



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Universidad de Valladolid

Escuela de Ingenierías Industriales

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

MEJORA Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA SECCIÓN SCHARFENBERG DE LA BASE DE MANTENIMIENTO INTEGRAL DE RENFE



Autor:

Peláez González, Laura

Tutor:

Araúzo Araúzo, José Alberto

Valladolid, diciembre 2021.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**Mejora y planificación de la producción de la
sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento
Integral de Renfe**

Autor:

Peláez González, Laura

Tutor:

**Araúzo Araúzo, José Alberto
Departamento de Organización de
Empresas y Comercialización e
Investigación de Mercados**

Valladolid, diciembre 2021.

RESUMEN

La Base de Mantenimiento Integral de Renfe en Valladolid consta de diversos talleres que se encargan de la reparación y mantenimiento de distintas unidades de tren. Una de sus prioridades es la mejora continua en estas secciones, con su consecuente optimización de la productividad y aumento del beneficio económico.

Por ello, el fin de este estudio es la realización de un proyecto de mejora de la sección *Scharfenberg*, la cual trata los diferentes tipos de enganches que componen una unidad de tren.

Para llevarlo a cabo, se ha realizado un análisis de la planta del taller, observando el modo de trabajar de los operarios, atendiendo a cada actividad que deben realizar y sus respectivos tiempos.

Al finalizar el estudio, se proponen diferentes mejoras para el aumento de la productividad, así como distintas posibilidades de planes de producción dependiendo de las circunstancias.

PALABRAS CLAVE

Mejora continua, planificación de la producción, flujograma, métodos y tiempos

ABSTRACT

Renfe's Integral Maintenance Base in Valladolid consists of various workshops that are responsible for the repair and maintenance of different train units. One of its priorities is the continuous improvement of these sections, with the consequent optimization of productivity and increase in economic benefit.

For this reason, the aim of this study is to carry out a project to improve the *Scharfenberg* section, which deals with the different types of couplings that make up a train unit.

To do it, an analysis of the workshop floor has been carried out, observing the way the operators work, taking into account each activity they have to perform and their respective times.

At the end of the study, different improvements are proposed to increase productivity, as well as different possibilities of production plans depending on the circumstances.

KEYWORDS

Continuous improvement, production planning, flowchart, methods and times.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de
Mantenimiento Integral de Renfe

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, mi padre y mi hermano, por ser mi apoyo incondicional no solo a lo largo de esta etapa, sino durante toda mi vida.

A mis amigos, por estar siempre en las buenas, pero más aún por ser mi motivación y ganas de seguir en las malas.

A mis amigas de la universidad, que han sido mi ángel de la guarda durante todo este camino.

A mi compañía de danza, por ser mi segundo hogar y momento de paz cuando más lo he necesitado.

Gracias a todos por no soltarme de la mano nunca.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de
Mantenimiento Integral de Renfe

ÍNDICE

RESUMEN	1
PALABRAS CLAVE	1
ABSTRACT	2
KEYWORDS	2
AGRADECIMIENTOS	4
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE ILUSTRACIONES	8
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Justificación	11
1.2 Objetivos	12
1.3 Contenido de la memoria.....	13
CAPÍTULO 2. BASE DE MANTENIMIENTO INTEGRAL RENFE.....	15
2.1 Origen	15
2.2 Servicios.....	16
2.2.1 Mantenimiento de trenes	16
2.2.2 Reparación de componentes	17
2.2.3 Transformación	17
2.2.4 Fabricación	18
2.2.5 Consultoría.....	18
2.3 Instalaciones.....	18
2.4 Enganches <i>Scharfenberg</i>	19
2.4.1 Enganche automático	20
2.4.2 Enganche semipermanente	22
2.4.3 Topes.....	25
CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	29
3.1 Problemática.....	29
3.2 Procedimiento.....	30
3.3 Condiciones	31
CAPÍTULO 4. HERRAMIENTAS.....	33
4.1 Flujograma	33
4.2 Diagrama de espagueti	34
4.3 Métodos y tiempos	35

4.4	Diagrama de Gantt	37
4.5	Planificación de la producción.....	38
CAPÍTULO 5. SITUACIÓN INICIAL.....		39
5.1	Personal	39
5.2	<i>Layout</i> inicial.....	40
5.3	Flujograma inicial	41
5.3.1	Diagrama de flujo.....	41
5.3.2	Diagrama de espagueti inicial.....	43
5.4	Cronograma inicial	45
5.4.1	Operaciones y tiempos iniciales.....	46
5.4.2	Diagrama de Gantt inicial.....	53
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORAS.....		55
6.1	<i>Layout</i> nuevo	55
6.2	Flujograma nuevo.....	57
6.3	Cronograma mejorado	58
6.3.1	Reducción de tiempos	59
6.3.2	Diagrama de Gantt nuevo	63
6.4	Formación del personal	66
6.5	Planificación de la producción.....	66
6.5.1	Producción por parejas.....	66
6.5.2	Planificación general de la producción.....	69
CAPÍTULO 7. ESTUDIO ECONÓMICO.....		73
7.1	Coste del análisis e implementación	73
7.2	Beneficio	76
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES.....		81
Bibliografía.....		83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Piezas enganche automático Scharfenberg.....	21
Tabla 2. Piezas enganche semipermanente Scharfenberg.....	24
Tabla 3. Piezas topes.....	27
Tabla 4. Condiciones.....	31
Tabla 5. Elementos distribución en planta inicial.....	40
Tabla 6. Paradas del diagrama espaguete del enganche principal.....	44
Tabla 7. Paradas del diagrama espaguete del enganche principal.....	45
Tabla 8. Proceso de reparación inicial de los enganches automáticos.....	47
Tabla 9. Proceso de reparación inicial de los enganches semipermanentes.....	50
Tabla 10. Proceso de reparación de los topes.....	52
Tabla 11. Elementos distribución en planta final.....	56
Tabla 12. Proceso de reparación mejorado de los enganches automáticos.....	59
Tabla 13. Proceso de reparación mejorado de los enganches semipermanentes.....	62
Tabla 14. Posibilidades de producción.....	72
Tabla 15. Coste de realización e implementación del estudio.....	76
Tabla 16. Mejoras de tiempos.....	77

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación BMI Renfe Valladolid. (Google Maps, s.f.).....	16
Ilustración 2. Talleres Renfe Valladolid. (Tribuna Valladolid, 2019).....	19
Ilustración 3. Localización de los enganches automáticos. (Renfe, 2000).....	20

Ilustración 4. Enganche automático Scharfenberg. (Renfe, 2000).....	21
Ilustración 5. Localización de los enganches semipermanentes. (Renfe, 2000)	22
Ilustración 6. Enganche semipermanente Scharfenberg. (Renfe, 2000).....	24
Ilustración 7. Localización de los topes. (Renfe, 2000).....	26
Ilustración 8. Conjunto tope. (Renfe, 2000)	27
Ilustración 9. Ejemplo diagrama de flujo. (Arias, 2020).....	34
Ilustración 10. Ejemplo diagrama de espagueti. (PDCA Home, 2013)	35
Ilustración 11. Descomposición del tiempo tipo. (Kanawaty, 1996)	37
Ilustración 12. Ejemplo diagrama de Gantt.	38
Ilustración 13. Distribución en planta inicial.	41
Ilustración 14. Diagrama de flujo enganches Scharfenberg.	42
Ilustración 15. Diagrama de espagueti inicial enganche principal.	43
Ilustración 16. Diagrama de espagueti inicial enganche auxiliar.....	44
Ilustración 17. Diagrama de Gantt inicial enganche automático.....	54
Ilustración 18. Diagrama de Gantt inicial enganche semipermanente.	54
Ilustración 19. Distribución en planta final.	57
Ilustración 20. Diagrama de espagueti final enganche principal.....	58
Ilustración 21. Diagrama de espagueti final enganche auxiliar.	58
Ilustración 22. Diagrama de Gantt mejorado enganche automático.....	64
Ilustración 23. Diagrama de Gantt mejorado enganche semipermanente.	65
Ilustración 24. Diagrama de Gantt enganche automático producción de dos parejas.	67
Ilustración 25. Diagrama de Gantt enganche semipermanente producción de dos parejas.	68

Ilustración 26. Planificación de la producción primera semana.	70
Ilustración 27. Planificación de la producción segunda semana.....	71
Ilustración 28. Planificación de la producción dos semanas.	72
Ilustración 29. Diagrama de queso de los costes.	75
Ilustración 30. Diagrama de barras mejora de tiempos.	77
Ilustración 31. Diagrama de barras coste - beneficio.	78
Ilustración 32. Plan de producción para cubrir el costo del estudio.....	79

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

El presente documento ha sido elaborado con el propósito de describir el proceso completo de remodelado de la sección *Scharfenberg*¹ de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe, en Valladolid. Este estudio se ha llevado a cabo durante la asignatura de Prácticas en Empresa del grado de Ingeniería en Organización Industrial, en la Universidad de Valladolid.

En la sección, se ha detectado un desempeño deficiente del proceso actual. Por ello, se solicita el análisis del proceso de reparación y mantenimiento que se lleva a cabo en dicho departamento. De este modo, se pretende conseguir un aumento de productividad y motivación del personal, con el consecuente incremento del beneficio económico.

La filosofía que envuelve la empresa es el “*Kaizen*”, también conocido como mejora continua. Esta metodología surge en Japón en torno a 1950, con el fin de alcanzar el poder de las potencias industriales de occidente y poder satisfacer las necesidades del país, el cual contiene una gran población, pero escasea en tamaño y recursos. El “*Kaizen*” consiste en realizar pequeños cambios para lograr objetivos de forma gradual, y no interrumpir el proceso mediante constancia y disciplina. Para lograrlo, se basa en cinco sistemas primordiales: (Lefcovich, 2009)

¹ Los elementos que se manipulan en esta sección son los enganches *Scharfenberg*, descritos posteriormente en el apartado 2.4.

1. Control de calidad total
2. Sistema de producción justo a tiempo (JiT)
3. Mantenimiento productivo total
4. Despliegue de políticas
5. Sistema de sugerencias
6. Actividades en grupos pequeños

Además, todo esto será desarrollado aplicando diversas herramientas y conocimientos adquiridos a lo largo del grado, como pueden ser los diagramas de flujo, distribución en planta, cronogramas o planificación de la producción, entre otros.

1.2 Objetivos

El objetivo principal del estudio consiste en realizar un análisis exhaustivo de la sección *Scharfenberg*, para mejorarla y obtener la mayor productividad en el proceso. Este fin se desglosa en diferentes objetivos más concretos, citados a continuación:

- **Layout y flujograma óptimo de la sección.** Se pretende modificar la distribución de la planta de tal manera que se minimicen los desplazamientos de los operarios, se optimice el espacio y se maximice la comodidad de los trabajadores.
- **Mejora del cronograma del proceso.** Se reducirán sensiblemente los tiempos de las actividades, además de reestructurar el orden de las operaciones si fuese necesario.
- **Determinación de necesidades.** Detectar las posibles necesidades que dificultan el desarrollo común del proceso para poder suplirlas.
- **Planificación de la producción.** Proponer distintos planes de producción que optimicen la eficiencia y el beneficio, teniendo en cuenta diferentes alternativas o condiciones posibles.

1.3 Contenido de la memoria

El presente trabajo consta de ocho capítulos, además de un resumen seguido de palabras clave y un último apartado que contiene las referencias empleadas.

En el primer capítulo, se expone el motivo de la realización de este estudio, centrándonos en la importancia de la mejora continua. Además, se definen los objetivos que se deben alcanzar, tanto de manera general como de una forma más concreta.

En el segundo capítulo, se narra brevemente el origen de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe en Valladolid. En adición, se enumeran y explican los servicios que ofrecen, así como las instalaciones que la componen.

El tercer capítulo, se centra en la problemática y el motivo del estudio. Se comienza por el desarrollo de los componentes que se reparan en la sección estudiada. A continuación, se explica la problemática detectada, la cual es el motivo de la realización del análisis. Por último, se enumera el procedimiento a seguir durante el estudio, así como las condiciones que deben cumplirse.

En el cuarto capítulo, se encuentra la definición de las herramientas que se van a emplear durante todo el proyecto.

En el quinto capítulo, se establece la situación inicial de la que partimos. Es decir, el personal del que disponemos, la distribución en planta inicial con su respectivo flujograma, así como los cronogramas iniciales. De esta manera, se almacena toda la información respectiva al comienzo del estudio, a partir de la cual se realizarán todas las modificaciones necesarias.

El sexto capítulo está dedicado a las soluciones planteadas a partir del análisis de la situación inicial. En este, se expondrán los problemas detectados, y a partir de ellos, se elaboran los cambios precisos en cuanto a la distribución en planta y los tiempos y operaciones de las actividades. Además, se elaboran distintos planes de producción dependiendo de las condiciones establecidas en el momento.

En el séptimo capítulo, se dedica a la elaboración del estudio económico del proyecto. En él se calcula el coste de realización del estudio e implantación de las mejoras. En adición, se estipula el beneficio obtenido, así como el tiempo que se necesita para recuperar el dinero invertido.

El octavo capítulo se destina al desarrollo de las conclusiones obtenidas al final del estudio.

Por último, se redacta un apartado dedicado a las referencias utilizadas.

CAPÍTULO 2. BASE DE MANTENIMIENTO INTEGRAL RENFE

2.1 Origen

La Base de Mantenimiento Integral de Valladolid es un conjunto de talleres destinados a la fabricación y mantenimiento de distintas unidades de tren.

Su propósito es ofrecer al mercado servicios de mantenimiento integral, reparación, transformación y construcción. Todo ello, realizado bajo criterios de calidad, sostenibilidad, seguridad, rentabilidad y competitividad.

La creación de estos talleres se produjo en 2003, situados en el Camino Fuente Amarga (Ilustración 1). Sin embargo, no fue hasta 2019 cuando se comenzaron a trasladar desde la antigua base, ubicada en el Paseo Farnesio. Su pleno funcionamiento se inició durante los primeros meses de 2020. (Moreno, 2019)

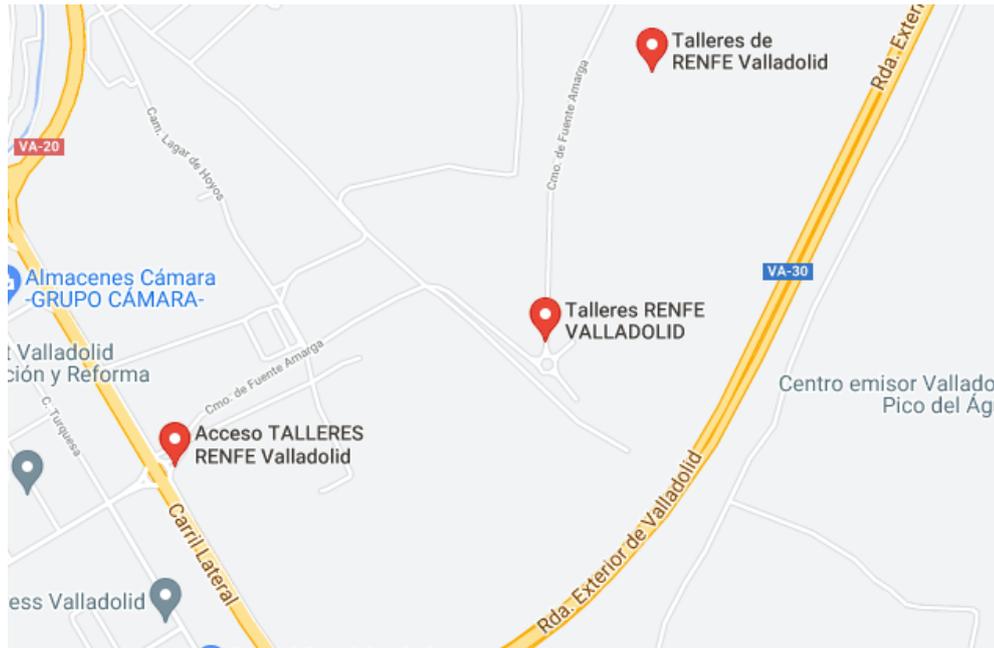


Ilustración 1. Ubicación BMI Renfe Valladolid.

2.2 Servicios

Este conjunto de talleres se centra en la fabricación y mantenimiento de distintos elementos del sector ferroviario. Más concretamente, los servicios que ofrecen al mercado son los siguientes:

- Mantenimiento de trenes
- Reparación de componentes
- Transformación
- Fabricación
- Consultoría

2.2.1 Mantenimiento de trenes

Para el desarrollo de esta actividad, disponen de una gran cantidad de bases de asistencia técnica, además de talleres especializados y altamente equipados para la reparación de los diferentes elementos.

Su alcance es total, ya que se encargan tanto del mantenimiento integral de los vehículos como de la creación y desarrollo de Planes de Proceso de Mantenimiento y la asistencia técnica. Además, se realizan reparaciones de diversas averías, como pueden ser los accidentes y los vandalismos. (Navarro, 2020)

La calidad del trabajo se asegura gracias a las Certificaciones de Calidad y Medioambiente. Esto se consigue llevando a cabo el Plan de Calidad auditado por una Ingeniería especializada, contando con bancos de pruebas y equipos de calibración y comprobación.

2.2.2 Reparación de componentes

Esta actividad es esencial en todas las intervenciones. La BMI de Valladolid es referente en la reparación de los elementos del vehículo, contando con secciones especializadas y altamente equipadas. Entre los distintos componentes, destacamos los bogíes, reductoras, cajas de cambio, rodadura, motores eléctricos y térmicos, acoplamientos y sistemas de freno. (Navarro, 2020)

2.2.3 Transformación

El confort y seguridad para los viajeros es un aspecto esencial. Por ello, se encargan de modernizar y transformar las unidades autopropulsadas tanto exterior como interiormente. Es conveniente destacar las adaptaciones realizadas para las personas de movilidad reducida, mejorando la accesibilidad y comodidad para este grupo.

De esta manera, se aumenta la calidad del viaje para los pasajeros, así como la vida útil del vehículo.

(Navarro, 2020)

2.2.4 Fabricación

En los talleres, se efectúan numerosos proyectos de diseño y fabricación de materiales para distintas unidades de Alta Velocidad, Cercanías y Media Distancia como pueden ser los trenes S 103, S 104, S 121, S 599, Civia III y Civia IV.

Este plan de fabricación se ha llevado a cabo en conjunto con otras empresas con las que colabora Renfe, como son Siemens, CAF y Alstom.

(Navarro, 2020)

2.2.5 Consultoría

En la BMI de Renfe en Valladolid disponen de un servicio de consultoría. Este se encarga de proporcionar apoyo en diferentes ámbitos, como puede ser en compras de sistemas de soporte, diseño de planes de mantenimiento, diseño de la distribución en planta de los talleres, modelos de gestión de la producción con el propósito de aumentar la productividad y planes de desarrollo de personas especializadas en componentes, entre otros.

2.3 Instalaciones

La Base de Mantenimiento Integral de Valladolid abarca una superficie de unos 179 mil metros cuadrados, con una superficie cubierta de 78 mil metros cuadrados. Este complejo ferroviario supone una extensión total de más de 986 mil metros cuadrados. (Moreno, 2019)

Sus instalaciones, de forma general, son las siguientes:

- Recepción
- Salas de cursos formativos
- Salas de reuniones
- Comedores
- Oficinas

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

- Enfermería
- Vestuarios
- Servicios
- Talleres
- Almacén
- Parking



Ilustración 2. Talleres Renfe Valladolid. (Rodríguez, 2015)

2.4 Enganches *Scharfenberg*

Para una mejor comprensión, se procede a explicar y detallar qué componentes son los que se manipulan en la sección donde se realizará el estudio.

Los elementos que se reparan son los enganches *Scharfenberg* de distintas unidades de tren. Sin embargo, el análisis se realizará sobre las UT 447.

Se diferencian dos familias, las cuales son los enganches automáticos o principales, por un lado, y los enganches semipermanentes o auxiliares por otro. Además, en esta sección también se trata un tercer elemento, los topes.

Cada unidad de tren se compone de dos enganches automáticos, cuatro enganches semipermanentes y dos topes.

2.4.1 Enganche automático

El enganche automático o principal *Scharfenberg* es un componente diseñado para el acoplamiento automático de dos coches motores de unidades distintas. Debido a esto, en cada tren se colocan dos enganches (posición 1), uno en cada frontal de los coches M1 y M2, tal y como se muestra en la Ilustración 3.



Ilustración 3. Localización de los enganches automáticos. (Renfe, 2000)

Al aproximar dos unidades de tren entre sí, se efectúa automáticamente el acoplamiento mecánico, eléctrico y neumático simultáneamente. De igual manera, su desacoplamiento se realiza de forma automática al accionar un pulsador situado en la cabina de conducción.

El enganche automático se compone de las partes principales siguientes:

- Dispositivo mecánico de acoplamiento
 - Cabeza de enganche
 - Empujador
 - Cilindro de desenganche
- Dispositivo mecánico de absorción de esfuerzos de tracción y compresión, y de estabilización de enganche
 - Articulación con muelle de caucho
 - Sistema de suspensión
 - Dispositivo centrador
 - Tubo intermedio
- Dispositivos de acoplamiento neumático y eléctrico
 - Caja botonera eléctrica protegida
 - Tubería de freno auxiliar (TFA)
 - Tubería de depósito principal (TDP) y tubería de desenganche
- Equipos auxiliares
 - Flexibles y cables

➤ Interruptor fin de carrera

(Renfe, 2000)

A continuación, en la Ilustración 4, se muestra la apariencia de dicho enganche indicando la posición de las distintas piezas, las cuales se encuentran agrupadas y ordenadas en la Tabla 1.

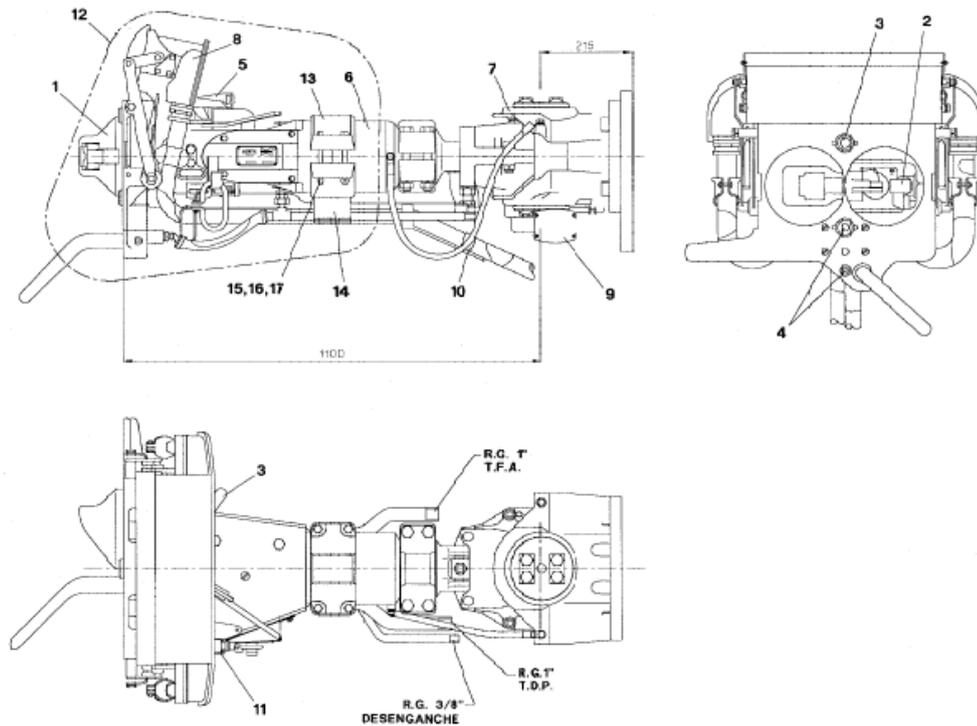


Ilustración 4. Enganche automático Scharfenberg. (Renfe, 2000)

DESIGNACIÓN	POSICIÓN
Cabeza de enganche	1
Cilindro de desenganche	2
Acoplamiento de aire TFA	3
Acoplamiento para tubería de desenganche y TDP	4
Accionamiento del acoplamiento eléctrico	5
Tubo intermedio	6

Tabla 1. Piezas enganche automático Scharfenberg.

Articulación con muelle de caucho	7
Caja botonera	8
Centrador	9
Soporte de mangueras eléctricas	10
Montaje interruptor fin de carrera	11
Funda de protección	12
Semibrida superior	13
Conjunto semibrida inferior	14
Tornillos hexagonales	15
Arandelas	16
Tuercas hexagonales	17

Tabla 1.1. Piezas enganche automático *Scharfenberg*. Continuación.

2.4.2 Enganche semipermanente

El enganche semipermanente o auxiliar *Scharfenberg* hace posible la unión semipermanente entre dos coches de la misma unidad. De esta manera, en cada unidad completa existen cuatro enganches semipermanentes, dos de ellos con junta (posición E1) y los otros dos sin junta (posición E2), dispuestos tal y como se muestra en la Ilustración 5.

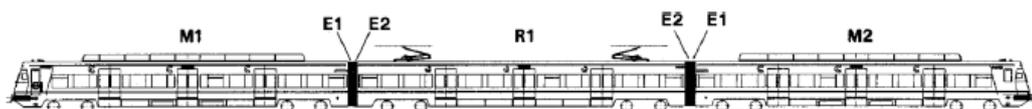


Ilustración 5. Localización de los enganches semipermanentes. (Renfe, 2000)

Los enganches semipermanentes con junta se diferencian de los enganches semipermanentes sin junta porque los primeros incorporan una caja botonera dotada de bornes centradores hembra, mientras que en los segundos se tratan de bornes centradores macho.

La unión de estos enganches se efectúa mecánicamente por medio de dos semibridas de sujeción, eléctricamente mediante las cajas botoneras y neumáticamente gracias a la caja de acoplamiento neumático.

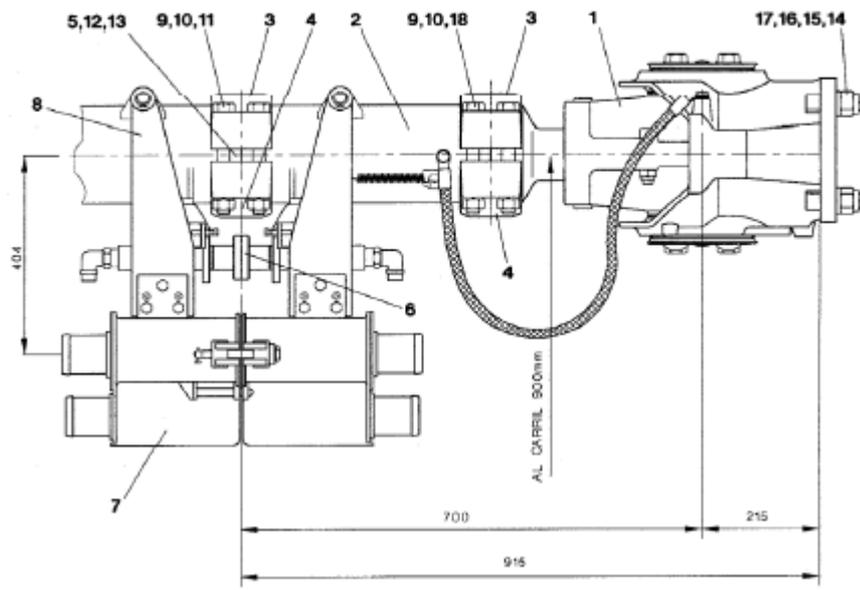
El enganche semipermanente *Scharfenberg* está compuesto por las siguientes partes, funcionalmente diferentes:

- Parte mecánica:
 - Caballete soporte, encargado de la fijación del enganche a la cabecera del coche
 - Articulación con muelle de caucho, que absorbe los esfuerzos de tracción-compresión transmitidos por la caja
 - Tubo intermedio, que une los dos lados del enganche, guiados por el centrador de acoplamiento, y fijados con semibridas de sujeción
 - Sistema de fijación de acoplamiento eléctrico para la sujeción de la caja botonera
- Acoplamiento eléctrico, constituido por la caja botonera, la cual efectúa las conexiones eléctricas entre los coches de la unidad
- Acoplamiento neumático, encargado de las conexiones neumáticas entre los coches

(Renfe, 2000)

En la Ilustración 6 se muestra el enganche semipermanente. Posteriormente, en la Tabla 2, se enumeran sus diferentes piezas.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe



VISTA POR A

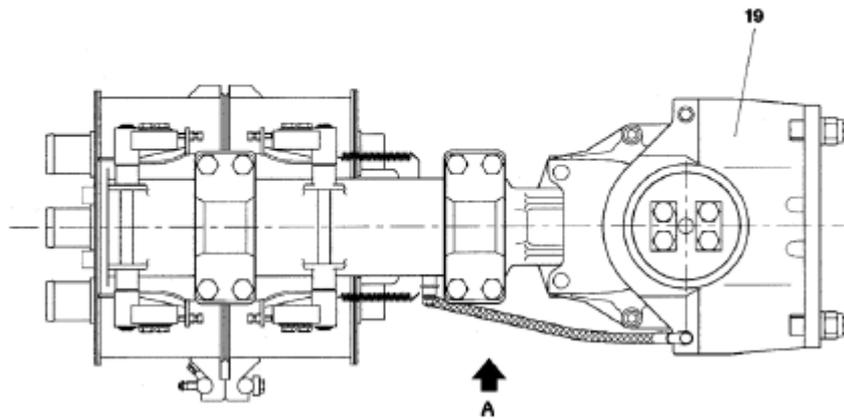


Ilustración 6. Enganche semipermanente Scharfenberg. (Renfe, 2000)

DESIGNACIÓN	POSICIÓN
Articulación con muelle de caucho	1
Tubo intermedio	2
Semibrida de sujeción	3,4
Centrador de acoplamiento	5
Acoplamiento neumático	6

Tabla 2. Piezas enganche semipermanente Scharfenberg.

Acoplamiento eléctrico	7
Sistema de fijación del acoplamiento eléctrico	8
Tornillos hexagonales	9
Tuercas hexagonales	10
Arandelas de muelle	11,18
Manguitos de sujeción	12,13
Tornillos cilíndricos	14
Tuercas autoblocantes	15
Pasadores de aletas	16
Casquillos para tornillos	17
Caballote soporte	19

Tabla 2.1. Piezas enganche semipermanente Scharfenberg. Continuación.

2.4.3 Topes

Cada coche motor está dotado de dos topes (posición 1 y 2), los cuales están situados al lado de la cabina, sobre el testero (Ilustración 7). Su función es la de amortiguar posibles impactos frontales que puedan ocasionarse durante la aproximación de dos vehículos o contra los topes del final de recorrido al terminar la vía.

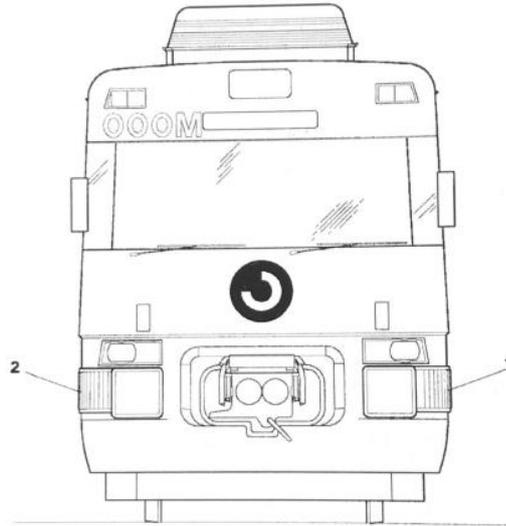


Ilustración 7. Localización de los toques. (Renfe, 2000)

Cada tope lateral está constituido por un contratope exterior y un conjunto tope, que desliza por el interior del contratope. Otra pieza importante son los componentes elásticos formados por muelles BATRA ESTRELLA, cuya función es la de absorber la energía del impacto.

Los conjuntos tope están constituidos por los siguientes elementos:

- Un tope
- Un contratope
- Un muelle BATRA ESTRELLA
- Una chaveta y un remache

(Renfe, 2000)

A continuación, se muestra la apariencia de dicho conjunto en la Ilustración 8.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

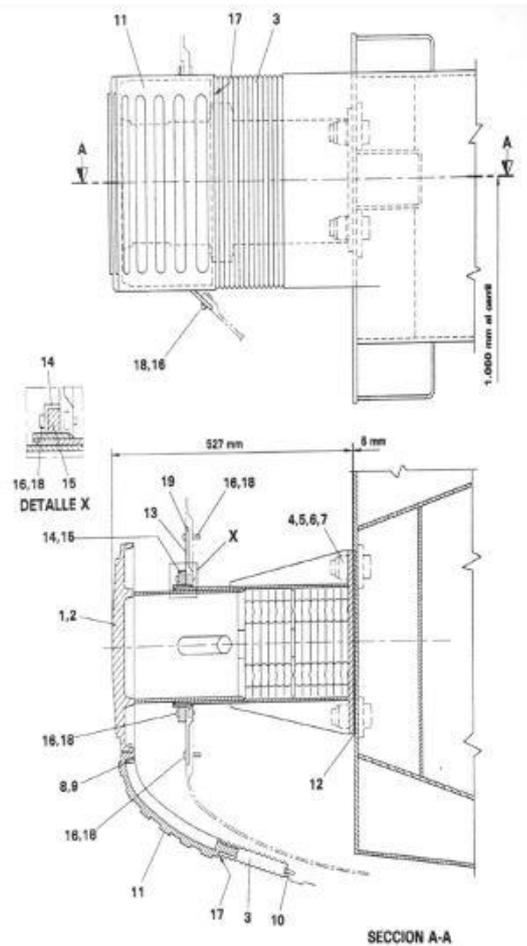


Ilustración 8. Conjunto tope. (Renfe, 2000)

El desglose de la lista de piezas que constituyen este conjunto de tope, así como su localización, se muestra en la posterior Tabla 3.

DESIGNACIÓN	POSICIÓN
Conjunto tope izquierdo	1
Conjunto tope derecho	2
Manguito de unión	3
Tornillos hexagonales	4
Tuercas almenadas	5
Arandelas planas	6

Tabla 3. Piezas topes.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de
Mantenimiento Integral de Renfe

Pasadores de aletas	7
Tornillos Allen	8
Arandelas Grower	9
Tornillos alomados	10,16
Prolongación tope	11
Apoyo tope	12
Plafón de tope	13
Semianillos exteriores	14
Semianillos apoyo plafón	15
Adhesivo LOCTITE 495	17
Arandelas muelle	18
Sellador SILPAK-SBS 5300 de KRAFFT	19

Tabla 3.1. Piezas topes. Continuación.

CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

A continuación, se procede a desarrollar la problemática y el motivo de este estudio.

El trabajo solicitado por parte de la empresa consiste en la realización de un análisis detallado de la sección *Scharfenberg*, con el fin de detectar problemas para su posterior mejora. Para ello, es necesario la toma de datos en el taller, es decir, observar el modo de trabajar, las operaciones que realizan, la distribución de la planta, el tiempo empleado en las diversas actividades, etcétera. Posteriormente, se estudia toda la información recogida con el fin de eliminar o reducir los problemas y potenciar los aspectos positivos.

3.1 Problemática

Dentro de la sección, se detectaron una serie de dificultades que impedían el desarrollo común de las actividades que se realizan. Por lo tanto, se excedía el tiempo establecido para la reparación de los componentes. A causa de esto, no se cumplían los plazos de entrega.

Uno de estos problemas era la elevada espera en algunos puntos del proceso, ya que en ciertas operaciones se requiere apoyo de otras secciones, y estas no responden siempre de la misma manera. En algunas ocasiones se sobrepasaba en exceso el tiempo, paralizando la actividad de los operarios.

Por otro lado, se detectó una falta de ciertos materiales. Esto se debía a un problema de comunicación con el almacén, ya que este se encargaba de realizar los pedidos.

Por último, se pretendía analizar si la distribución en planta era la óptima, así como estudiar la forma de trabajo de los operarios, porque había una pequeña falta de coordinación y planificación en sus actividades.

La acumulación de esta información fue la que supuso la solicitud de un análisis completo de la sección. Así, se podrán eliminar o reducir todos estos inconvenientes y aumentar al máximo la productividad.

3.2 Procedimiento

Para realizar el estudio completo de la sección, se ha seguido un procedimiento marcado por la empresa, el cual ha sido:

- 1°. **Layout inicial.** Representación de la distribución en planta inicial.
- 2°. **Flujograma inicial.** Elaboración del diagrama espagueti de los procesos iniciales.
- 3°. **Cronograma inicial.** Listado de operaciones iniciales en el proceso de reparación y estimación de sus tiempos estándar.
- 4°. **Medición del tiempo inicial total de reparación.**
- 5°. **Industrialización.** Determinación de las necesidades para reducir los estándares de las operaciones.
- 6°. **Cronograma depurado.** Depuración de los cronogramas, optimizando las secuencias de operaciones, reduciendo sensiblemente los tiempos de proceso.
- 7°. **Layout y flujograma nuevos.** Generación del nuevo *layout* óptimo de la sección.

3.3 Condiciones

La búsqueda de soluciones al realizar el análisis se debe realizar cumpliendo unas condiciones. Estas nos indican cuántos trabajadores deben haber en la sección, el horario que deben cumplir y el tiempo de reparación que no deben superar. La información necesaria se encuentra detallada en la Tabla 4.²

CONDICIONES DE TRABAJO	
Número de trabajadores	8 trabajadores
Horas de trabajo	7 horas y 13 minutos / día
Horario	7:00 – 14:42
Periodo de descanso	10:00 – 10:30
TIEMPO DE CARGA TOTAL DE REPARACIÓN	
Enganche automático	65 horas
Enganche semipermanente	50 horas
Topes	10 horas

Tabla 4. Condiciones.

² El tiempo de carga total de reparación indican el tiempo que no se debe superar en el mantenimiento completo de la unidad. Es decir, las 65 horas de los enganches automáticos son las necesarias para reparar los dos enganches de una UT 447, y deben ser el resultado de la suma del tiempo empleado por cada operario en la reparación. De igual manera, ocurre con los enganches semipermanentes y los topes.

CAPÍTULO 4. HERRAMIENTAS

En el presente capítulo, se explica de manera teórica de las diferentes herramientas utilizadas durante el estudio. Todas ellas son técnicas aprendidas del ámbito de la Ingeniería en Organización Industrial.

4.1 Flujograma

Un flujograma, también llamado diagrama de flujo, se trata de un gráfico que representa un conjunto de operaciones a través de distintos símbolos, con el fin de mostrar un proceso de forma sencilla.

Los pasos para realizar este diagrama son:

- 1°. Establecer el comienzo y el final del flujograma, es decir, su alcance.
- 2°. Listar todas las actividades que deben incluirse en el diagrama.
- 3°. Ordenar cronológicamente dichas operaciones.
- 4°. Determinar los momentos de decisión.
- 5°. Elaborar el flujograma teniendo en cuenta la correcta utilización de símbolos y la cronología.
- 6°. Comprobar su correcto funcionamiento, identificar errores y modificarlo.

Este gráfico lo vamos a utilizar para obtener el proceso realizado sobre cada enganche y poder visualizar, de manera sencilla, todas las operaciones necesarias. (Arias, 2020)

A continuación, en la Ilustración 9, se muestra un ejemplo de diagrama de flujo.

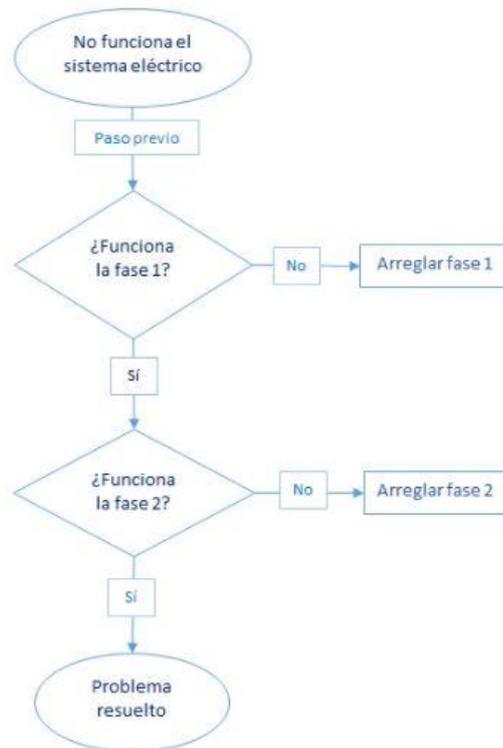


Ilustración 9. Ejemplo diagrama de flujo. (Arias, 2020)

4.2 Diagrama de espaguete

El diagrama de espaguete es un gráfico que representa el flujo de personas, materiales o información dentro de un proceso. Se elabora siguiendo detalladamente cada movimiento, dibujando la ruta y las paradas que se realizan.

Su mayor ventaja es que, de manera rápida, se puede observar el trayecto del elemento que se esté estudiando. Así, se podrá analizar si la distribución en planta y el orden de operaciones son óptimos para tener el menor número de movimientos, minimizar el tiempo y la distancia recorrida. (Grupo PDCA Home, 2013)

En este estudio, el diagrama de espaguete que se va a elaborar consiste en representar sobre la planta de la sección todos los desplazamientos de los componentes. Para poder realizarlo, se partirá de la información recogida en el diagrama de flujo previamente elaborado.

A continuación, en la Ilustración 10, se muestra un ejemplo de este gráfico.

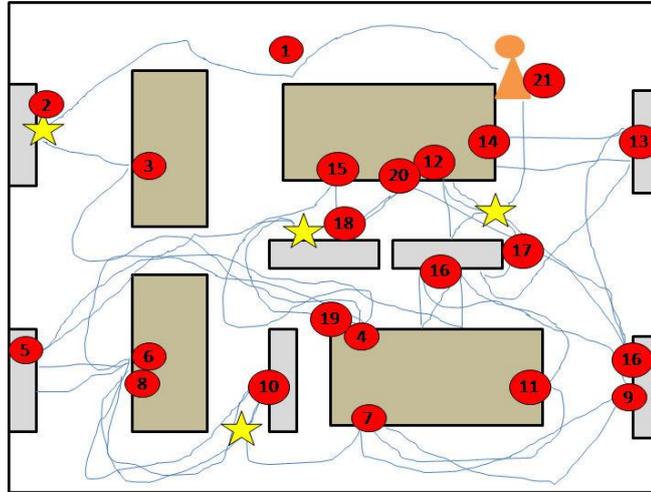


Ilustración 10. Ejemplo diagrama de espagueti. (Grupo PDCA Home, 2013)

4.3 Métodos y tiempos

El estudio de métodos es el listado y análisis crítico sistemático del modo de ejecutar actividades, con el objetivo de realizar mejoras.

De forma teórica, el estudio de métodos trata de seguir un procedimiento de ocho pasos.

1. Seleccionar el trabajo que se va a examinar y establecer sus límites.
2. Registrar las acciones destacables relacionadas con el trabajo y recoger fuentes para obtener datos adicionales necesarios.
3. Examinar de modo crítico todos los factores que influyen en el trabajo, como son el modo de operar, la ubicación, el orden de las actividades y los métodos que se utilizan.
4. Establecer el método que resulte más funcional, económico y eficiente, mediante la colaboración de personas involucradas.
5. Evaluar las distintas opciones para elaborar un nuevo método en comparación con el anterior.
6. Definir el nuevo método y mostrarlo a las personas afectadas.
7. Implantar el nuevo método con la formación necesaria a las personas que lo utilizan.

8. Controlar el método reciente y evitar el retorno del método antiguo.

Por otra parte, el estudio de tiempos es una técnica para la medición del trabajo. Se utiliza para almacenar los tiempos y ritmos de trabajo de una actividad, realizada en condiciones determinadas. De esta manera se analiza toda la información con el propósito de obtener el tiempo requerido para ejecutar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

El procedimiento teórico seguido para la realización del estudio de tiempos es el siguiente:

1. Obtener y almacenar todos los datos posibles sobre la actividad, los operarios y las condiciones que puedan influir en el transcurso del trabajo.
2. Descomponer la operación en “elementos” para describir completamente el método.
3. Analizar ese desglose para comprobar si se utilizan los métodos y movimientos adecuados.
4. Medir el tiempo de cada elemento de las operaciones.
5. Establecer simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario, teniendo presente el ritmo tipo definido por el analista.
6. Convertir los tiempos medidos en “tiempos básicos”.
7. Indicar los suplementos.
8. Determinar el “tiempo tipo” de la actividad.

(Kanawaty, 1996)



Ilustración 11. Descomposición del tiempo tipo. (Kanawaty, 1996)

Tanto el procedimiento de la medición de métodos como el de tiempos es un proceso teórico. Esto quiere decir que, a la hora de ponerlo en práctica, habrá ciertos pasos que no se realizarán o, por el contrario, habrá etapas a las que se regresará para volver a efectuarlas. Estos procesos se adaptan a las condiciones de cada trabajo de manera que resulten lo más eficientes posible.

4.4 Diagrama de Gantt

Un diagrama de Gantt es un gráfico que representa tanto la duración total de un proyecto como la de cada actividad, las fechas de comienzo y fin de cada tarea y, además, las relaciones de precedencia entre estas. En adición, este diagrama es capaz de representar los recursos utilizados en cada momento, como pueden ser la cantidad de trabajadores o las máquinas.

Para realizarlo, es necesario tener una lista con todas las actividades, su duración y la dependencia entre ellas. (Hinojosa, 2003)

Podemos observar un ejemplo de este gráfico en la Ilustración 12.



Ilustración 12. Ejemplo diagrama de Gantt.

4.5 Planificación de la producción

La planificación de la producción no es precisamente una herramienta, sino un método o conjunto de métodos que se utilizan para elaborar un plan de trabajo. Para realizarlo, se estudian las condiciones de trabajo, la capacidad y los recursos, elaborando diferentes alternativas óptimas.

En este proyecto se estudia una sección de tipo taller, en la cual la producción es discontinua. Esto quiere decir que se manipulan distintos elementos que requieren diferentes secuencias de operaciones. Por ello, para elaborar una buena planificación de la producción es necesario conocer todas las operaciones que se realizan en cada pieza, con sus respectivos tiempos y recursos que utilizan. (Carballosa, 2014)

No existe una única solución válida, sino que se obtendrán varias planificaciones dependiendo de la variable que queramos optimizar. Por ejemplo, en un caso queremos maximizar el beneficio y en otro minimizar el tiempo empleado.

CAPÍTULO 5. SITUACIÓN INICIAL

El primer paso para realizar el estudio consiste en analizar la situación actual de la que partimos. Debemos conocer la distribución en planta, las operaciones que realizan y el tiempo que emplean, así como el modo de trabajar de los diferentes trabajadores.

5.1 Personal

En el taller, se cuenta con ocho operarios, un jefe de equipo y un jefe de sección.

Debido a las grandes dimensiones de los elementos que se manipulan, los operarios trabajan por parejas. Es decir, hay cuatro parejas que se encargan de la reparación y mantenimiento de los componentes.

Se observó que, en la gran mayoría de los casos, cada pareja se encargaba de un elemento diferente:

- Una pareja encargada de la cabeza de enganche del enganche automático.
- Una pareja encargada del resto del conjunto del enganche automático.
- Dos parejas encargadas de los enganches semipermanentes.

Por otro lado, los topes son reparados por una pareja auxiliar en otra sección de la nave. Debido a este motivo, el estudio realizado sobre los topes será mucho más superficial que el elaborado a cerca de los enganches automáticos y semipermanentes.

5.2 *Layout inicial*

Comenzamos con el análisis de la distribución en planta inicial. Para ello, se observaron en el taller los diferentes elementos que lo conforman, así como su disposición.

Los componentes de la planta son los siguientes, agrupados en la Tabla 5:

POSICIÓN	ELEMENTO	UNIDADES
1	Banco de trabajo	8
2	Prensa	3
3	Soportes	5
4	Brazo de grúa	1
5	Lavadora SIMPLEX	2
6	Lavadora SIMPLEX BIG	1
7	Estantería para almacenaje de piezas	4
8	Estantería para almacenaje de material	1
9	Tomas eléctricas	-
ZONA 1	Zona de almacenaje de enganches para reparar	-
ZONA 2	Zona de almacenaje de enganches en reparación	-

Tabla 5. Elementos distribución en planta inicial.

Todos estos elementos se encuentran distribuidos según la Ilustración 13.

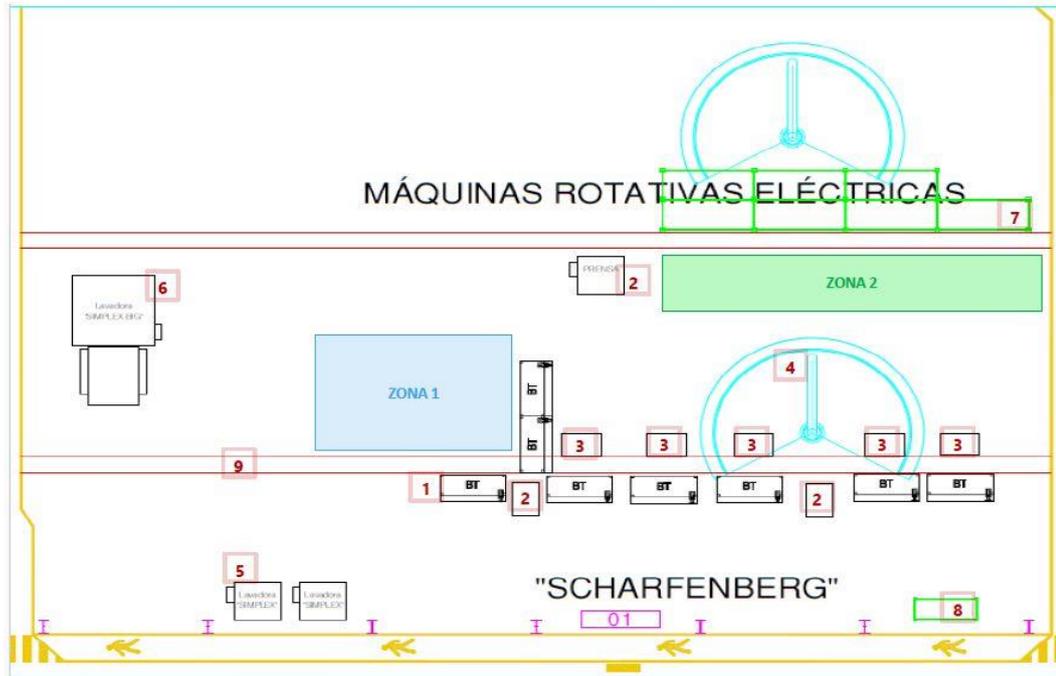


Ilustración 13. Distribución en planta inicial.

Además, se cuenta con un puente grúa que comparten con otras secciones. También disponen de una carretilla, necesaria para el transporte de los enganches.

5.3 Flujograma inicial

Continuando con el análisis, se requiere de una visión general de las diferentes actividades realizadas en el proceso de reparación de la sección. Por ello, es conveniente realizar un diagrama de flujo que englobe todas las operaciones con sus respectivos movimientos. A partir de esto, se podrá elaborar los diagramas de espagueti correspondientes a cada componente.

5.3.1 Diagrama de flujo

Para elaborar un diagrama de espagueti óptimo, es conveniente elaborar previamente un diagrama de flujo. Este será un gráfico general de los

procedimientos que se realizan en las diferentes piezas. De esta manera, tendremos una visión global de todos los movimientos necesarios.

A continuación, en la Ilustración 14, se muestra el diagrama de flujo de los enganches *Scharfenberg*. Este es válido tanto para los principales como para los auxiliares.

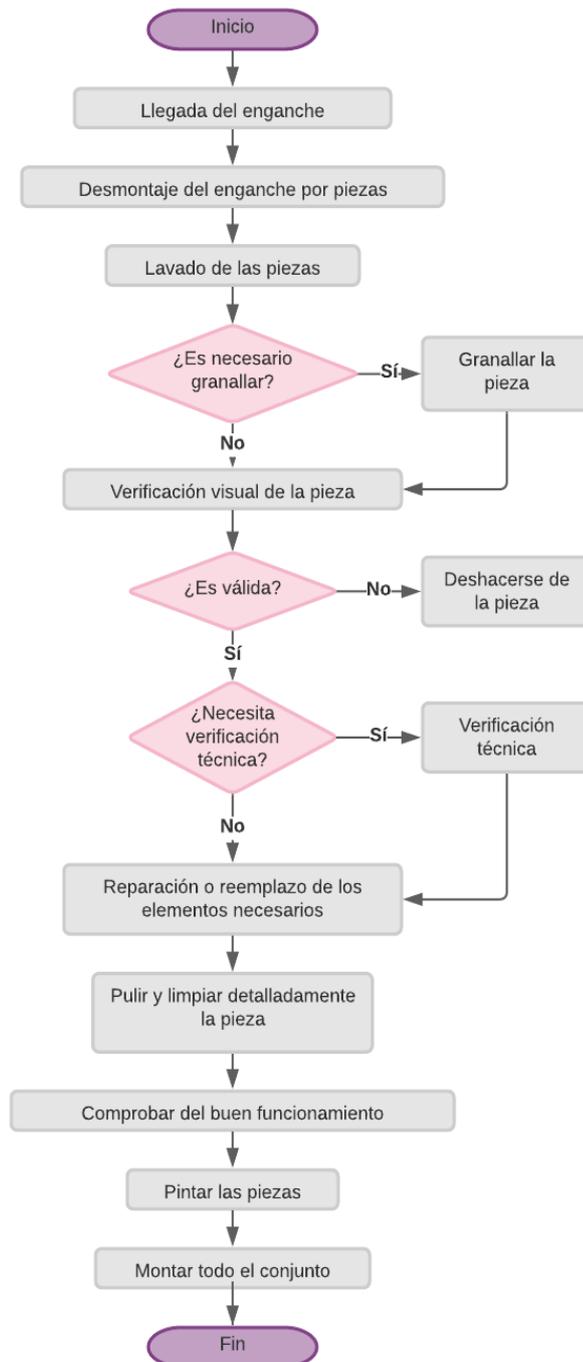


Ilustración 14. Diagrama de flujo enganches *Scharfenberg*.

POSICIÓN	ELEMENTO
1	Zona de almacenaje de enganches para reparar
2	Palé para el apilamiento de piezas
3	Soportes
4	Lavadora SIMPLEX BIG
5	Zona de verificación
6	Banco de trabajo
7	Zona de almacenaje de enganches en reparación

Tabla 6. Paradas del diagrama espagueti del enganche principal.

5.3.2.2 Diagrama de espagueti inicial enganche auxiliar

De igual forma, representamos el gráfico correspondiente a los enganches auxiliares. Este está representado en la Ilustración 16, y sus paradas, se indican en la Tabla 7.

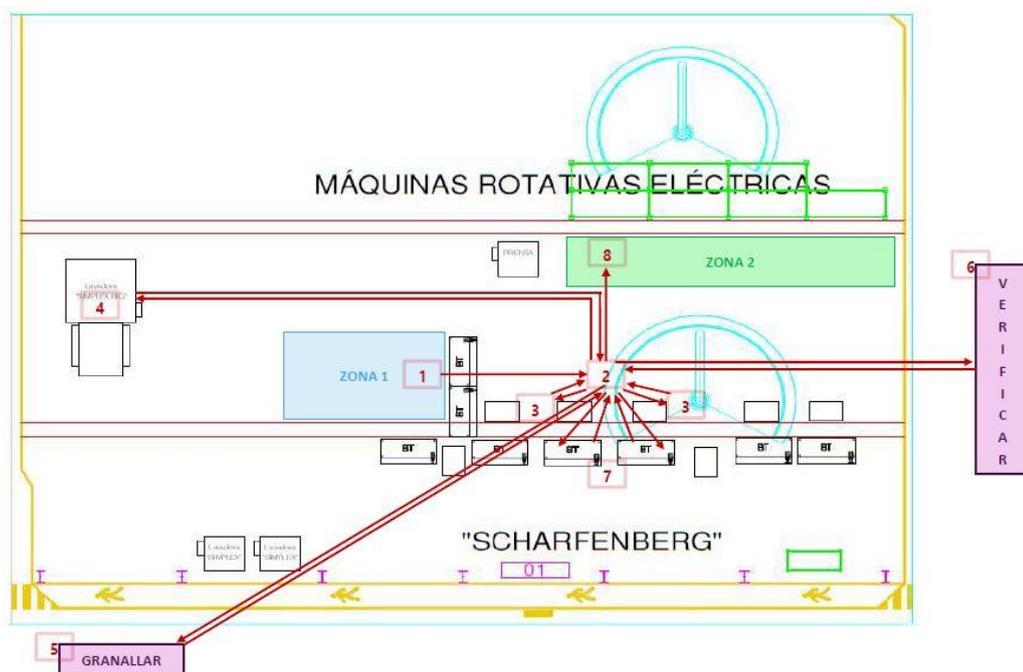


Ilustración 16. Diagrama de espagueti inicial enganche auxiliar.

POSICIÓN	ELEMENTO
1	Zona de almacenaje de enganches para reparar
2	Palé para el apilamiento de piezas
3	Soportes
4	Lavadora SIMPLEX BIG
5	Zona de granallado
6	Zona de verificación
7	Banco de trabajo
8	Zona de almacenaje de enganches en reparación

Tabla 7. Paradas del diagrama espagueti del enganche principal.

5.4 Cronograma inicial

A continuación, se detallan las operaciones necesarias para el mantenimiento y reparación de los enganches automáticos y semipermanentes. Además, indicamos los tiempos medidos inicialmente, antes de aplicar alguna mejora.

Para complementar esta información, se han elaborado los correspondientes diagramas de Gantt, que nos indican el tiempo total que se necesita para realizar el proceso completo.

En cuanto a los topes, solo se solicitó listar el conjunto de operaciones que se realizan. Esto es debido a que no encontraron problemas de tiempos en cuanto a la reparación de estos componentes.

Estas mediciones se han realizado en el propio taller, observando el proceso con atención y anotando cada detalle. La ayuda de los operarios y el jefe de equipo fue indispensable para comprender cada operación.

5.4.1 Operaciones y tiempos iniciales

Para realizar un estudio óptimo de las operaciones que se ejecutan y los tiempos que se emplean, se sigue un procedimiento basado en el que se explicó en el apartado 4.3 Métodos y tiempos.

El primer paso consiste en la fijación de las condiciones de trabajo. En esta ocasión, ya se establecieron previamente al describir la problemática. Dichas condiciones se encuentran ilustradas en la Tabla 4 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** . Además, en el apartado 5.1 se muestra el modo de trabajar de los operarios, aspecto primordial que hay que tener en cuenta. Por otro lado, en el apartado 5.2 se analiza la distribución inicial del taller, la cual influye altamente en la ejecución del trabajo. Toda esta información es necesario obtenerla inicialmente para considerarla a la hora de tomar cualquier tipo de decisión durante el procedimiento.

El siguiente paso trata de describir completamente el método en diferentes elementos. Es decir, desglosar el proceso en diferentes tareas o actividades para facilitar su medida.

En tercer lugar, se revisan todas esas actividades, comprobando que se están realizando en el orden correcto y que se emplean los mejores métodos para efectuarlas. Este procedimiento se llevó a cabo con la ayuda de unos manuales proporcionados por la empresa, los cuales indican el orden óptimo de realización de las operaciones.

El cuarto paso consiste en medir el tiempo de cada tarea utilizando un cronómetro. Esta medición se realizó tres veces.

A continuación, se efectuó la media de esas tres mediciones, obteniendo así los tiempos básicos.

Por último, se añadieron unos suplementos aproximados para calcular el tiempo tipo de cada operación.

Los resultados obtenidos sobre los enganches automáticos o principales son los reflejados en la Tabla 8. De igual manera, se muestran los datos sobre los enganches semipermanentes o auxiliares en la Tabla 9.

Los tiempos tipo reflejados en las tablas están medidos en horas-pareja. Al final de cada tabla, se muestra el tiempo de carga total que emplean ambos operarios en reparar los dos enganches principales y los cuatro auxiliares que componen una unidad de tren. Es decir, para obtener el tiempo de carga total inicial es necesario sumar las horas que emplea cada operario de la pareja.

ENGANCHES AUTOMÁTICOS		TIEMPO (h)
1	Desacoplar la cabeza y la articulación con muelle de caucho	0,5
2	Llevar la cabeza al puesto de desmontaje mediante puente grúa	0,25
3	Llevar la articulación al puesto de desmontaje mediante puente grúa	0,25
4	Despiezar la cabeza	4
4.1	Colocar la cabeza en posición vertical	0,3
4.2	Desatornillar la protección de las tuberías	0,3
4.3	Desatornillar la tubería de desenganche y TDP	0,3
4.4	Desatornillar la TFA	0,3
4.5	Desatornillar y extraer el muelle del acoplamiento neumático	0,3
4.6	Desenganchar el acoplamiento neumático	0,3
4.7	Tumbar la cabeza	0,3
4.8	Desatornillar la chapa de la cubierta	0,3
4.9	Desatornillar la tapa protectora del trinquete	0,3
4.10	Desenganchar el tirador	0,3
4.11	Desatornillar y extraer el cilindro de desenganche	0,3
4.12	Desatornillar la unión del muelle del disco ganchado a la cabeza	0,3
4.13	Extraer el eje principal	0,2
4.14	Extraer la unión disco ganchado-trinquete-rótula	0,2
5	Lavar las piezas mediante agua a presión	2
6	Lavar las piezas en la lavadora	0,5

Tabla 8. Proceso de reparación inicial de los enganches automáticos.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

7	Reparar las piezas de la cabeza	4
7.1	Reparar el empujador y cilindro de desenganche	1
7.2	Reparar la tubería de desenganche y TDP	1
7.3	Verificar y reparar el disco ganchado	2
8	Pintar las piezas de la cabeza	2
9	Cambiar casquillos del eje principal	1
10	Colocar el tirador	1
11	Montar la cabeza	4,5
11.1	Colocar el trinquete sobre el disco ganchado y colocar el pasador cilíndrico	0,2
11.2	Engrasar el trinquete sobre el disco ganchado y el pasador cilíndrico	0,1
11.3	Introducir el eje principal	0,2
11.4	Presionar el muelle para la colocación de los dos tornillos	0,2
11.5	Colocar la palanca de desenganche	0,2
11.6	Colocar el empujador y cilindro de desenganche	0,2
11.7	Enroscar la válvula de entrada de aire	0,2
11.8	Colocar la tapa de protección del trinquete	0,2
11.9	Engrasar el eje principal	0,1
11.10	Colocar el acoplamiento neumático TFA	0,2
11.11	Engrasar el acoplamiento neumático TFA	0,1
11.12	Engrasar el muelle	0,1
11.13	Colocar la palanca de accionamiento de la botonera	0,2
11.14	Realizar prueba de funcionamiento mecánica y manual del enganche y desenganche	0,2
11.15	Colocar la junta de caucho y la chapa de la cubierta	0,2
11.16	Montar la tubería principal (taqué de válvula más junta)	0,3
11.17	Realizar prueba de fugas	0,2

Tabla 8.1. Proceso de reparación inicial de los enganches automáticos. Continuación.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

11.18	Unir la tubería y el manguito	0,2
11.19	Montar la tubería de freno	0,2
11.20	Apretar el tornillo toma a tierra	0,2
11.21	Girar la cabeza del enganche 90°	0,2
11.22	Cambiar el anillo de goma	0,2
11.23	Colocar la tubería con cuatro tornillos	0,2
11.24	Colocar la tapa de sujeción de la tubería	0,2
12	Desmontar el centrador	1,5
13	Desmontar articulación con muelle de caucho	2,2
13.1	Separar y retirar las semibridas de sujeción	0,4
13.2	Extraer el plato superior y el inferior	0,4
13.3	Extraer los anillos de deslizamiento	0,3
13.4	Desacoplar el conjunto de choque y tracción	0,4
13.5	Extraer las semibridas envolventes	0,4
13.6	Retirar los semianillos elásticos	0,3
14	Llevar la barra de tracción a verificar	4
15	Reparar las piezas de la articulación con muelle de caucho	1
16	Reparar el centrador	1,5
17	Pintar las piezas de la articulación con muelle de caucho y el centrador	1,5
18	Montar la articulación con muelle de caucho	2,1
18.1	Colocar los semianillos elásticos	0,2
18.2	Colocar las semibridas envolventes	0,3
18.3	Acoplar el conjunto de choque y tracción	0,4
18.4	Introducir los anillos de deslizamiento	0,3
18.5	Introducir los casquillos	0,3
18.6	Colocar el plato superior e inferior	0,3
18.7	Colocar las semibridas de sujeción	0,3

Tabla 8.2. Proceso de reparación inicial de los enganches automáticos. Continuación.

19	Colocar los cables de puesta a tierra	1
20	Unir todo el conjunto del enganche principal	1,5
TIEMPO POR PAREJA (h)		36,12
Tiempo de carga total inicial		72,24

Tabla 8.3. Proceso de reparación inicial de los enganches automáticos. Continuación.

ENGANCHES SEMIPERMANENTES		TIEMPO (h)
1	Desacoplar la articulación con muelle de caucho y el conjunto de acoplamiento	0,5
2	Desmontar articulación con muelle de caucho	3
2.1	Separar y retirar las semibridas de sujeción	0,5
2.2	Extraer plato superior e inferior	0,5
2.3	Extraer los anillos de deslizamiento	0,5
2.4	Desacoplar el conjunto de choque y tracción	0,5
2.5	Extraer las semibridas envolventes	0,5
2.6	Retirar los semianillos elásticos	0,5
3	Lavar piezas	2
4	Llevar la barra de tracción a verificar	2
5	Reparar las piezas de la articulación con muelle de caucho	2
6	Pintar las piezas de la articulación con muelle de caucho	1,5
7	Montaje de la articulación con muelle de caucho	3,1
7.1	Colocar los semianillos elásticos	0,4
7.2	Colocar las semibridas envolventes	0,4
7.3	Acoplar el conjunto de choque y tracción	0,5
7.4	Introducir los anillos de deslizamiento	0,4
7.5	Introducir los casquillos	0,5
7.6	Colocar el plato superior e inferior	0,5

Tabla 9. Proceso de reparación inicial de los enganches semipermanentes.

7.7	Colocar las semibridas de sujeción	0,4
8	Llevar el conjunto de acoplamientos a granallar	2
9	Desacoplar el centrador de acoplamiento y las tomas neumáticas mediante calentamiento con soplete	2
11	Llevar el soporte del centrador de acoplamiento (vaina) a verificar	2
12	Reparar el centrador de acoplamiento (vaina)	3
14	Pintar las piezas del conjunto de acoplamientos	1,5
15	Montar el conjunto de acoplamientos	1,5
17	Colocar los cables de puesta a tierra	0,5
18	Unir todo el conjunto del enganche auxiliar	2
TIEMPO POR PAREJA (h)		28,6
Tiempo de carga total inicial		57,2

Tabla 9.1. Proceso de reparación inicial de los enganches semipermanentes. Continuación.

Al realizar la toma de estos tiempos iniciales, se observa que en ambos casos se supera el tiempo máximo establecido.

En cuanto a los enganches automáticos se emplean 72,24 horas. Teniendo en cuenta que el tiempo deseable es como máximo 65 horas, existe un exceso de 7,24 horas.

De igual manera ocurre con los enganches semipermanentes. El tiempo inicial utilizado es de 57,2 horas, por lo que hay un excedente de 7,2 horas respecto a las 50 deseables.

Por este motivo, se realiza un posterior análisis exhaustivo del proceso. Así, se podrán localizar los problemas que causan este desorden para conseguir solventarlos.

A continuación, se enumeran las actividades relativas a la reparación de los topes en la Tabla 10. En este caso, no se precisa la medida de tiempos.

TOPES	
1	Desmontar la prolongación de tope
2	Desmontar los semianillos exteriores y los de apoyo de plafón
3	Extraer el plafón de tope
4	Suspender el conjunto de tope con una grúa
4.1	Retirar el remache de fijación de la chaveta
4.2	Colocar el conjunto de tope verticalmente en una prensa
4.3	Aplicar presión para introducir ligeramente el tope en el contratope
4.4	Retirar la chaveta
4.5	Aliviar la presión
4.6	Verificar y retirar el pistón
4.7	Extraer el tope y el muelle del interior del contratope
5	Retirar los pasadores de aletas, aflojar las tuercas y extraer las arandelas
6	Retirar el apoyo de tope y los tornillos
7	Lavar y revisar las piezas
8	Situar el conjunto de tope sobre el cabecero del bastidor de la caja con ayuda del puente grúa
9	Colocar un apoyo de tope entre el bastidor de la caja y el contratope
10	Fijar el conjunto de tope junto con el apoyo de tope
10.1	Colocar el contratope en posición vertical e introducir el muelle
10.2	Comprobar disposición de los discos y platillos
10.3	Introducir el tope en el contratope
10.4	Situar el tope verticalmente en una prensa y comprimirlo
10.5	Montar la chaveta
10.6	Comprimir más para asentar y centrar el muelle
10.7	Montar el remache de fijación de la chaveta
10.8	Aliviar la presión de la prensa

Tabla 10. Proceso de reparación de los topes.

11	Aplicar el sellador sobre el contorno exterior de los semiplafones de tope
12	Fijar el semiplafón inferior y después el superior
13	Fijar los semianillos exteriores y los semianillos de apoyo de plafón
14	Montar la prolongación de tope
15	Colocar y fijar el manguito de unión

Tabla 10.1. Proceso de reparación de los topes. Continuación.

5.4.2 Diagrama de Gantt inicial

A partir de toda la información almacenada en la toma de datos en el taller, se elaboran los correspondientes diagramas de Gantt. Con ellos, podemos observar el proceso completo de mantenimiento y reparación tanto de los enganches automáticos como de los semipermanentes, así como su duración parcial y total.

Ambos diagramas se han elaborado teniendo en cuenta la jornada laboral establecida. Es decir, solo se contará el trabajo realizado de 7:00 a 14:42.

5.4.2.1 Gantt inicial enganches automáticos

En la Ilustración 17, se muestra el diagrama de Gantt inicial de los enganches automáticos o principales.

Las operaciones se encuentran en el mismo orden tal y como se enumeran en la Tabla 8.

Mejora y planificación de la producción de la sección Scharfenberg de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

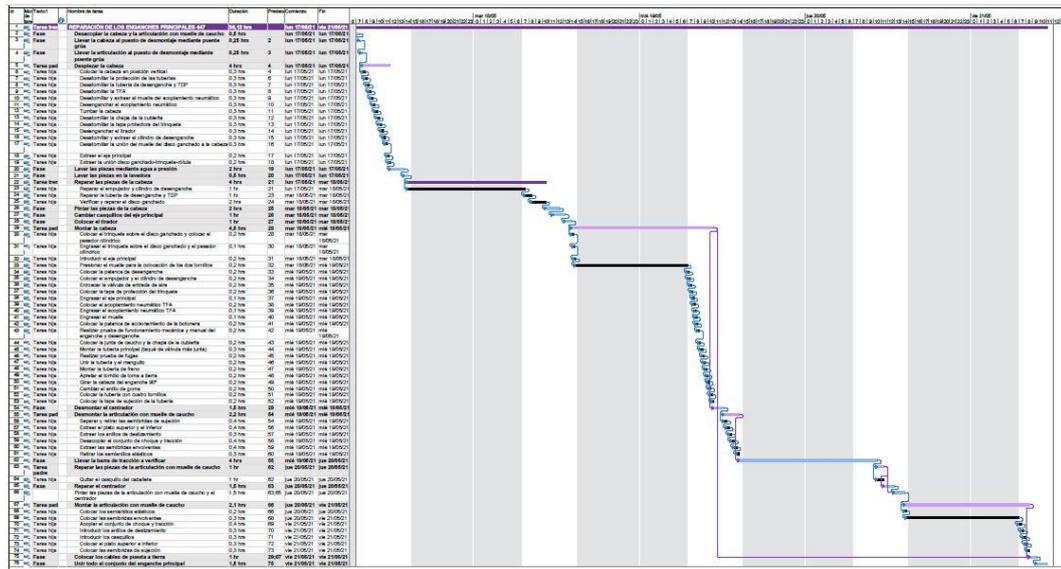


Ilustración 17. Diagrama de Gantt inicial enganche automático.

5.4.2.2 Gantt inicial enganches semipermanentes

De igual forma, se muestra el diagrama inicial de Gantt de los enganches auxiliares o semipermanentes en la Ilustración 18.

El orden de operaciones es el reflejado en la Tabla 9.

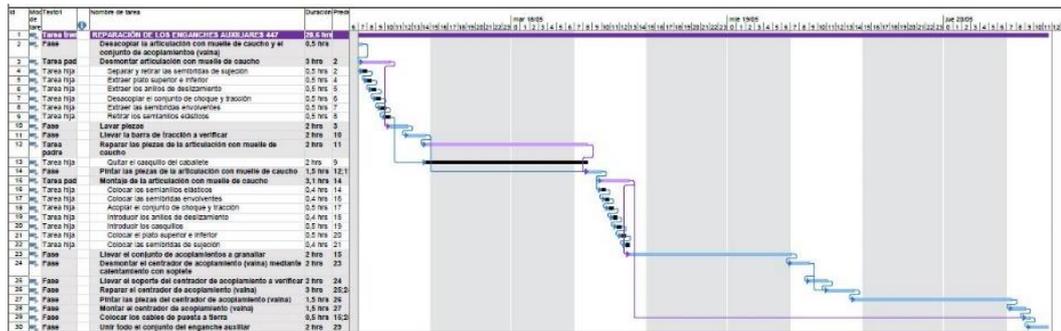


Ilustración 18. Diagrama de Gantt inicial enganche semipermanente.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORAS

Tras recoger la información referente a la situación inicial, se realiza el estudio de ésta. Así, se corroboran los problemas detectados inicialmente, además de otros que también impiden el desarrollo estándar de la actividad.

Una vez realizado este análisis, se procede a la remodelación de la sección en busca de soluciones óptimas.

6.1 *Layout* nuevo

El primer problema detectado fue la incorrecta distribución de la planta.

Los cambios realizados fueron los siguientes:

- La disposición inicial de los bancos de trabajo provocaba que el espacio de paso con la carretilla desde la zona 1 hasta la zona 2 fuese reducido, siendo necesarias ciertas maniobras con su correspondiente pérdida de tiempo. Por lo tanto, se realizó una distribución lineal de los bancos de trabajo.
- La ubicación de la zona 2 y de la estantería de almacenaje de piezas impedía, en ocasiones, el acceso rápido a la estantería. Por este motivo, esta se trasladó hacia la derecha.
- Se modificó la localización de los soportes de los enganches. Inicialmente, había 5 repartidos con los bancos de trabajo, sin embargo,

solo eran necesarios 4. Para ampliar el espacio, se eliminó el soporte sobrante y se trasladaron los restantes hacia la ubicación que los requería.

- Se añadieron siete mesas de trabajo en sustitución a los palés, necesarias para el confort de los operarios en sus actividades de reparación.
- Por último, se agruparon en una misma zona las tres lavadoras. De esta manera, se reducen ciertos desplazamientos que se realizaban ocasionalmente.

Al realizar estas modificaciones, el tiempo que empleaban los operarios en realizar algunos desplazamientos se redujo sensiblemente.

Por lo tanto, podemos concluir que los elementos que componen la nueva planta son los mostrados en la Tabla 11.

POSICIÓN	ELEMENTO	UNIDADES
1	Banco de trabajo	8
2	Prensa	3
3	Soportes	4
4	Mesa	7
5	Brazo de grúa	1
6	Lavadora SIMPLEX	2
7	Lavadora SIMPLEX BIG	1
8	Estantería para almacenaje de piezas	4
9	Estantería para almacenaje de material	1
10	Tomas eléctricas	-
ZONA 1	Zona de almacenaje de enganches para reparar	-
ZONA 2	Zona de almacenaje de enganches en reparación	-

Tabla 11. Elementos distribución en planta final.

Todos estos elementos se encuentran distribuidos como se muestra en la Ilustración 19.

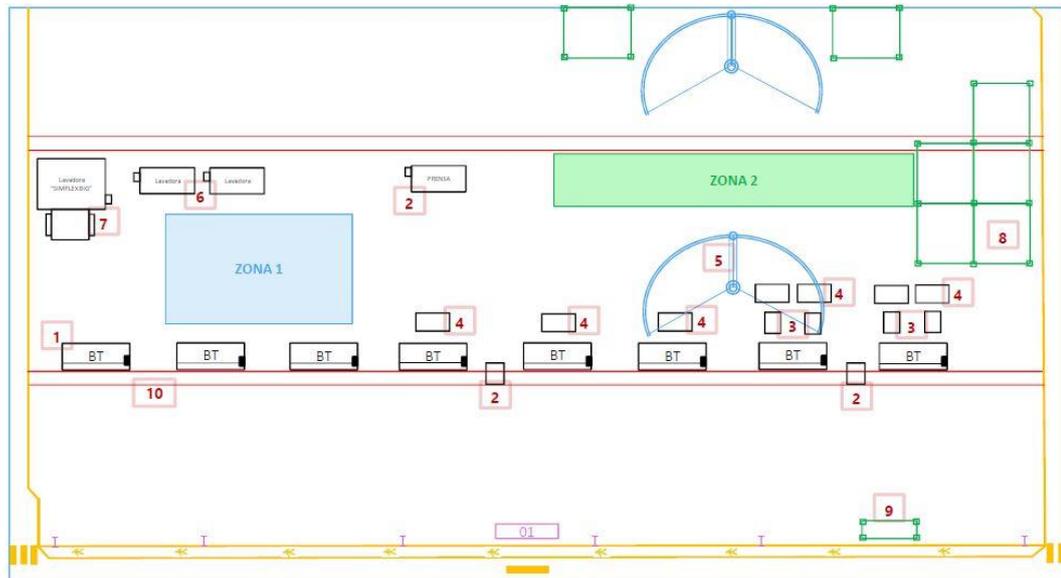


Ilustración 19. Distribución en planta final.

6.2 Flujograma nuevo

Al realizar los cambios pertinentes en la distribución en planta, los diagramas espaguetis correspondientes a ambos tipos de enganches también sufrieron una ligera modificación. Gracias a estos cambios, se mejora el confort en el puesto de trabajo, ya que disponen de un mayor espacio mejor organizado.

El gráfico correspondiente a los enganches principales o automáticos es el representado en la Ilustración 20. El diagrama referente a los enganches auxiliares o semipermanentes se encuentra en la Ilustración 21. En ambos, los elementos destacados son los agrupados en la Tabla 11.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

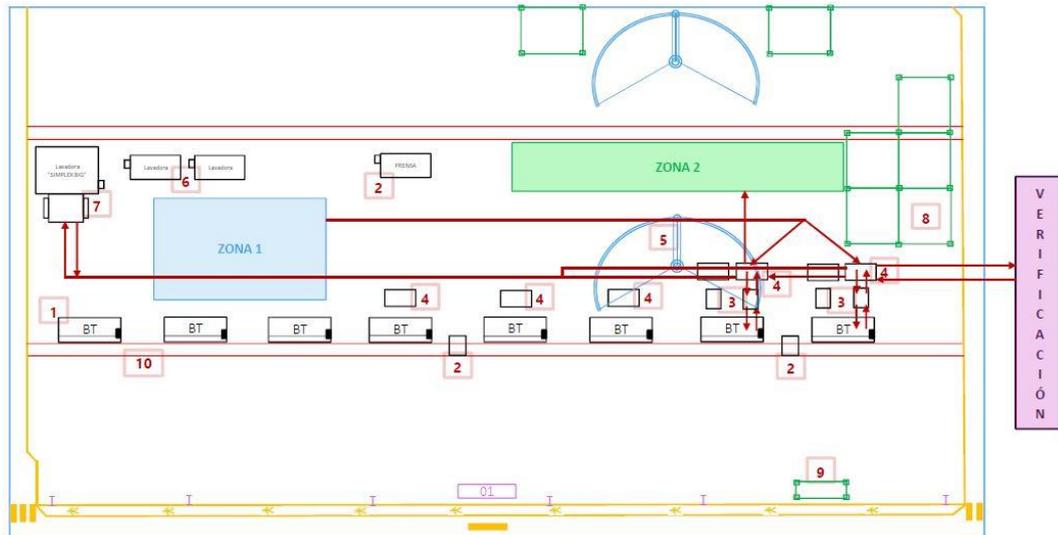


Ilustración 20. Diagrama de espagueti final enganche principal.

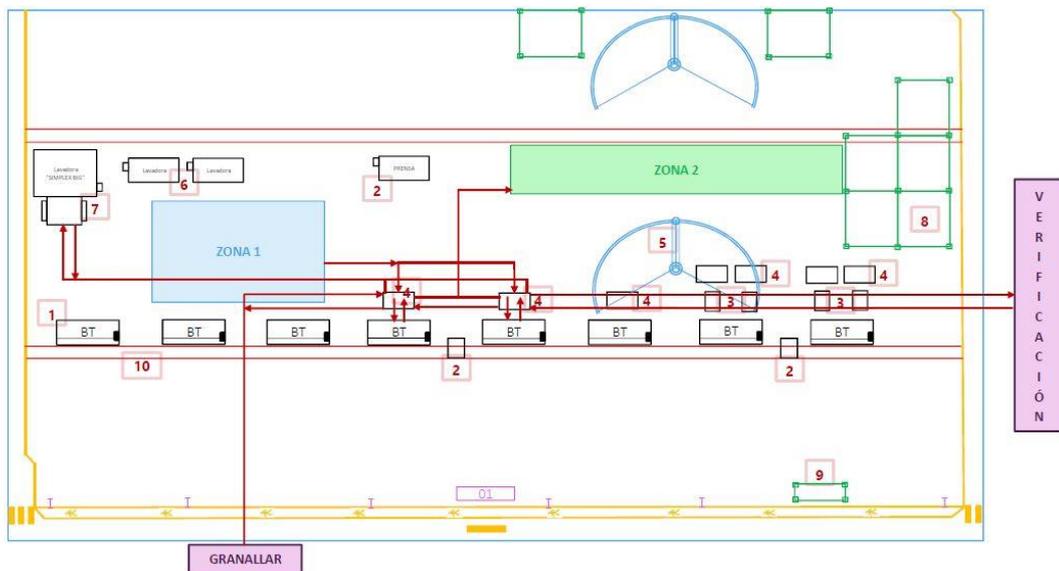


Ilustración 21. Diagrama de espagueti final enganche auxiliar.

6.3 Cronograma mejorado

Analizando los tiempos y operaciones iniciales, y consultando con el jefe de la sección, se concluyó que había ciertas operaciones que se podían realizar en un periodo ligeramente inferior. De esta manera, con una leve agilización de la producción, se consiguió llegar a los estándares establecidos para cada tipo de enganche.

6.3.1 Reducción de tiempos

Los tiempos y operaciones finales de los enganches automáticos o principales son los mostrados en la Tabla 12. En cuanto a los enganches semipermanentes o auxiliares, se reflejan en la Tabla 13.

ENGANCHES AUTOMÁTICOS		TIEMPO (h)
1	Desacoplar la cabeza y la articulación con muelle de caucho	0,5
2	Llevar la cabeza al puesto de desmontaje mediante puente grúa	0,25
3	Llevar la articulación al puesto de desmontaje mediante puente grúa	0,25
4	Despiezar la cabeza	4
4.1	Colocar la cabeza en posición vertical	0,2
4.2	Desatornillar la protección de las tuberías	0,3
4.3	Desatornillar la tubería de desenganche y TDP	0,3
4.4	Desatornillar la TFA	0,3
4.5	Desatornillar y extraer el muelle del acoplamiento neumático	0,3
4.6	Desenganchar el acoplamiento neumático	0,3
4.7	Tumbar la cabeza	0,2
4.8	Desatornillar la chapa de la cubierta	0,3
4.9	Desatornillar la tapa protectora del trinquete	0,3
4.10	Desenganchar el tirador	0,3
4.11	Desatornillar y extraer el cilindro de desenganche	0,3
4.12	Desatornillar la unión del muelle del disco ganchado a la cabeza	0,3
4.13	Extraer el eje principal	0,3
4.14	Extraer la unión disco ganchado-trinquete-rótula	0,3
5	Lavar las piezas mediante agua a presión	2

Tabla 12. Proceso de reparación mejorado de los enganches automáticos.

6	Lavar las piezas en la lavadora	0,5
7	Reparar las piezas de la cabeza	4
7.1	Reparar el empujador y cilindro de desenganche	1
7.2	Reparar la tubería de desenganche y TDP	1
7.3	Verificar y reparar el disco ganchado	2
8	Pintar las piezas de la cabeza	2
9	Cambiar casquillos del eje principal	0,5
10	Colocar el tirador	0,5
11	Montar la cabeza	4
11.1	Colocar el trinquete sobre el disco ganchado y colocar el pasador cilíndrico	0,2
11.2	Engrasar el trinquete sobre el disco ganchado y el pasador cilíndrico	0,1
11.3	Introducir el eje principal	0,1
11.4	Presionar el muelle para la colocación de los dos tornillos	0,2
11.5	Colocar la palanca de desenganche	0,2
11.6	Colocar el empujador y cilindro de desenganche	0,2
11.7	Enroscar la válvula de entrada de aire	0,1
11.8	Colocar la tapa de protección del trinquete	0,1
11.9	Engrasar el eje principal	0,1
11.10	Colocar el acoplamiento neumático TFA	0,2
11.11	Engrasar el acoplamiento neumático TFA	0,1
11.12	Engrasar el muelle	0,1
11.13	Colocar la palanca de accionamiento de la botonera	0,2
11.14	Realizar prueba de funcionamiento mecánica y manual del enganche y desenganche	0,3
11.15	Colocar la junta de caucho y la chapa de la cubierta	0,2
11.16	Montar la tubería principal (taqué de válvula más junta)	0,3

Tabla 12.1. Proceso de reparación mejorado de los enganches automáticos. Continuación.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

11.17	Realizar prueba de fugas	0,2
11.18	Unir la tubería y el manguito	0,2
11.19	Montar la tubería de freno	0,2
11.20	Apretar el tornillo toma a tierra	0,1
11.21	Girar la cabeza del enganche 90°	0,1
11.22	Cambiar el anillo de goma	0,1
11.23	Colocar la tubería con cuatro tornillos	0,2
11.24	Colocar la tapa de sujeción de la tubería	0,2
12	Desmontar el centrador	1
13	Desmontar articulación con muelle de caucho	2
13.1	Separar y retirar las semibridas de sujeción	0,3
13.2	Extraer el plato superior y el inferior	0,4
13.3	Extraer los anillos de deslizamiento	0,3
13.4	Desacoplar el conjunto de choque y tracción	0,4
13.5	Extraer las semibridas envolventes	0,3
13.6	Retirar los semianillos elásticos	0,3
14	Llevar la barra de tracción a verificar	4
15	Reparar las piezas de la articulación con muelle de caucho	1
16	Reparar el centrador	1
17	Pintar las piezas de la articulación con muelle de caucho y el centrador	1
18	Montar la articulación con muelle de caucho	2
18.1	Colocar los semianillos elásticos	0,2
18.2	Colocar las semibridas envolventes	0,3
18.3	Acoplar el conjunto de choque y tracción	0,3
18.4	Introducir los anillos de deslizamiento	0,3
18.5	Introducir los casquillos	0,3

Tabla 12.2. Proceso de reparación mejorado de los enganches automáticos. Continuación.

18.6	Colocar el plato superior e inferior	0,3
18.7	Colocar las semibridas de sujeción	0,3
19	Colocar los cables de puesta a tierra	1
20	Unir todo el conjunto del enganche principal	1
TIEMPO POR PAREJA (h)		32,5
Tiempo de carga total inicial		65

Tabla 12.3. Proceso de reparación mejorado de los enganches automáticos. Continuación.

ENGANCHES SEMIPERMANENTES		TIEMPO (h)
1	Desacoplar la articulación con muelle de caucho y el conjunto de acoplamientos	0,5
2	Desmontar articulación con muelle de caucho	2,5
2.1	Separar y retirar las semibridas de sujeción	0,4
2.2	Extraer plato superior e inferior	0,4
2.3	Extraer los anillos de deslizamiento	0,4
2.4	Desacoplar el conjunto de choque y tracción	0,5
2.5	Extraer las semibridas envolventes	0,4
2.6	Retirar los semianillos elásticos	0,4
3	Lavar piezas	1
4	Llevar la barra de tracción a verificar	2
5	Reparar las piezas de la articulación con muelle de caucho	1,5
6	Pintar las piezas de la articulación con muelle de caucho	1
7	Montaje de la articulación con muelle de caucho	3
7.1	Colocar los semianillos elásticos	0,3
7.2	Colocar las semibridas envolventes	0,4
7.3	Acoplar el conjunto de choque y tracción	0,5
7.4	Introducir los anillos de deslizamiento	0,4

Tabla 13. Proceso de reparación mejorado de los enganches semipermanentes.

7.5	Introducir los casquillos	0,5
7.6	Colocar el plato superior e inferior	0,5
7.7	Colocar las semibridas de sujeción	0,4
8	Llevar el conjunto de acoplamientos a granallar	2
9	Desacoplar el centrador de acoplamiento y las tomas neumáticas mediante calentamiento con soplete	1,5
11	Llevar el soporte del centrador de acoplamiento (vaina) a verificar	2
12	Reparar el centrador de acoplamiento (vaina)	3
14	Pintar las piezas del conjunto de acoplamientos	1
15	Montar el conjunto de acoplamientos	2
17	Colocar los cables de puesta a tierra	0,5
18	Unir todo el conjunto del enganche auxiliar	1,5
TIEMPO POR PAREJA (h)		25
Tiempo de carga total inicial		50

Tabla 13.1. Proceso de reparación mejorado de los enganches semipermanentes. Continuación.

6.3.2 Diagrama de Gantt nuevo

A partir de los nuevos tiempos reducidos, se elaboran sus correspondientes diagramas de Gantt. Además, en estos se han destacado en rojo las operaciones críticas del proceso, las cuales causan más problemas y son propensas a dificultar el desarrollo estándar de la actividad.

De igual manera que en los diagramas iniciales, se tiene en cuenta la jornada laboral establecida.

6.3.2.1 Gantt mejorado enganches automáticos

Primero, en la Ilustración 22, se muestra el diagrama de Gantt correspondiente a los enganches automáticos modelado a partir de los tiempos y operaciones de la Tabla 12.

Mejora y planificación de la producción de la sección Scharfenberg de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

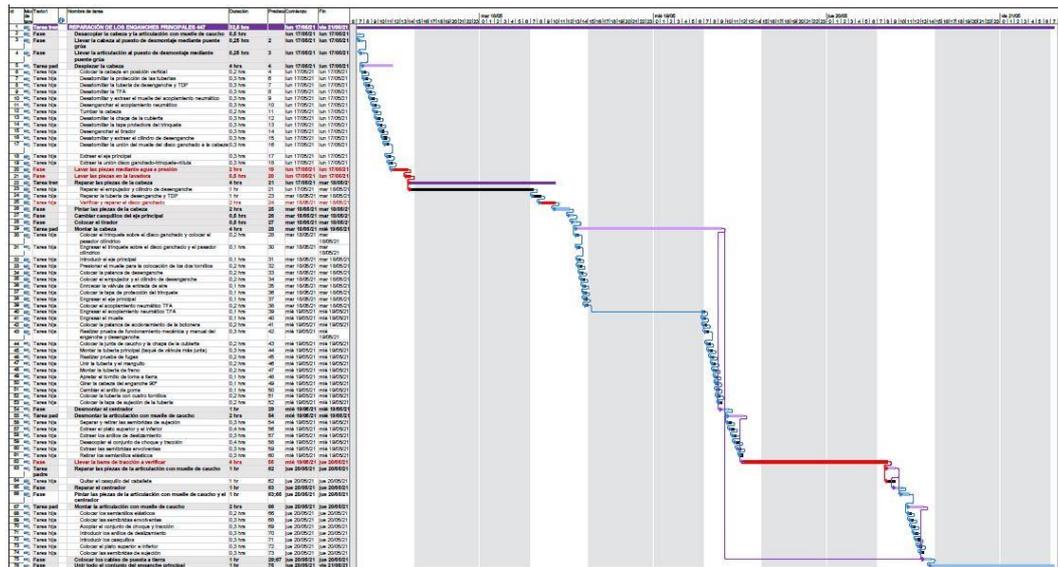


Ilustración 22. Diagrama de Gantt mejorado enganche automático.

Las operaciones críticas de este proceso son las siguientes:

- 5. Lavar las piezas mediante agua a presión
- 6. Lavar las piezas en la lavadora
- 7.3 Verificar y reparar el disco ganchado
- 14. Llevar la barra de tracción a verificar

El problema principal de estas operaciones es la dependencia con otras secciones o la disponibilidad de ciertas máquinas.

Si las piezas vienen excesivamente sucias, se empleará un tiempo mayor para su limpieza. Además, esta actividad requiere de la disponibilidad de la lavadora, la cual no siempre está desocupada, provocando tiempos de espera.

Por otro lado, el proceso de verificación se realiza en una sección especializada, la cual es solicitada por numerosos sectores del taller. Este es un proceso lento, del cual no se puede establecer un tiempo exacto, ya que depende de la disponibilidad de los verificadores.

Si se retrasa en exceso el desarrollo de estas actividades, no disponemos de las piezas necesarias a tiempo, por lo que todo el proceso se verá afectado.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

Adicionalmente, es necesario recalcar que cualquier punto del proceso es susceptible de ser alterado. Sin embargo, las operaciones con mayor probabilidad de retraso son las que se han destacado.

6.3.2.2 Gantt mejorado enganches semipermanentes

A partir de la información recogida en la Tabla 13 se ha elaborado el correspondiente diagrama de Gantt para los enganches semipermanentes o auxiliares. Este gráfico es el mostrado a continuación, en la Ilustración 23.

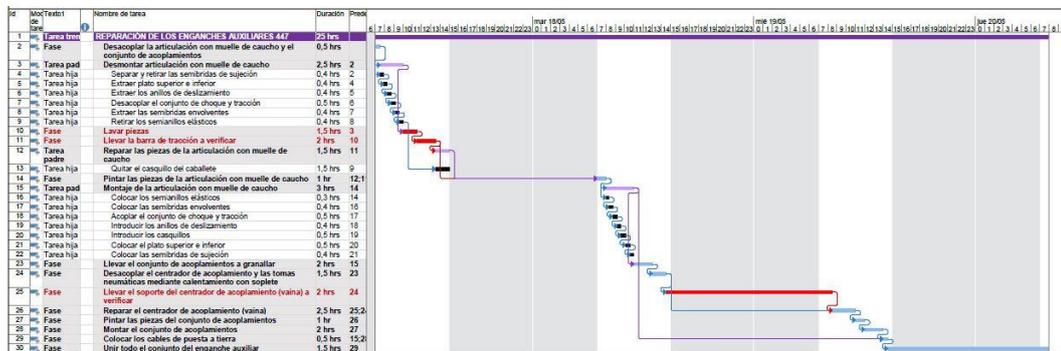


Ilustración 23. Diagrama de Gantt mejorado enganche semipermanente.

Las operaciones críticas del proceso de reparación de los enganches semipermanentes o auxiliares son:

- 3. Lavar piezas
- 4. Llevar la barra de tracción a verificar
- 11. Llevar el soporte del centrador de acoplamiento (vainas) a verificar

Al igual que ocurre con el proceso de mantenimiento de los enganches automáticos, tanto la operación de lavado como la de verificación depende de factores externos. Por este motivo, son las actividades con mayor probabilidad para ocasionar retrasos en el desarrollo.

6.4 Formación del personal

Al analizar el modo de trabajo inicial de los operarios, se observa que estos trabajan en parejas y, además, cada pareja se encarga de un tipo de componente.

La parte positiva de esta situación es que cada pareja es experta en la reparación de su componente. Sin embargo, en caso de necesitar alterar el proceso o la combinación de parejas por algún tipo de imprevisto, se reducen en exceso las distintas alternativas.

Por este motivo, se propone la formación de los ocho trabajadores con el fin de que sean capaces de operar sobre cualquier elemento de la sección. De esta manera se reducen paradas y amplían las posibilidades de combinación en el proceso productivo.

6.5 Planificación de la producción

El siguiente paso en el estudio consiste en obtener la planificación de la producción que resulte óptima. Esto se realizará teniendo en cuenta las condiciones de la sección y diferentes alternativas. Además, al dar la formación necesaria a los operarios, se tiene la posibilidad de que cada uno o cada pareja pueda trabajar sobre cualquier componente.

6.5.1 Producción por parejas

Como ya se indicó en el apartado 5.1 Personal, los operarios trabajan por parejas. Esto quiere decir que, para tener una visión general de la producción que se ajuste más a la realidad, es necesario elaborar los diagramas de Gantt teniendo en cuenta que cada pareja se encarga de un elemento del enganche.

En cuanto a los enganches automáticos o principales, el gráfico queda de la siguiente manera, mostrado en la Ilustración 24.

Mejora y planificación de la producción de la sección Scharfenberg de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe



Ilustración 24. Diagrama de Gantt enganche automático producción de dos parejas.

En el diagrama se puede observar cómo se realiza el proceso al trabajar dos parejas de operarios simultáneamente. Debido a este motivo, hay actividades que se pueden realizar a la vez.

Para calcular el tiempo total de reparación, hay que sumar el tiempo empleado por cada pareja y comprobar que no supera el límite establecido.

La primera pareja se encarga de las once primeras actividades. Éstas suponen la separación de las dos partes del enganche principal y la reparación de la cabeza. La duración total del proceso es de 18 horas.

La segunda pareja se encarga del resto de actividades, las cuales suponen el mantenimiento del cuerpo del enganche y la unión final del conjunto. Su duración es de 14 horas.

Es decir, sumando ambos tiempos tenemos un total de 32 horas.

Al tener dos operarios en cada pareja, el tiempo total de los trabajadores es el doble, es decir, 64 horas.

Podemos observar que no sólo no superamos el límite de tiempo, sino que además lo mejoramos en una hora, ya que disponíamos de 65 horas.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

Por lo tanto, podemos concluir que la productividad es mayor si trabajan dos parejas sobre los enganches automáticos que si una única pareja se encarga de todo el elemento.

En adición, si nos referimos a los enganches semipermanentes, estos originalmente eran tratados por una única pareja, tal y como se muestra en la Ilustración 23. Sin embargo, se elaboró la posibilidad de que también trabajaran dos parejas, al igual que en los enganches automáticos. El gráfico resultante es el mostrado en la Ilustración 25.

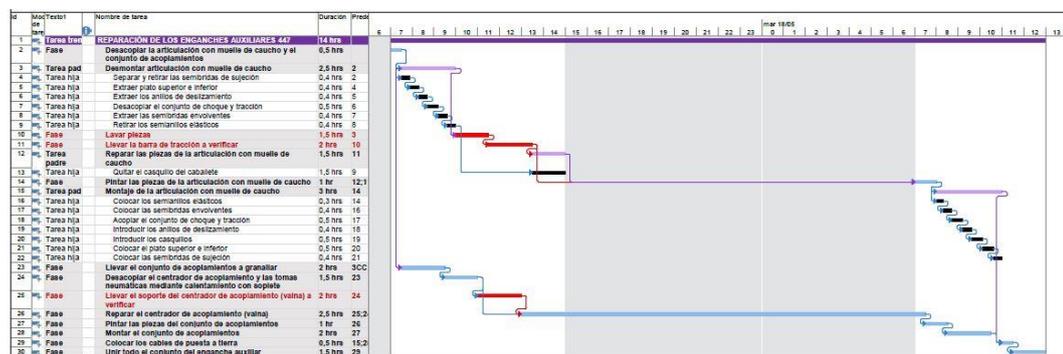


Ilustración 25. Diagrama de Gantt enganche semipermanente producción de dos parejas.

Al igual que pasaba con los enganches automáticos, hay tareas que se realizan simultáneamente debido a que trabajan dos parejas de operarios a la vez.

En cuanto a la primera pareja, ésta se encarga de las siete primeras actividades, las cuales suponen el desacoplamiento de la articulación con muelle de caucho y el conjunto de acoplamiento y la reparación de las piezas de la articulación. En realizarlas, utilizan un tiempo de 12 horas.

La segunda pareja ejecuta el resto de las tareas, las cuales abarcan el mantenimiento del conjunto de acoplamiento y la unión final del conjunto. La duración total de estas operaciones es de 13,5 horas.

Sumando ambos tiempos tenemos un total de 25,5 horas y, teniendo en cuenta que trabajan dos personas en cada pareja, el tiempo total empleado por los trabajadores es de 51 horas.

Vemos que, en este caso, se supera el límite establecido, por lo que, en principio, no es una solución factible.

Podemos concluir que, en cuanto a los enganches automáticos, sí es una solución válida que se encarguen dos parejas, ya que es un proceso extenso y esta alternativa consigue agilizarlo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estamos utilizando cuatro recursos (cuatro operarios), los cuales no están siempre disponibles debido a causas exteriores. Pero, teniendo en cuenta una situación ideal de disponibilidad, esta opción sería la óptima.

Por otro lado, refiriéndonos a los enganches semipermanentes, el resultado ha sido que la mejor forma de trabajo es que una única pareja se encargue de todo el enganche. De esta manera, ahorramos en tiempo y en recursos.

6.5.2 Planificación general de la producción

Otro punto importante necesario de analizar es cómo planificar la producción de unidades completas de tren. Es decir, sabiendo cómo realizar el proceso de reparación de las partes individualmente, conociendo su tiempo y los recursos necesarios, obtener el proceso completo de reparación de una UT 447.

De esta manera, tendremos como resultado la relación entre número de operarios, tiempo empleado y unidades de tren reparadas.

Comenzamos elaborando un pequeño resumen de las partes que se manipulan, así como el tiempo que se emplea en su reparación.

En cuanto a los enganches automáticos o principales, éstos se componen de la cabeza y el cuerpo. Una pareja tarda 18 horas en reparar las cabezas, 12 horas en reparar los cuerpos y 2 horas en unir todo el conjunto.

Para los enganches semipermanentes o auxiliares, una pareja emplea 25 horas en su mantenimiento.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

Teniendo esto en cuenta, además de la jornada laboral con su respectivo periodo de descanso, se elaboran diferentes alternativas de producción para una semana, mostrado a continuación en la Ilustración 26.³

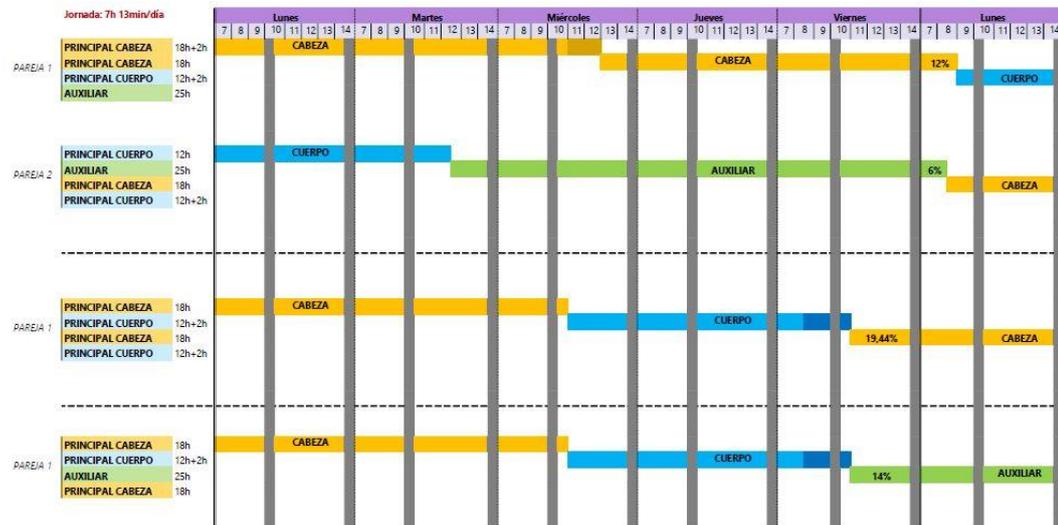


Ilustración 26. Planificación de la producción primera semana.

En este gráfico podemos observar tres opciones diferentes.

En cuanto a la primera opción, la pareja 1 se encarga del mantenimiento de las cabezas y la pareja 2 de los cuerpos y auxiliares. De esta manera, al final de la semana tendremos un enganche principal completo (cabeza más cuerpo), un 94% reparado de los enganches auxiliares y un 88% de avance en la siguiente cabeza del enganche automático.

Las dos siguientes opciones suponen prácticamente los mismos resultados en la primera semana. En esta, una pareja se encarga de la reparación completa de los enganches automáticos. Cuando estas operaciones son acabadas, la pareja puede comenzar con la reparación de otra cabeza del enganche principal o con el mantenimiento de los enganches auxiliares. Si optamos por

³ Las franjas grises en el diagrama representan los periodos no laborables durante la jornada. Estos periodos conforman el descanso de 10:00 a 10:30 además de los 18 minutos comprendidos entre las 14:42 y las 15:00.

Las zonas sombreadas en las barras suponen la unión del conjunto cabeza más cuerpo del enganche principal.

el tratamiento de otra cabeza, al final de la semana contará con un avance del 19,44% (segunda opción). Si por el contrario se prefiere continuar con los enganches semipermanentes, el avance de estos será del 14% (tercera opción).

Una vez programada la primera semana, se continúa planificando el progreso de la segunda, mostrado en la Ilustración 27.



Ilustración 27. Planificación de la producción segunda semana.

En la primera opción, la primera pareja continuaría con los cuerpos de los principales y, al terminarlos, comenzaría con los auxiliares para abarcar toda la UT 447. La segunda pareja se encargaría de enganches principales completos.

En la segunda opción, la pareja continuaría realizando solo enganches principales. Sin embargo, en la tercera opción alternaría también enganches auxiliares para reparar unidades completas de tren.

Para finalizar, la Ilustración 28 representa el diagrama completo de las dos semanas de planificación.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe



Ilustración 28. Planificación de la producción dos semanas.

En la Tabla 14 se muestra el resumen de toda la información elaborada, es decir, el tiempo que un número de operarios tarda en producir cierta cantidad de UT 447.

PRODUCCIÓN		
NÚMERO DE OPERARIOS	TIEMPO	UNIDADES PRODUCIDAS
2 parejas	10,5 días	2 UT + 1 principal
1 pareja	9 días	2 principales
1 pareja	8 días	1 UT
1 pareja	10,5 días	1 UT + 1 cabeza

Tabla 14. Posibilidades de producción.

CAPÍTULO 7. ESTUDIO ECONÓMICO

En el presente capítulo se elabora el estudio económico del proyecto. Para ello se calcula el coste de realización del análisis y el de implementación de las mejoras propuestas, además del incremento del beneficio en comparación con la situación inicial.

7.1 Coste del análisis e implementación

Primero de todo, es necesario conocer el coste que ha supuesto la realización del análisis. Para ello, se calcula el coste del personal implicado y del material y los equipos utilizados.

El conjunto de elementos que conforman el coste de realización del análisis son los siguientes:

- Ingeniero
- Equipos informáticos (ordenador y licencias)
- Material de oficina

En cuanto a la implementación, tenemos:

- Operarios para el transporte interno
- Mesas
- Formación

Para calcular el valor que ha supuesto el trabajo del ingeniero, hay que tener en cuenta que el coste que supone al mes es de 2.124,33 €. Además, sabiendo que la duración del trabajo ha sido de 150 horas y que este ingeniero trabaja

231 horas al mes, calculamos el costo del ingeniero en este proyecto como se muestra en la ecuación (1):

$$\text{Coste del ingeniero} = \frac{2.124,33}{231} \times 150 = 1.379,44 \text{ €} \quad (1)$$

En cuanto a los equipos informáticos, se distingue entre los ordenadores y las licencias. El ordenador empleado costó inicialmente 308,81 €. Suponiendo una amortización lineal de 5 años, al año supone 61,76 € y al mes 5,15 €. Por lo tanto, si al mes se utiliza una media de 200 horas y el proyecto lo utilizó una media de 120 horas, el coste que supone es el mostrado en la ecuación (2):

$$\text{Coste del ordenador} = \frac{5,15}{200} \times 120 = 3,09 \text{ €} \quad (2)$$

En referencia a las licencias, fue necesario instalar el paquete de Microsoft Office 2016. Inicialmente costó 299 € y suponiendo una amortización igual a la del ordenador, costaría 59,8 € al año y 4,98 € al mes. Realizando los cálculos pertinentes, el coste que implica se representa en la ecuación (3):

$$\text{Coste de M. Office} = \frac{4,98}{200} \times 120 = 2,99 \text{ €} \quad (3)$$

Además, se solicitó una licencia para acceder a cierta información de la empresa, la cual tiene un coste fijo de 5 €.

Por último, en cuanto al coste de realización del análisis, debemos tener en cuenta el material de oficina utilizado, el cual se valora por 12,5 €.

En cuanto a la implementación, es necesario conocer el coste de los operarios que realizaron la modificación de la planta. El cambio lo realizaron dos trabajadores, cada uno con un valor cada mes de 1.253,57 €. Como trabajan 231 horas al mes y en este trabajo emplearon 10 horas, el coste de los dos trabajadores fue el calculado en la ecuación (4):

$$\text{Coste de los operarios} = \frac{1.253,57}{231} \times 10 \times 2 = 108,53 \text{ €} \quad (4)$$

Por otro lado, se estima el coste de la incorporación de las siete mesas de trabajo. Cada una tuvo un valor de 76,68 €, por lo que las siete mesas costaron 536,76 €.

Por último, se calcula el coste de la formación de los ocho operarios. En la implantación de esta medida, cada trabajador empleó doce horas. Este tiempo conlleva el coste del sueldo correspondiente, ya que es un periodo en el que no se está trabajando. Además, es necesario sumar el coste del formador.

Cada operario de la sección tiene un costo de 1.347,41 € mensuales. Al trabajar 231 horas al mes, la hora tiene un costo de 5,83 €. Además, el formador tiene un costo de 5,32 € la hora. Por lo tanto, el coste total de la formación es el calculado en la ecuación (5).

$$\text{Coste de formación} = 5,83 \times 12 \times 8 + 5,32 \times 12 = 623,52 \text{ €} \quad (5)$$

A continuación, en la Ilustración 29, se muestra la proporción gráfica correspondiente a cada coste.

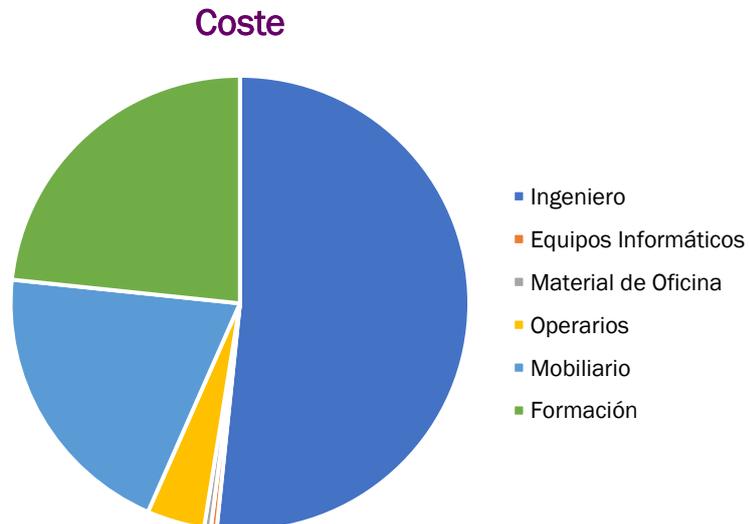


Ilustración 29. Diagrama de queso de los costes.

A partir de toda la información reunida sobre los costes, es posible calcular el coste total de realización e implementación del estudio. Todo ello se resume a continuación, en la Tabla 15.

CONCEPTO	IMPORTE (€)
Ingeniero	1.379,44
Equipos Informáticos	
- Ordenador	3,09
- Licencias	2,99 + 5
Material de oficina	12,5
Operarios	108,53
Mesas	536,76
Formación	623,52
TOTAL (€)	2.671,83

Tabla 15. Coste de realización e implementación del estudio.

7.2 Beneficio

En la situación inicial, la reparación de los enganches automáticos tenía una duración de 72,24 horas y la de los enganches semipermanentes, 57,2 horas. Se recuerda que el mantenimiento de los topes no sufrió ninguna modificación.

Al aplicar las mejoras pertinentes, se consiguió reducir el tiempo de los enganches principales a 64 horas y el de los enganches auxiliares a 50 horas.

En cada tipo de enganche, se consiguió una reducción de período de aproximadamente 7,2 horas, siendo esta similar a la duración de una jornada laboral.

El resumen de estas duraciones se muestra en la Tabla 16, así como el porcentaje de tiempo que se logró reducir.

	E. AUTOMÁTICOS	E. SEMIPERMANENTES
SITUACIÓN INICIAL	72,24 h	57,2 h
SITUACIÓN MEJORADA	64 h	50 h
TIEMPO REDUCIDO	7,24 h	7,2 h
PORCENTAJE REDUCIDO	10%	12,6%

Tabla 16. Mejoras de tiempos.

Por lo tanto, se obtiene una reducción de tiempo del 10 % en cuanto a los enganches automáticos y un 12,6 % en los enganches semipermanentes. Teniendo en cuenta que una unidad de tren es la composición de ambos elementos, por cada UT 447 obtenemos una ganancia del 22,6 %.

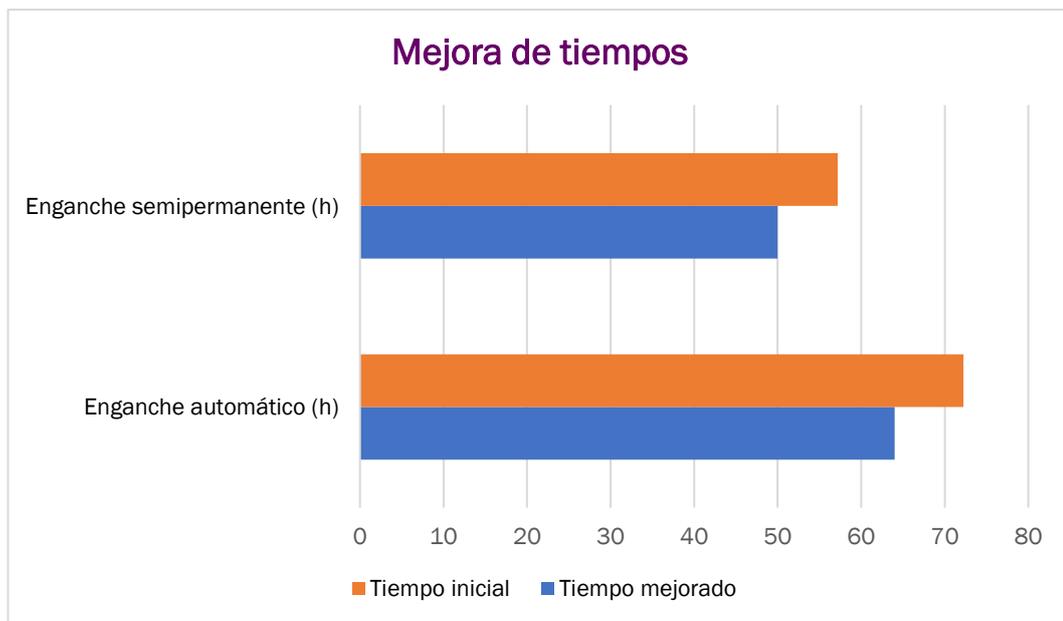


Ilustración 30. Diagrama de barras mejora de tiempos.

La reparación y mantenimiento de los enganches automáticos y semipermanentes de una UT 447 tiene una ganancia de 635 €. En consecuencia, si por cada unidad reducimos un tiempo equivalente al 22,6 %, una UT tendrá un beneficio de 143,51 €, es decir, el 22,6 % de 635 €.

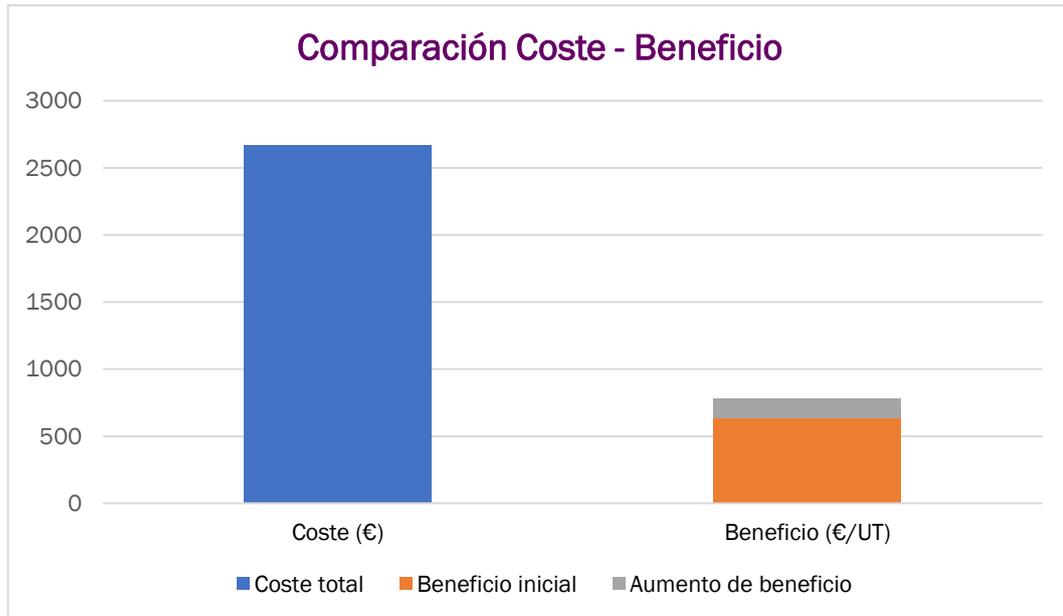


Ilustración 31. Diagrama de barras coste - beneficio.

Sabiendo que el estudio ha supuesto un valor de 2.671,83 € y que cada unidad de tren tiene un aumento de beneficio de 143,51 € al implantar las mejoras, si dividimos la primera cantidad entre la segunda, descubrimos que haría falta la reparación de aproximadamente 19 UT 447 para cubrir el costo ocasionado con las ganancias generadas.

Observando la Tabla 14 y su respectivo diagrama, recogemos la siguiente información:

- Dos parejas tardan 10,5 días en reparar 2 UT 447 y un enganche principal.
- Una pareja tarda aproximadamente 3 días en reparar un enganche auxiliar.
- Una pareja tarda ocho días en reparar una UT 447 completa.

A partir de esto, elaboramos un plan de producción para las cuatro parejas de operarios que trabajan en el taller con el fin de averiguar cuánto tiempo se necesita para suplir las 19 UT 447 que cubren el costo generado por el estudio.

Mejora y planificación de la producción de la sección *Scharfenberg* de la Base de Mantenimiento Integral de Renfe

La Ilustración 32⁴ muestra la planificación propuesta.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Días	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35	36 - 40
2 PAR	2 UT + 1 PRIN		2 UT + 1 PRIN		2 UT		2 UT	
1 PAR	1 AUX	1 UT	1 AUX	1 UT	1 PRIN	1 UT	1 UT	1 AUX
1 PAR	1 AUX	1 UT	1 PRIN	1 UT	1 AUX	1 UT	1 UT	1 PRIN

Ilustración 32. Plan de producción para cubrir el costo del estudio.

Se observa que, para realizar la reparación de 19 UT 447 con la disposición de cuatro parejas de operarios, se tardaría aproximadamente 40 días, correspondiente a 8 semanas.

⁴ En la Ilustración 32, “UT” corresponde a Unidad de Tren, “PRIN” a los enganches automáticos o principales, “AUX” se refiere a los enganches semipermanentes o auxiliares y “PAR” a pareja.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

La Base de Mantenimiento Integral de Renfe en Valladolid proporciona un servicio muy importante a nuestra sociedad, además de asumir una gran responsabilidad. Esto es debido a que se encarga de la reparación de unidades de tren con el fin de transporte de pasajeros. Por ello, su objetivo es conseguir la mayor seguridad, calidad y confort.

Así pues, en estos talleres buscan la mejora continua, con su consecuente optimización de la productividad y el beneficio. Este motivo fue el que impulsó la realización del análisis de la sección *Scharfenberg*, para poder detectar posibles problemas e implantar soluciones efectivas.

Para la realización de este estudio, se emplearon numerosas técnicas relacionadas con el grado de Ingeniería en Organización Industrial, como pudieron ser la elaboración de flujogramas, diagramas de Gantt u optimización de la distribución en planta, entre otros.

Cabe destacar que, la información obtenida en el taller se consiguió a partir de la observación del proceso productivo en varias ocasiones. Es decir, no siempre se opera de la misma forma, ya que a veces surgen inconvenientes o pequeñas modificaciones. Por ello, se analizó el proceso distintas veces para obtener una idea global del funcionamiento de la sección. De esta manera, también se pudo observar qué patrones se repiten, tanto positivos como negativos.

A partir del análisis de la situación inicial, se propusieron ligeros cambios en la distribución en planta. Gracias a esto, los operarios disfrutaban de una mayor comodidad a la hora de realizar su labor, además de que reducen las distancias en los desplazamientos, con la consecuente agilización del proceso. Por otra

parte, se logró reducir sensiblemente los tiempos en algunas de las operaciones. Sin embargo, esta disminución fue la suficiente para ajustarse a los estándares establecidos. No se pretendía el aminoramiento en exceso del tiempo en las operaciones. Si esto sucedía, los operarios podrían sufrir mayor presión y estrés y, desde el punto de vista de la empresa, reducirían su productividad.

Además, se propusieron diferentes planes de producción. Estos se elaboraron dependiendo de las preferencias o condiciones que se posean en la situación del momento. Por ejemplo, si disponemos de más operarios que pueden trabajar a la vez y necesitamos que el trabajo se realice en menor tiempo, estos trabajarán en parejas de manera simultánea, agilizando el proceso. Sin embargo, si el encargo no requiere tanta prisa, los operarios podrán trabajar individualmente, disponiendo de personal libre para la realización de otras labores.

Por último, en cuanto a la realización del estudio económico, se observa que el coste de realización del proyecto se podría suplir en aproximadamente un mes. Teniendo en cuenta los numerosos beneficios que se han obtenido con este análisis, es un costo muy pequeño en comparación con los resultados positivos que se alcanzan.

Como reflexión final, este estudio ha logrado soluciones efectivas a un bajo costo y en un tiempo relativamente corto.

Bibliografía

- Arias, E. R. (2020). *Flujograma*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/flujograma.html>
- Carballosa, A. N. (2014). *Dirección de operaciones: decisiones tácticas y estratégicas*. Editorial UOC.
- Grupo PDCA Home. (2013). *Cómo dibujar y qué es un diagrama de espagueti o spaghetti chart*. Obtenido de PDCA Home: <https://www.pdcahome.com/4726/como-dibujar-y-que-es-un-diagrama-de-espagueti-o-spaghetti-chart/>
- Hinojosa, M. (2003). *Producción, procesos y operaciones*. Obtenido de Diagrama de Gantt.: <http://www.colegio-isma.com.ar/Secundaria/Apuntes/Mercantil/4%20Mer/Administracion/Diagrama%20de%20Gantt.pdf>
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Lefcovich, M. L. (2009). *Kaizen: filosofía-cultura y ética de la mejora continua*. El Cid Editor.
- Moreno, J. (2019). *Renfe inicia el traslado a los nuevos talleres de Valladolid con cuatro años de retraso*. Obtenido de El Norte de Castilla: <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/renfe-recibe-permiso-20190408192044-nt.html>
- Navarro, L. (2020). *La nueva Base de Mantenimiento Integral de Renfe en Valladolid incrementará su plantilla hasta los 458 trabajadores en 2021*. Obtenido de La hora digital: <https://www.lahoradigital.com/noticia/30254/politica/la-nueva-base-de-mantenimiento-integral-de-renfe-en-valladolid-incrementara-su-plantilla-hasta-los-458-trabajadores-en-2021.aspx>
- Renfe. (2000). Manual de mantenimiento de componentes. Enganche automático.

Renfe. (2000). Manual de mantenimiento de componentes. Enganche semipermanente.

Renfe. (2000). Manual de mantenimiento de componentes. Topes.

Rodríguez, M. (2015). *Los nuevos talleres de Renfe estarán operativos el primer trimestre de 2016*. Obtenido de El día de Valladolid: <https://www.eldiadevalladolid.com/noticia/za4bd28dc-e23c-161b-3c86f6562252a5da/201510/los-nuevos-talleres-de-renfe-estaran-operativos-el-primer-trimestre-de-2016>