproximación, se presentaron los resultados a los técnicos encargados del taller de turismo para que ellos valorasen la importancia que se le podría dar a un estudio más meticuloso sobre este tema.

Las soluciones obtenidas a los problemas representadas como minutos de Garbo por día son las siguientes:

- Hueco extra: 30 min/día.
- Doble carril: 65 min/día.

Viendo los datos obtenidos, la posible ganancia que representan estos valores frente al coste que supondría realizar cualquiera de las modificaciones no se traduce en un beneficio para el centro de trabajo. Por lo que la decisión final es la de no dedicarle más tiempo o recursos al tema en cuestión, ni por supuesto implantar cualquiera de las propuestas.

6.3. Estudio sobre la posible unión de las líneas 2 y 3B

Por parte de los técnicos del taller de turismo se hace saber de la existencia de un camino entre las líneas 2 y 3B al que denominaremos calle

“23B” y que actualmente no utiliza Garbo, sino que se emplea para la circulación peatonal, su ubicación se puede observar en la figura 6.3.

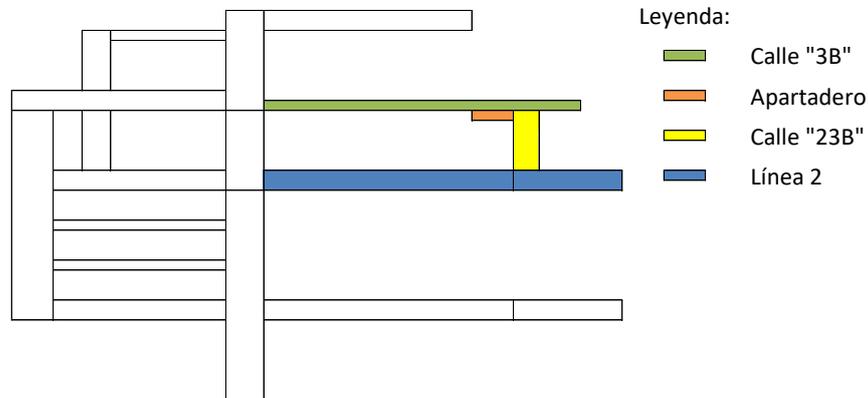


Figura 6.3. Ubicación de la supuesta calle "23B" en el taller de turismo.

Se adjunta a mayores material fotográfico en el que se observa un AGV circulando por la vía en cuestión como prueba de que existe hueco suficiente como para hacer pasar vehículos por ella. Por estas razones, junto a la de aliviar el abundante tráfico que circula por la línea 2, se propone realizar un estudio sobre la posible rentabilidad de utilizar esta vía.

6.3.1. Situación inicial

La calle de la línea 2 es la más frecuentada y su cruce de entrada el más conflictivo de la planta. Por ello se quiere buscar cualquier medida que ayude a descongestionar esta travesía.

A su vez, pese a haber cada vez más tráfico en la calle “3B”, como hemos mencionado en el apartado anterior «6.2. Modificaciones sobre la línea “3B”», no es tanto como el encontrado en la línea 2 y se podría diluir uno en el otro. Por lo que se podría perjudicar un poco la circulación en la zona “3B” si bien esto beneficia a la línea 2 y en cómputo global a la circulación de los AGVs en todo el taller.

6.3.2. Estudios realizados

La propuesta que se recibe por parte de los altos cargos del centro de trabajo de turismo es la de calcular el tiempo estimado que se podría ganar si se decidiera juntar la línea 2 con la línea “3B” mediante esta posible calle de unión.

Como la propuesta percibida desde el taller es muy genérica, se decide realizar el estudio desde tres vertientes diferentes como se muestra en la figura 6.4 y las cuales describiremos a continuación:

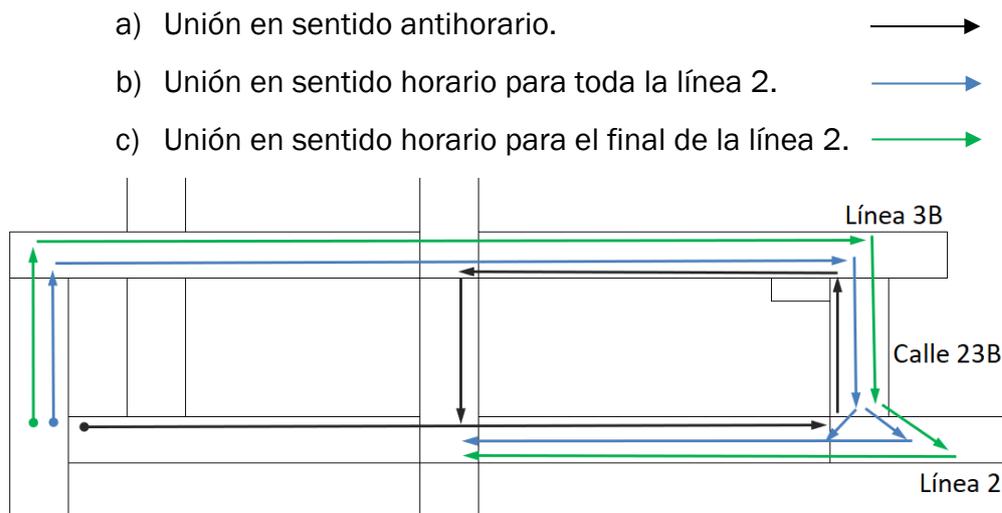


Figura 6.4. Representación gráfica de las tres posibles propuestas a estudiar en el apartado “6.3 Unión entre las líneas 2 y 3B”.

Cada una de estas variantes se estudiará de la misma forma, empleando tanto de la traza resumen como de la traza ruta. Se calculará el tiempo de ganancia como la suma de los siguiente factores:

- Tiempo ganado al evitar esperas en la línea 2.
- Tiempo empleado en movimientos de pérdida.
- Tiempo empleado en movimientos de ganancia.

Otro factor que podría ser relevante en el estudio sería el tiempo gastado en esperas que la propuesta generaría entre la calle “23B” y la “3B”, pero éste no fue incluido debido a que los datos con los factores anteriormente citados ya daban una respuesta clara y dado que no se pidió un estudio exhaustivo se decidió no invertir más recursos en esta variable.

Para el tiempo ganado al evitar esperas, se utilizará archivos de varios días de la traza de ruta. Con ellos se dará un valor porcentual de la cantidad de esperas que podrían ser evitables en cada caso por día.

Las esperas que se podrían evitar según las tres diferentes propuestas son las que se describen a continuación:

- a) Aquellas esperas que se producen cuando un Garbo tiene la intención de salir de la línea 2 y se encuentra con otro AGV de frente.
- b) Las situaciones opuestas al caso “A”, es decir, los momentos un Garbo quiera entrar o avanzar por la línea 2 y se encuentre a otro AGV en su camino teniendo que esperar por él.
- c) Las esperas que se evitarían son la misma situación que las de la situación “B” pero solo para aquellos pedidos que interactúan

con la zona del final de la línea, más allá de la altura a la que se encontraría la calle “23B”.

Una vez sepamos los porcentajes de esperas evitables en cada uno de los casos, realizaremos el estudio con los datos obtenidos en la base de datos de Access de la traza resumen. Como los datos finales y las demás variables las calcularemos por unidad diaria, realizaremos un cambio de unidades y pondremos este dato como tiempo de esperas ganado por día.

De los mismos archivos de la traza ruta antes utilizados, se extraen los tiempos que se tarda en realizar cada uno de los trayectos sin esperas. Por otro lado, de los datos de la base de datos de Access se obtiene un valor medio de los pedidos que se realizan cada día en las diferentes zonas. Juntando estos dos datos podremos obtener el tiempo empleado en circular por cada recorrido en un día en cada una de las zonas afectadas por la propuesta.

Como era de esperar por la geometría de la planta, hay ciertas secciones en las que el tiempo empleado en recorrerlas coincide. Basándonos en esta observación asumiremos que el tiempo estimado en recorrer la calle “23B” será la misma que la empleada en las dos calles paralelas de las mismas dimensiones que reflejamos en la figura 6.5.

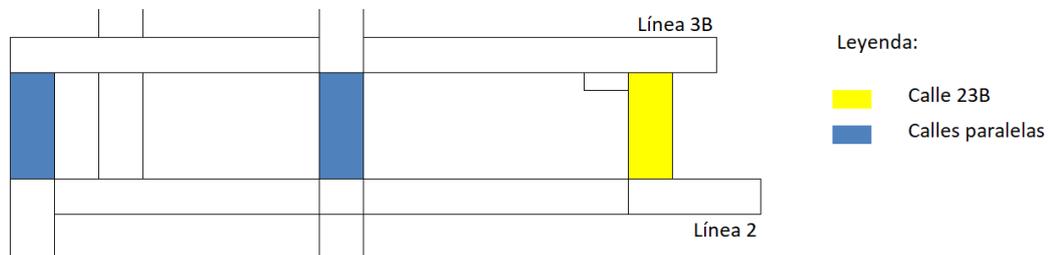


Figura 6.5. Ubicación de las calles paralelas de las mismas dimensiones que la calle 23B.

Una vez tengamos los valores del tiempo empleado en recorrer cada una de las calles, simplemente habrá que diferenciar a los movimientos por su impacto sobre el sistema, por lo que habrá movimientos de pérdida y de ganancia:

- Movimiento de pérdida: desplazamiento extra al que se sigue actualmente.
- Movimiento de ganancia: maniobra que se realiza actualmente y con la propuesta no.

6.3.3. Conclusión de los estudios

Como hemos mencionado antes, una vez realizado el estudio con las tres variables propuestas se decide no incluir el factor de esperas creadas en la línea “3B” al obtener unos resultados determinantes como se muestra en la tabla 6.5.

Unión anti horaria		Unión horaria para toda la línea 2		Unión horaria para el final de la línea 2	
Esperas		Esperas		Esperas	
min/día	317,87	min/día	373,97	min/día	168,29
Movimiento perdido (min)		Movimiento perdido (min)		Movimiento perdido (min)	
Sección 3C	-384,14	Sección 2B	-216,62	Sección 2B	-97,48
Sección 4B	-144,41	Sección 3C	-384,14	Sección 3C	-172,86
Calle 23B	-216,62	Calle 23B	-216,62	Calle 23B	-97,48
Total	-745,17	Total	-817,38	Total	-367,82
Movimiento ganado (min)		Movimiento ganado (min)		Movimiento ganado (min)	
Sección 4C	384,14	Sección 4C	384,14	Sección 4D	172,86
Ganancia diaria		Ganancia diaria		Ganancia diaria	
min/día	-43,16	min/día	-59,27	min/día	-26,67

Tabla 6.5. Resultados de las ganancias que se obtendrían según las tres variantes de la propuesta.

Los datos que se obtienen de este estudio dan a entender que la propuesta generaría pérdidas para los propios AGVs, a parte de los recursos, no sólo económicos, que se emplearía en la adecuación de la calle “23B” y su programación. Por tanto, se procede a mostrar los resultados elaborados al jefe de taller y al encargado de la logística interna del taller para informarles de que la propuesta realmente no genera valor y debe ser descartada.

6.4. Estudio del impacto sobre Garbo de la estandarización de las bobinas de Napa Carcasa (NC)

Las bobinas de Napa Carcasa son un elemento empleado en la confección de los neumáticos de turismo. Ésta es enviada en contenedores estándar por el sistema Garbo, enrolladas en bobinas de diferentes tamaños según su calidad. Los contenedores pueden transportar bobinas de una en una, o de dos en dos.

6.4.1. Situación inicial

Se emplean dos tipos de dimensiones en el taller de turismo, 800 y 1100. Ambas se fabrican en las misma máquina productora cambiando el calibre de ésta según la demanda. Por otro lado, serán tres máquinas de confección “MAC” en el taller de turismo las que empleen este producto.

Cada una de las máquinas “MAC” se encuentra en una línea distinta de producción, por lo que se las denominará según el número de su línea. De forma que las “MAC-1” y “MAC-3” se encuentran en las líneas 1 y 3 respectivamente y ambas utilizan bobinas de 1100, mientras que la “MAC-2”, localizada en la línea 2, emplea las bobinas de 800.

Se sabe de antemano que el cambio a la dimensión mayor reduciría el número de pedidos mientras que de optar por la menor se incrementaría el trabajo de Garbo. La opción de aumentar los pedidos elevaría la falta de aprovisionamiento de Garbo, lo cual contradice a la motivación que nos llevó a realizar este trabajo que era disiparla.

Este razonamiento nos lleva a pensar cuál sería la capacidad máxima de pedidos que podría realizar Garbo diariamente. Gracias a los datos que obtenemos periódicamente del TRSP podemos saber que la capacidad máxima de Garbo está en torno a 1100 pedidos diarios. Aunque de media se realizan cerca de 1000 pedidos diarios, puesto que es la demanda que hay actualmente.

Cuando hablamos de la capacidad máxima de producción de Garbo nos referimos al número límite de pedidos que podría realizar el sistema si hubiese siempre demanda y si no fuese necesario realizar paradas de mantenimiento.

Por tanto, aunque teóricamente se puedan hacer más pedidos de los que requiere el sistema, éste no funciona perfectamente ya que la variación de demanda hace que actualmente haya momentos de saturación con un mal servicio y otros con falta de producción en los que hay AGVs parados.

6.4.2. Estudio realizado

Dentro del taller de turismo se hace una propuesta de estandarizar las bobinas de napa carcasa. Su finalidad no es otra que mejorar los tiempos y rendimientos de las máquinas y eliminar posibles pérdidas en los cambios de utillaje. A mayores el cambio podría afectar a los demás elementos del sistema como sería el caso de Garbo.

Por esa razón se hace una petición de estudio del posible impacto que tendría en los AGVs una estandarización de este producto a cualquiera de las dos calidades. Para ello habrá que realizar el estudio distinguiendo las máquinas afectadas por el cambio ya sea de forma directa o indirecta, éstas son las que se describen a continuación:

- MAC (1-3): máquinas consumidoras de las bobinas.
- DLR: máquina productora del material “NC”.
- CAI: máquina productora del material de intercalado que se usa en conjunto con la napa carcasa en las “MAC”.

Así pues, conociendo las máquinas afectadas analizaremos a través de las cifras almacenadas en la base de datos de Access los pedidos que realiza cada máquina al día y su respectivo tiempo. Las tablas 6.6 y 6.7 reflejan los resultados del impacto en Garbo para la estandarización a la cilindrada de 800 y de 1100 respectivamente en cuanto a minutos por día y a los pedidos que aumentaría o disminuiría la estandarización.

Máquina	Min/día	Pedidos/día
MC1	+300	+20
MC3	+375	+25
DLR	+495	+33
CAI	+255	+17
Total	+1425	+95

Tabla 6.6. Datos de las pérdidas con la estandarización a la calidad 800 según los pedidos en las diferentes máquinas afectadas.

Máquina	Min/día	Pedidos/día
MC2	-300	-20
DLR	-270	-18
CAI	-135	-9
Total	-705	-48

Tabla 6.7. Datos de las ganancias con la estandarización a la calidad 1100 según los pedidos en las diferentes máquinas afectadas.

6.4.3. Conclusión del estudio

Se presentan los datos antes mostrados en las tablas 6.6 y 6.7 a todos los responsables que tienen una relación con la medida de estandarización de las bobinas de napa carcasa para tomar en conjunto una decisión.

Si se escogiera la opción de modificar todas las bobinas a la calidad de 800 supondría un aumento de la demanda que llevaría al sistema prácticamente hasta su máxima capacidad. Este escenario sería inviable para Garbo, puesto que acabaría prestando peor servicio, sobre todo en los momentos de saturación y no tendría margen de maniobra en caso de necesitar mantenimiento.

En cambio, si se optase por la estandarización a 1100 se daría la situación opuesta, bajaría la demanda haciendo que los pedidos pasen menos tiempo en cola. Se fomentaría también que hubiera menor número de picos de demanda donde Garbo pueda colapsar y por tanto generaría muchos beneficios para los AGVs.

Capítulo 7. Estudio económico

Capítulo 7. Estudio económico

A lo largo de este capítulo iremos detallando los pasos que se han seguido desde el inicio hasta el final de este proyecto. Además, se realizará un cálculo de los costes que ha supuesto la realización del mismo.

Para ello lo primero que tendremos que hacer será diferenciar a aquellas personas implicadas en este estudio y las horas de trabajo que le han dedicado. Acto seguido diferenciaremos las distintas fases que componen la realización del trabajo. Finalmente, daremos valor al coste de cada uno de los elementos utilizados directa o indirectamente y al tiempo empleado por cada trabajador.

7.1. Jerarquía seguida para la realización del estudio

Para la realización de este estudio ha sido necesaria la intervención de las personas que citaremos a continuación y colocaremos en el organigrama de la figura 7.1:

- Jefe del departamento.
- Ingeniero industrial.
- Ingeniero en organización industrial junior.

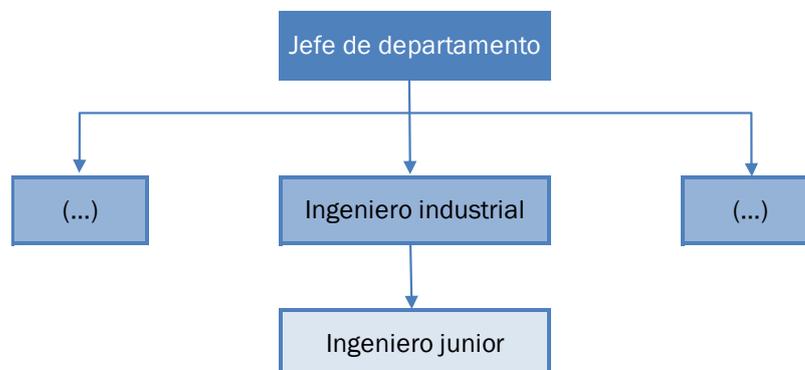


Figura 7.1. Organigrama de los componentes del estudio.

Fuente: elaboración propia.

El jefe del departamento, como su nombre indica, es el encargado de todas las acciones que se llevan a cabo dentro de su jurisdicción. Por tanto, aunque el estudio no sea su idea, él tendrá que ser en encargado de validarla y de llevar un cierto seguimiento de su desarrollo.

El ingeniero industrial es la persona a cargo del sistema de vehículos de guiado automático del que trata el estudio y de quien surge la idea de realizarlo a través de un ingeniero en prácticas. Por estas razones será el coordinador del proyecto, asumiendo las tareas de formar al ingeniero junior y validando todas las propuestas y/o modificaciones que éste sugiera.

El ingeniero en organización industrial junior será el encargado de llevar un seguimiento exhaustivo del sistema de logística interna “Garbo” y de realizar propuestas de mejora que ayuden a incrementar su capacidad de trabajo.

7.2. Características y fases del estudio

En primer lugar, vamos a describir algunas características que nos ayudarán a comprender mejor el proyecto y de esta forma calcular mejor sus costes y amortizaciones.

El estudio se puede definir como una actividad de consultoría interna, es decir, desde el departamento de trabajo se gestiona la organización de la planta. Por tanto, las actividades y software desarrollados serán calculadas como horas de ingeniería empleadas en recogida de información, diseño, programación...

Al tratarse de un trabajo de consultoría, ciertas partes del producto final son software, como por ejemplo el programa de obtención de datos. Esto quiere decir que su vida útil es ilimitada y no sufre por amortizaciones, aunque habrá que realizar periódicamente revisiones y ajustes que pueden llevar algún coste.

Una particularidad bastante importante a tener en cuenta es que estamos ante un sistema de logística interna, por tanto, necesitará de un mantenimiento y revisión constante. Si nuestra red de transporte empieza a tener fallos graves puede afectar severamente a la producción de toda la fábrica. De forma que se precisará de alguien que lleve un seguimiento periódico de los vehículos.

La determinación de las fases del proyecto desde el punto de vista del departamento de organización se ajusta a las seis fases que describiremos a continuación.

Fase 1. Decisión de la elaboración del proyecto

El primer paso para emprender este estudio será analizar el sistema de logística interna “Garbo” y valorar su rendimiento. Al hacerlo se descubre que hay un problema que habrá que solventar, la necesidad de incrementar su

capacidad de trabajo para evitar paradas en las máquinas y adaptarse a la creciente demanda.

Por este motivo, el ingeniero industrial en conjunción con el jefe de departamento, tomaron la decisión de contratar a un ingeniero en prácticas para esta tarea.

Fase 2. Estimación de los recursos y tiempo de desarrollo

Durante esta fase se considerarán los recursos, tanto humanos como no, necesarios para la realización del estudio y el tiempo que será necesario dedicarle. Además, se hará un diagnóstico de su viabilidad, para evitar un posible sobrecoste si se llevase a cabo un proyecto inviable.

Fase 3. Formación del ingeniero junior

Una vez se ha tomado la decisión de comenzar con el estudio se contratará a un ingeniero en prácticas. Para asegurar cierta fluidez y favorecer la adaptación al entorno de trabajo de esta incorporación el ingeniero industrial deberá invertir un tiempo para formarle.

En esta formación se pueden diferenciar dos partes, la primera de ellas será exhaustiva nada más llegar el ingeniero junior a la empresa y la segunda se distribuirá a lo largo del tiempo para orientarle en tareas más específicas.

Fase 4. Mejora del proceso de obtención de datos

Teniendo ya interiorizados los conceptos sobre el funcionamiento del sistema Garbo y la forma de obtener sus datos, el ingeniero junior deberá encargarse de este proceso. Las tareas a realizar serán la obtención periódica de los datos, llevar un seguimiento del rendimiento de los AGVs y automatizar el proceso de obtención de datos.

Fase 5. Realización de propuestas de mejora para el sistema Garbo

Esta fase será la más larga e importante del estudio. En ella se realizarán propuestas para conseguir el objetivo del proyecto, mejorar la capacidad máxima de trabajo.

De forma que el ingeniero junior deberá analizar los datos del sistema Garbo y proponer acciones en su beneficio. Una vez planteada una propuesta, avalada con datos, el ingeniero industrial será el encargado de validar y llevar a cabo dicha medida en el taller.

Fase 6. Elaboración y presentación de la documentación

Una vez finalizado todo el trabajo en la fábrica se procederá a redactar un informe que resuma todo el estudio que servirá como precedente para futuras incorporaciones en este puesto de trabajo. Así mismo también se realizará una presentación para hacer un breve repaso a los cargos superiores del trabajo realizado y de las ganancias obtenidas.

Esta distribución de las tareas que contiene el trabajo se puede apreciar de una forma más visual en la figura 7.2.

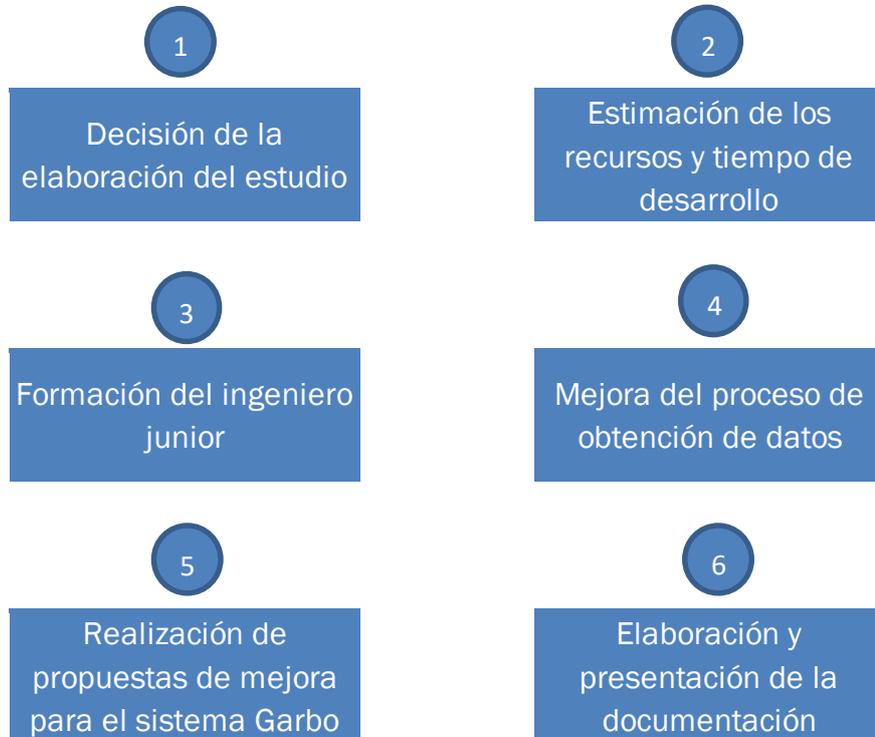


Figura 7.2. Etapas en las que se divide el estudio.

Fuente elaboración propia.

7.3. Estudio económico

A continuación, desarrollaremos el estudio económico ligado a la realización de este proyecto. Para ello diferenciaremos los costes generados en cada una de las fases según su origen.

Se realizará una estimación de los costes de las diversas actividades que se han realizado a lo largo del proyecto según los siguientes parámetros:

- Cálculo de las horas efectivas anuales y de la retribución horaria apercibida por cada empleado.
- Estimación de las horas empleadas por cada trabajador en cada fase.
- Cálculo de las amortizaciones del equipo utilizado.
- Costes horarios de los materiales consumibles
- Cálculo de costes indirectos por hora y persona.

Cálculo de las horas efectivas anuales y de la retribución horaria apercibida por cada empleado

En la tabla 7.1 se muestra el cálculo de los días efectivos que se disponen en un año para trabajar, así como las horas que suponen.

	Días	Horas
Tiempo anual	365	2.920
Fin de semana	-104	-832
Vacaciones	-22	-176
Días festivos	-14	-112
Días de asuntos propios	-5	-40
Tiempo efectivo para trabajar	220	1.760

Tabla 7.1. Cálculo del tiempo efectivo de trabajo anual en días y horas.

Fuente: elaboración propia.

Como hemos mencionado antes, la realización de este estudio ha requerido de la participación de un ingeniero junior, un ingeniero industrial y el jefe del departamento. El salario de estas tres personas, así como los costes horarios que acarrearán para la empresa, están detallados en la tabla 7.2.

	Sueldo bruto (€/año)	Seguridad social empresa (€/año)	Costes totales (€/año)	Coste horario (€/hora)
Jefe de departamento	42.000	14.700	56.700	32,22
Ingeniero industrial	30.000	10.500	40.500	23,01
Ingeniero junior	18.000	6.300	24.300	13,81

Tabla 7.2. Costes en personal para la empresa.

Fuente elaboración propia.

Estimación de las horas empleadas por cada trabajador en cada fase

Para poder calcular de una forma más precisa los costes que generados por cada uno de los empleados, habrá que distinguir cuántas horas ha dedicado cada empleado en cada fase. Esta distribución se refleja en la tabla 7.3.

Personal/Fase	1	2	3	4	5	6	Total
Jefe de departamento	5	2	5	0	15	8	35
Ingeniero industrial	15	5	60	20	60	20	180
Ingeniero junior	0	0	150	150	560	40	900
Total	20	6	255	165	615	75	1.136

Tabla 7.3. Horas empleadas por cada trabajador en el estudio.

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de las amortizaciones del equipo utilizado

El método para calcular la amortización de los equipos informáticos será de cuota lineal y a cinco años. El coste de estos sistemas de información se refleja en la tabla 7.4.

Concepto	Coste (€)	Cantidad	Coste total (€)
Portátil Lenovo	512	1	512
Impresora HP	250	1	250
Microsoft Windows 10	70	1	70
Microsoft Office	65	1	65
Total a amortizar	385		897
		Tipo	Amortización
		Anual	179,4
		Horaria	0,10

Tabla 7.4. Cálculo de los costes por amortizaciones.

Fuente: elaboración propia.

Costes horarios de los materiales consumibles

En este apartado incluiremos los gastos realizados en materiales como papel, cartuchos de impresora, material de oficina... Cada uno de estos gastos los podemos observar en la tabla 7.5.

Concepto	Coste
Papel	80
Suministros para impresora	170
Material de oficina	70
Otros	65
Coste anual total	385
Coste horario por persona	0,22

Tabla 7.5. Cálculo de los costes por material consumible.

Fuente elaboración propia.

Cálculo de costes indirectos por hora y persona

En este apartado incluiremos ciertos gastos que no afectan a directamente a la realización del proyecto, pero que son necesarios, como: electricidad, calefacción, teléfono... Su disposición se muestra en la tabla 7.6.

Concepto	Coste
Teléfono e internet	180
Mantenimiento	200
Electricidad	150
Otros	180
Coste anual total	710
Coste horario por persona	0,40

Tabla 7.6. Cálculo de los costes indirectos ocasionados.

Fuente elaboración propia.

7.3.1. Costes generados en cada fase del estudio

En este apartado daremos valor a los costes generados en cada una de las etapas del proyecto. Para ello tendremos que tener en cuenta todas las variables antes comentadas.

Fase 1. Decisión de la elaboración del proyecto

Para la realización de esta fase solo se precisa del ingeniero industrial y de su jefe de departamento. De forma que el primero estudiará los AGVs y la necesidad de realizar este proyecto presentándole estos datos a su gerente. Así pues, el tiempo empleado por cada uno de ellos y los costes del material utilizado se estiman en la tabla 7.7.

Concepto		Horas	Coste (€/hora)	Total (€)
Personal	Jefe de departamento	5	32,22	161,1
	Ingeniero industrial	15	23,01	345,15
	Ingeniero junior	0	13,81	0
Amortización		15	0,10	1,5
Material consumible		20	0,22	4,4
Costes indirectos		20	0,40	8
Coste total				520,15

Tabla 7.7. Cálculo de costes asociados a la fase 1.

Fase 2. Estimación de los recursos y tiempo de desarrollo

En esta etapa intervendrán los mismos integrantes que en la primera fase. Su cometido será valorar la propuesta antes lanzada para evaluar su viabilidad tanto a nivel económico como para el resto de los recursos como por ejemplo el tiempo. Se realiza una estimación de estos costes en la tabla 7.8.

Concepto		Horas	Coste (€/hora)	Total (€)
Personal	Jefe de departamento	2	32,22	64,44
	Ingeniero industrial	5	23,01	115,05
	Ingeniero junior	0	13,81	0
Amortización		5	0,10	0,5
Material consumible		7	0,22	1,54
Costes indirectos		7	0,40	2,8
Coste total				184,33

Tabla 7.8. Cálculo de costes asociados a la fase 2.

Fase 3. Formación del ingeniero junior

Con la llegada del ingeniero junior a la empresa se inicia la tercera etapa que consistirá en su formación por parte de sus cargos directos. Los recursos empleados en realizar esta tarea por parte de todos los integrantes se reflejan en la tabla 7.9.

Concepto		Horas	Coste (€/hora)	Total (€)
Personal	Jefe de departamento	5	32,22	161,1
	Ingeniero industrial	60	23,01	1.380,6
	Ingeniero junior	150	13,81	2.071,5
Amortización		150	0,10	15
Material consumible		215	0,22	47,3
Costes indirectos		215	0,40	86
Coste total				3.761,5

Tabla 7.9. Cálculo de costes asociados a la fase 3.

Fase 4. Mejora del proceso de obtención de datos

Una vez formado al ingeniero junior para las tareas que tendrá que realizar, el primer ejercicio será automatizar el proceso de obtención de información y si fuese posible mejorar alguno de sus aspectos, siempre con cierta supervisión del ingeniero industrial. Los costes de la realización de esta etapa se muestran en la tabla 7.10.

Concepto		Horas	Coste (€/hora)	Total (€)
Personal	Jefe de departamento	0	32,22	0
	Ingeniero industrial	20	23,01	460,2
	Ingeniero junior	150	13,81	2.071,5
Amortización		150	0,10	15
Material consumible		170	0,22	37,4
Costes indirectos		170	0,40	68
Coste total				2.652,1

Tabla 7.10. Cálculo de costes asociados a la fase 4.

Fase 5. Realización de propuestas de mejora para el sistema Garbo

Teniendo ya una forma depurada de obtener la información se pasará a estudiar propuestas de mejora, validarlas y llevarlas a cabo con ayuda del ingeniero industrial y el jefe del departamento. Esta es la fase más larga y en la que más recursos se invierten. La tabla 7.11 representa la estimación de sus costes.

Concepto		Horas	Coste (€/hora)	Total (€)
Personal	Jefe de departamento	15	32,22	483,3
	Ingeniero industrial	60	23,01	1.380,6
	Ingeniero junior	560	13,81	7.733,6
Amortización		560	0,10	56
Material consumible		635	0,22	139,7
Costes indirectos		635	0,40	254
Coste total				10.047,2

Tabla 7.11. Cálculo de costes asociados a la fase 5.

Fase 6. Elaboración y presentación de la documentación

Para terminar, como el contrato del ingeniero junior llega a su fin, se deberá documentar todo el trabajo que se haya realizado durante el periodo de prácticas y exponerlo a sus cargos superiores. Los costes que supone esta fase se detallan en la tabla 7.12.

Concepto		Horas	Coste (€/hora)	Total (€)
Personal	Jefe de departamento	8	32,22	257,76
	Ingeniero industrial	20	23,01	460,2
	Ingeniero junior	40	13,81	552,4
Amortización		40	0,10	4
Material consumible		68	0,22	14,96
Costes indirectos		68	0,40	27,2
Coste total				1.316,52

Tabla 7.12. Cálculo de costes asociados a la fase 6.

7.3.2. Costes totales del estudio

Una vez realizados los cálculos de los costes para cada una de las fases detalladamente, vamos a juntarlos para hallar el capital total invertido en la realización de este trabajo. El resultado obtenido se muestra en la tabla 7.13.

Fases	Coste (€)
Fase 1	520,15
Fase 2	184,33
Fase 3	3.761,5
Fase 4	2.652,1
Fase 5	10.047,2
Fase 6	1.316,52
Trabajo completo	18.481,8

Tabla 7.13. Suma de todos los costes del trabajo.

7.3.3. Ganancias del estudio

Las ganancias generadas por este estudio se reflejan en el porcentaje de aprovisionamiento de Garbo que se ha conseguido con el trabajo realizado y la ganancia monetaria en la que se traduce el programa de toma de datos automático.

Para ello, calcularemos las ganancias de Garbo como el coste horario de un AGV por las horas empleadas por la flota de vehículos y por el porcentaje ganado en cada uno de ellos. Mientras que las ganancias del programa serán las horas no empleadas a esta tarea por el ingeniero junior durante el periodo de trabajo por su salario. Estos datos se reflejan en la tabla 7.14.

Concepto	Porcentaje	Horas	Coste (€/hora)	Ganancias (€)
Garbo	2,3%	16.060	85,62	31.626,32
Toma de datos	-	120	13,81	1657,2
Ganancia total				33.283,52

Tabla 7.14. Ganancias obtenidas con el estudio.

7.3.4. Beneficios obtenidos con la realización del estudio

Para terminar, calcularemos el beneficio total obtenido con la elaboración de este proyecto como las ganancias totales conseguidas menos los costes totales generados para su realización. Estos cálculos los podemos observar en la tabla 7.15.

Concepto	Importes (€)
Ganancias totales	33.283,52
Costes totales	18.481,8
Beneficios obtenidos	14.801,72

Tabla 7.15. Beneficios obtenidos por la empresa con el proyecto realizado.

Como podemos observar, el proyecto ha sido rentable a nivel económico tal y como se estimó en la fase 2 de estimación de los recursos y tiempo de desarrollo. De forma que se recupera lo invertido y se obtienen beneficios en un periodo menor a un año.

Conclusiones y líneas futuras

Conclusiones y líneas futuras

Para terminar, expondremos las conclusiones a las que se ha llegado a través del trabajo realizado, qué objetivos se han cumplido y que posibles investigaciones sobre el tema se pueden realizar.

Inicialmente se nos había propuesto el caso de una fábrica que necesitaba que su sistema de logística interna “Garbo” aumentase su productividad para evitar que sus máquinas tuvieran que parar perjudicando así a la producción de la planta.

Para ello nos marcamos tres propósitos que alcanzar para llegar al objetivo principal de una forma más sencilla y ordenada. Además de estos propósitos que comentaremos a continuación, incluiremos ciertas propuestas de estudio a petición de la directiva del taller. De forma que los cuatro principales bloques de estudio son:

- Mejora de la toma de datos.
- Planificación de las rutas a seguir.
- Modificar ciertos parámetros de los vehículos.
- Peticiones de estudio por parte del taller.

Mejora de la toma de datos

La toma de datos se ha ampliado para tener más información y en los métodos ya existentes se han hecho modificaciones para conseguir más precisión. Así pues, las tareas que se han llevado a cabo han sido:

- Modificación de la traza resumen y TRSP: estos dos análisis ya existían al empezar con el trabajo, pero se ha añadido la diferenciación de los cambios de batería y se añadió un apartado para ver su ruta que más tarde fue reemplazado por la traza ruta.
- Creación de la traza ruta: con este fichero se consiguió dar una explicación a la mayoría de las esperas de los AGVs y sirvió como

ayuda para realizar ciertos cálculos que dieran mayor validez a las propuestas de mejora.

- Creación de la traza de pedidos: se sabía que se podían obtener estos datos, aunque no se adquirían al no encontrarles utilidad. Como para las propuestas de este estudio si han sido necesarios se creó un archivo y una forma de lograrlos.
- Creación de la base de datos de Access: pese a partir de las prácticas de otro alumno, la información de periodos anteriores no era clara ni fácil de conseguir. Por ello se empezó a guardar en un fichero de Access toda la información del periodo de prácticas para poder consultarla en cualquier momento, tanto por el mismo alumno como por el siguiente que ocupe su puesto.
- Automatización del proceso: tanto de los archivos existentes como los creados partían de una obtención manual, larga y tediosa. Para agilizar este proceso y eliminar posibles confusiones, se decidió automatizar la toma de datos de la traza resumen, la traza pedidos, su unión a la base de datos y el cálculo del TRSP. Ahorrando con este proceso alrededor de dos horas de trabajo.

Planificación de las rutas a seguir

Para ayudar al rendimiento de la logística interna se comprobó si las rutas que seguían los vehículos eran las más eficientes. Como ese no fue el caso se propusieron algunas modificaciones que agilizaron el flujo de tráfico.

La primera de ellas consistió en un reordenamiento de los almacenes para procurar que los materiales estuvieran lo más cerca de su siguiente máquina según el ciclo de fabricación.

Esto causa que los aprovisionamientos se realicen en un menor tiempo mientras que las evacuaciones tarden más, aun así, en cómputo global se gana tiempo. Como consecuencia secundaria también se reducen las distancias que recorren los vehículos en cada pedido, los pasos por los cruces conflictivos y las esperas entre los AGVs.

Otra propuesta se centró en el estudio de unos huecos a los que se denominaron en desuso debido a su falta de actividad a lo largo del tiempo. Estos huecos suelen ser la altura inferior y por tanto más rápidos para coger o dejar algún objeto en él. La propuesta, aunque rechazada, habría consistido en cambiar el contenido de estos recintos a otro lugar para que Garbo se pueda beneficiar de ellos.

La última de las propuestas de este ámbito se centra en las normas por las que se rigen los vehículos para establecer la preferencia cuando se cruzan

dos vehículos. Para resolver estos conflictos existe una tabla de normas sobre quien tiene prioridad según el nodo en el que esté y los que vaya a utilizar, de forma que el otro vehículo tendrá que esperar en un nodo habilitado para ello.

Una vez estudiadas estas normas se descubren ciertas incongruencias que podrían producir esperas innecesarias y algún nodo no habilitado para la espera que se podría incluir. De estas dos posibilidades solo se lleva a cabo la inclusión de un nuevo nodo capacitado para la espera, consiguiendo disminuir las esperas globales y reducir el tráfico en las calles de sus alrededores.

Modificación de ciertos parámetros de los vehículos

Con el fin de aumentar el rendimiento de los AGVs se buscaron ciertas características que poder mejorar y acciones que se realizasen sobre ellos que no estuvieran optimizadas.

La primera medida que se tomó fue modificar el método operatorio de los cambios de baterías. Se tenía constancia que durante los tres meses anteriores a empezar el estudio había aumentado el tiempo dedicado a esta tarea y se decidió actuar.

Para buscar mejoras se mostró a los operarios las ganancias que se obtendrían si controlaban el momento en el que se hacía el cambio en vez de tener que reaccionar cuando el vehículo fuese de forma automática. Para asegurar el nuevo método operatorio se llevó a cabo un seguimiento de la modificación y se elaboraron gráficos bisemanales que los propios trabajadores podrían ver. Gracias a esta medida se redujo el tiempo empleado a los cambios de batería a su mínimo histórico.

En segundo lugar, se estudiaron las velocidades a las que circulan los AGVs por las distintas zonas del taller para verificar que son las más adecuadas para cada tramo por seguridad e investigar si en alguna vía pudiese ser aumentada.

Se encuentran dos calles en las que se piensa que se puede incrementar la velocidad de circulación sin afectar a la seguridad de las personas a su alrededor. Las dos medidas son rechazadas, pero para una de ellas se hace una contrapropuesta (detallada en la memoria) que no pudo ser finalizada ya que concluyó el periodo de prácticas.

Para finalizar, como Garbo lleva funcionando en la fábrica alrededor de 10 años, tiempo durante el cual todos los vehículos han sufrido reemplazos de componentes, se decide estudiar las posibles diferencias entre ellos.

Para este análisis se utilizarán dos indicadores que serán los pedidos realizados a lo largo de la duración de su batería y la cantidad de tiempos récord que tiene en cada uno en los diferentes tramos del taller. De estos análisis se obtiene que hay diferencias significativas entre ciertos AGVs.

Estos datos se entregan a los encargados de su mantenimiento junto a unas posibles explicaciones de porqué ciertos vehículos son más lentos o consumen más batería para que lo tuvieran en consideración y pudieran realizar las modificaciones necesarias.

Peticiones de estudio por parte del taller

La primera petición recibida desde la dirección fue estudiar una forma de reducir el tiempo de los picks. Para ello se dio una posible solución invirtiendo el orden del ciclo de pedidos para servir un producto, de forma que con la propuesta se realizaría primero el aprovisionamiento y después la evacuación.

Las ganancias de esta propuesta residen en que la evacuación comienza a escasos metros del aprovisionamiento reduciendo así el tiempo de este pick a segundos. En cambio, la desventaja que tendría sería reducir el stock de seguridad o incluir una pequeña zona de almacenaje interna en las máquinas. Este contratiempo es suficiente como para declinar la propuesta.

Una segunda solicitud se centra en estudiar hipotéticos casos de modificación de una calle para mejorar el flujo por ella. Los resultados de los análisis indicarían ganancias a nivel de los vehículos, pero éstas no son suficientes como para generar beneficios monetariamente, siendo por ello descartada.

Existe una vía no utilizada actualmente por Garbo que conecta las líneas dos y tres, de forma que se hace la siguiente petición para averiguar si el rendimiento de la flota mejoraría abriendo de nuevo esta calle.

Como no se da ninguna otra directriz se decide abordar el problema por tres vertientes diferentes. Después de analizar todas ellas la conclusión a la que se llega es que sería mejor no invertir en realizar la modificación, ya que no generaría ningún beneficio para los AGVs.

La última petición desde la dirección consiste en calcular desde el punto de vista de Garbo el impacto que tendría estandarizar un material en concreto a una de sus dos dimensiones.

El resultado de este análisis indica que optar por la dimensión mayor generaría grandes beneficios para los AGVs mientras que la menor causaría tal sobrecarga que podría llegar a colapsar el sistema. Estos datos se hacen llegar a la dirección para que junto al resto de partes tomen una decisión.

Líneas futuras

En este apartado citaremos y explicaremos alguna idea con la que se podría seguir ampliando este estudio y con las que se piensa que se podría seguir obteniendo beneficios para el sistema.

El primer punto con el que seguir consistiría en concluir con todas las opciones que no quedaron totalmente terminadas en este estudio por falta de tiempo, como por ejemplo la optimización de los pick e incluir en el sistema la posibilidad de enlazar pedidos.

Para seguir se podrían investigar qué materiales tienen una mayor frecuencia y, si fuera posible, aumentar su cilindrada o incluso enviar los contenedores de dos en dos. De esta forma se conseguiría reducir el número de pedidos dejando a Garbo con una mayor holgura de tiempo operacional.

Otra vía de estudio podría dedicarse a modificar la calle de salida del taller de turismo para que pudiera ser tanto de entrada como de salida, ya que este camino es más corto y se ahorraría tiempo, siempre y cuando las esperas que se generasen no excedan al tiempo ganado.

Debido a que la línea 1 es la más antigua y además tiene un tramo de un solo sentido, se podría transmitir cierto volumen de trabajo a la línea 3. Esto reduciría el tráfico en la zona más restringida haciendo que este se mueva por calles más amplias como las de la línea 3.

Hay consciencia de que la demanda del taller sufre fluctuaciones que pueden llegar a colapsar el sistema de AGVs, mientras que en otros momentos es tan baja que varios vehículos tienen que parar por falta de pedido. De forma que habría que estudiar los orígenes de estas variaciones para poder actuar sobre ellos y aplanar la demanda.

Por último, si se llevan a cabo más mejoras en el sistema de logística interna podría acabar llegando a una situación en la que se puede plantear retirar un vehículo de la flota. Además de los costes que esto ahorraría, también reduciría la cantidad de esperas de Garbo al haber menos probabilidades de coincidir con otro AGV.

Bibliografía

Bibliografía

Para conocer los fundamentos teóricos sobre los que se basa este trabajo ha sido preciso buscar información en una serie de libros, revistas y páginas web. Todas estas fuentes son las que citaremos a continuación.

Altacuncta.wordpress. Obtenida en el enlace: <https://altacuncta.wordpress.com/2013/11/27/7-consejos-para-hacer-pdca-o-pdsa-y-obtener-beneficios/>. Última visita en junio de 2019.

Birnbaum D. y Vine M.A. (2007). *Microsoft Excel VBA Programming for the Absolute Beginner*. Obtenido en la página:

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kesLAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=microsoft+excel+vba&ots=XezEz dq390&sig=1EfhsF_SJaQ6rKCw9xPoSzDyzUU#v=onepage&q=microsoft%20excel%20vba&f=false

Bovey R., Bullen S., Wallentin D., Green J. (2009). *Professional Excel Development: The Definitive Guide to Developing*. Obtenido en la página:

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=VnegOOpMYIIC&oi=fnd&pg=PR7&dq=microsoft+excel+vba&ots=DxDJJKUeOA&sig=_JjGWnobVn3ld-N7np7XBoWZzb4#v=onepage&q=microsoft%20excel%20vba&f=false

Domínguez Machuca J.A., García González S., Domínguez Machuca M.A., Ruíz Jiménez A., Álvarez Gil M.J. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Historia de Michelin. Obtenida en: <http://www.michelin.es/conoce-michelin/historia>. Última visita en abril de 2019.

JBT Corporation. Obtenida en: <https://www.jbtc.com/en/north-america/automated-systems/products-and-applications/products>. Última visita en abril de 2019.

Michelin en España. Obtenida en: <http://www.michelin.es/conoce-michelin/michelin-en-espana>. Última visita en abril de 2019

Michelin España y Portugal SA. En: <https://www.michelin.es/auto/inicio-auto>. Última visita en abril de 2019.

Monden Y. (2007). *El Just in Time hoy en Toyota*. Deusto S.A. Ediciones, Bilbao.

O'Grady P.J. (1992). *Just-in-time: Una estrategia fundamental para los jefes de producción*. McGraw-Hill, Madrid.

PDCAhome. Obtenida en: <https://www.pdcahome.com/4726/como-dibujar-y-que-es-un-diagrama-de-espaghetti-o-spaghetti-chart/>. Última visita en mayo de 2019.

Progressalean. Obtenida en: <https://www.progressalean.com/kaizen-mejora-continua/>. Última visita en junio de 2019.

Shah, R. & Ward, P.T. (2003): “Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance”, *Journal of Operations Management*, Vol. 21, Nº 2, págs. 129-149. Obtenido en la página:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696302001080>

The Michelin Group. En: <https://www.michelin.com/activites/pneus/>. Última visita en abril de 2019.