



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**Construcción e implantación de una herramienta
de seguimiento, control, análisis y gestión del
mantenimiento correctivo en la factoría Michelin.**

Autora:

Benedet Andrade, Marina

Tutor:

**De Benito Martín, Juan José
Departamento de Organización de
Empresas y C. e I.M.**

Valladolid, Septiembre de 2015.

RESUMEN

El presente trabajo busca aumentar la productividad de la factoría vallisoletana de Michelin en su taller de ensamblado de turismo mediante el análisis de los tiempos de atención en las averías de la maquinaria. Se analiza, por tanto, el mantenimiento correctivo realizado tras la parada de máquina mediante la creación de una herramienta que aporte información sobre el modo de actuar de los trabajadores implicados. La utilidad de la aplicación es la consecución de información útil para la toma de decisiones. La finalidad del estudio es conocer en profundidad el mantenimiento llevado a cabo y disminuir el tiempo de parada de máquina mediante la implantación de nuevas normas de actuación en el taller.

PALABRAS CLAVE

Mantenimiento, pautas de mantenimiento, seguimiento de averías, mejora de procesos, incremento de la productividad.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Construcción e implantación de una herramienta de seguimiento, control, análisis y gestión del mantenimiento correctivo en la factoría Michelin.

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
MOTIVACIÓN	4
OBJETIVOS	6
ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA	7
CAPÍTULO 1: CONOCIMIENTOS PREVIOS	9
1.1 EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	11
1.1.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS GENERALES.....	11
1.1.2 BREVE HISTORIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	20
1.1.3 EL MANTENIMIENTO COMO PARTE DE LA INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN	26
1.2 LA EMPRESA, MICHELIN	27
1.2.1 EL NEUMÁTICO	27
1.2.2 HISTORIA DE MICHELIN.....	31
1.2.3 VISIÓN, MISIÓN Y OBJETIVOS DEL GRUPO... ..	33
1.2.4 LA FÁBRICA DE VALLADOLID	34
CAPÍTULO 2: SITUACIÓN DE PARTIDA EN EL TALLER DE ENSAMBLADO DE TURISMO	41
2.1 SITUACIÓN DE PARTIDA EN EL ENSAMBLADO DE TURISMO.....	43
2.1.1 CALENDARIO DE LA ACTIVIDAD	43
2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MÁQUINAS OBJETO DE ESTUDIO.....	43
2.1.3 MOTIVOS DE PARADA DE MÁQUINA	48
2.1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	51
2.1.5 FABRICACIÓN	54
2.1.6 MANTENIMIENTO	57
2.1.7 APLICACIÓN PROPUESTA	59
2.2 CASUÍSTICA Y CONTRASTE DE DATOS	60

2.2.1 TOMA DE DATOS	60
2.2.2 OBTENCIÓN DE LAS DIFERENTES CASUÍSTICAS	65
CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN E IMPLANTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO	75
3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO.....	77
3.1.1 PLANTEAMIENTO LÓGICO DEL SISTEMA	77
3.1.2 PROGRAMACIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	80
3.2 IMPLANTACIÓN DE LA HERRAMIENTA	98
3.2.1 COMUNICACIONES CON LOS RESPONSABLES.....	100
3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA EN EL SISTEMA AUTOMÁTICO DE LA FÁBRICA	105
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y REPERCUSIÓN DE LA HERRAMIENTA. EXTENSIONES.....	107
4.1 RESULTADOS	109
4.2 REPERCUSIÓN DEL ESTUDIO	115
4.2.1 REGLAS DE ACCIÓN	115
4.2.2 CASO PRÁCTICO: ANÁLISIS DEL PUESTO DE AROS.....	116
4.3 GESTIÓN ECONÓMICA	122
4.3.1 GESTIÓN DE COSTES POR ACTIVIDADES: MÉTODO ABC.....	123
4.3.2 LOS COSTES DIRECTOS EN EL MANTENIMIENTO	126
4.4 EXTENSIÓN DEL ESTUDIO A LA PARTE DE REGLADORES DEL ENSAMBLADO DE TURISMO	127
4.4.1 SITUACIÓN DE PARTIDA	127
4.4.2 PROBLEMÁTICA ENCONTRADA	128
4.4.3 RESULTADOS OBTENIDOS.....	128
4.5 EXTENSIÓN DEL ESTUDIO AL TALLER DE PREPARACIÓN DE TURISMO	129
4.5.1 SITUACIÓN DE PARTIDA	129
4.5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA	133
4.5.3 RESULTADOS OBTENIDOS.....	137
ESTUDIO ECONÓMICO	139
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	141
ALCANCE	141
TIEMPO	142
TIPO DE PROYECTO.....	147

GESTIÓN DE LOS COSTES DEL PROYECTO	148
CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO.....	151
CONCLUSIONES.....	153
MANTENIMIENTO EN EL ENSAMBLADO DE TURISMO.....	153
REGLAJE.....	158
PREPARACIÓN	158
LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO	159
BIBLIOGRAFÍA	163
BIBLIOGRAFÍA.....	165
ANEXO 1: PLANOS	167

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Evolución temporal del estado de la máquina.	12
Ilustración 1.2 Curva de la bañera.	15
Ilustración 1.3 Mantenimiento sistemático realizado antes de tiempo.	15
Ilustración 1.4 Mantenimiento sistemático realizado en el momento exacto.	15
Ilustración 1.5 Implantación del TPM.	19
Ilustración 1.6 Evolución temporal de la relación entre esfuerzo y resultados.	22
Ilustración 1.7 Conclusiones del RCM.	24
Ilustración 1.8 Neumático inventado por Dunlop.	28
Ilustración 1.9 Hermanos Michelin.	28
Ilustración 1.10 Charles Terron.	28
Ilustración 1.11 Partes del neumático Michelin.	30
Ilustración 1.12 Automóvil L'Eclair desarrollado por los hermanos Michelin.	32
Ilustración 1.13 Primera aparición de Bibendum en un cartel publicitario.	32
Ilustración 1.14 Evolución de Bibendum con el tiempo.	32
Ilustración 1.15 El proceso completo de fabricación del neumático.	35
Ilustración 1.16 Bolsa con productos químicos.	39
Ilustración 1.17 Paleta de goma.	39
Ilustración 1.18 Lona metálica.	39
Ilustración 1.19 Verificación de neumático.	39
Ilustración 1.20 Retirada de goma de la carcasa.	39
Ilustración 1.21 Puesta de la banda de rodadura sobre la carcasa.	39
Ilustración 2.1 Fases de la confección de un neumático de turismo.	44
Ilustración 2.2 Fases de la terminación de un neumático de turismo.	46
Ilustración 2.3 Fases de la cocción de un neumático de turismo.	47
Ilustración 2.4 Procedimiento ideal de aviso a mantenimiento.	51
Ilustración 2.5 Ubicación del ordenador respecto a la línea de fabricación.	52
Ilustración 2.6 Procedimiento real de aviso a mantenimiento.	54
Ilustración 2.7 Disposición aproximada de los operarios en MAC y MAF.	56
Ilustración 2.8 Disposición aproximada de los operarios en BNS.	56
Ilustración 2.9 Relación entre salidas consecutivas de carcasas.	60
Ilustración 2.10 Desviaciones estudiadas.	62

Ilustración 2.11 Definición del Inicio de la Orden de Trabajo.....	66
Ilustración 2.12 Definición del análisis.	66
Ilustración 2.13 Concatenación de paradas.	67
Ilustración 2.14 Parada en MCA contenida en el periodo del análisis.....	68
Ilustración 2.15 Inicio de parada en MCA anterior al Inicio del análisis.....	68
Ilustración 2.16 Fin de parada en MCA posterior al fin del análisis.	68
Ilustración 2.17 Parada en MCA no contenida entre los límites del análisis.	68
Ilustración 2.18 No coincidencia de puestos entre aplicaciones.	69
Ilustración 2.19 No coincidencia de puestos entre aplicaciones.	69
Ilustración 2.20 Intervalo de puestos definido para MAC.	70
Ilustración 2.21 Intervalo de puestos definido para MAC.	70
Ilustración 2.22 Intervalo de puestos definido para las MAF.	71
Ilustración 2.23 Intervalo de puestos definido para las MAF.	72
Ilustración 2.24 Intervalo de puestos definido para las BNS.	73
Ilustración 2.25 Intervalo de puestos definido para las BNS.	73
Ilustración 3.1 Momento ideal de Solicitud de Servicio.	78
Ilustración 3.2 Momento ideal de Solicitud de Servicio.	78
Ilustración 3.3 Ventana de introducción de código de Visual Basic.....	80
Ilustración 3.4 Clasificación de los objetos existentes en Visual Basic.....	81
Ilustración 3.5 Arquitectura básica de la aplicación desarrollada.	82
Ilustración 3.6 Reasignación de una parada de MCA a otra intervención de mantenimiento.	86
Ilustración 3.7 Modificación de los datos por parte de mantenimiento.....	89
Ilustración 3.8 Relación entre la maquinaria del taller y los almacenes de carcasas.	90
Ilustración 3.9 Fallo en un almacén de carcasas.....	91
Ilustración 3.10 Pasos en la implantación de resultados en base a un modelo generado sobre un sistema real.....	92
Ilustración 3.11 Pérdidas en MCA no imputadas en BMA para cada línea.	94
Ilustración 3.12 Organigrama de los trabajadores implicados en el estudio.	100
Ilustración 4.1 Pirámide de las necesidades de Maslow.....	110
Ilustración 4.2 Diferentes tiempos determinados por la aplicación.....	112
Ilustración 4.3 Distribución de los tiempos de parada de máquina.	117
Ilustración 4.4 Momentos registrados durante una parada tipo por avería.....	117

Ilustración 4.5 Porcentaje de productos del catálogo en relación al volumen monetario según el análisis ABC.....	124
Ilustración 4.6 Planificación del mantenimiento predictivo.....	125
Ilustración 4.7 Proceso completo de fabricación del neumático.	130
Ilustración 4.8 Ejemplo de imputación de paradas en Flujos y Traza de la parte de preparación.	132
Ilustración 4.9 Arquitectura básica de la aplicación para la parte de preparación.....	134
Ilustración 4.10 Diferentes momentos registrados en Flujos y Traza.....	135
Ilustración 4.11 Ejemplo de imputación de paradas como avería en la aplicación de Flujos y Traza de la parte de preparación.....	137
Ilustración 5.1 Estructura de Desglose del Trabajo del proyecto.....	142
Ilustración 5.2 Gráfico de Gantt del proyecto.....	146
Ilustración 1 Taller de Turismo.	169
Ilustración 2 MAC.	170
Ilustración 3 MAF.	171
Ilustración 4 BNS.	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Muestra del calendario de la actividad.	43
Tabla 2.2 Porcentaje de Órdenes de Trabajo correctas.....	62
Tabla 2.3 Diferencia de tiempos imputados entre BMA y MCA.....	63
Tabla 3.1 Ejemplo de codificación de puestos en BNS.....	79
Tabla 3.2 Principales paradas del día en MCA	95
Tabla 3.3 Paradas con mayores diferencias entre BMA y MCA.	97
Tabla 3.4 Puestos con mayor número de paradas en MCA.....	97
Tabla 4.1 Comparación entre equipos de fabricación en la MAC 01.....	112
Tabla 4.2 Comparación entre equipos de fabricación en la MAC 02.....	112
Tabla 4.3 Comparación entre equipos de fabricación en la MAC 03.....	113
Tabla 4.4 Comparación entre equipos de mantenimiento en la MAC 01.....	113
Tabla 4.5 Comparación entre equipos de mantenimiento en la MAC 02.....	113
Tabla 4.6 Comparación entre equipos de mantenimiento en la MAC 03.....	114
Tabla 4.7 Puestos con mayor tiempo de parada de todas las máquinas del taller de Turismo según BMA	118
Tabla 4.8 Puestos con mayor tiempo de parada de todas las máquinas del taller de Turismo según MCA.	118
Tabla 4.9 Comparación del puesto de aros en las tres líneas, resultado de la aplicación.	119
Tabla 5.1 Tabla de precedencias entre las actividades del proyecto.	144
Tabla 5.2 Tabla de relación de recursos con actividades.	145
Tabla 5.3 Relación entre la duración en semanas y las actividades.	146
Tabla 5.4 Coste de cada recurso.	148
Tabla 5.5 Cálculo del presupuesto del proyecto.....	149
Tabla 1 Datos obtenidos de cada fuente.	154

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Desviaciones respecto al momento de parada en MCA.....	64
Gráfico 2.2 Diferencia entre tiempos de parada imputados en MCA y BMA.	65
Gráfico 3.1 Minutos de parada según MCA y BMA en la MAC 01 a lo largo del tiempo.	102
Gráfico 3.2 Minutos de parada según MCA y BMA en la MAC 02 a lo largo del tiempo.	102
Gráfico 3.3 Número de intervenciones al día según BMA en la MAC 01.....	103
Gráfico 3.4 Número de intervenciones al día según BMA en la MAC 02.....	103
Gráfico 3.5 Porcentaje de uso correcto del cronómetro durante el mes de junio.	104
Gráfico 4.1 Porcentaje de tiempo de parada en MCA registrado en BMA.	116
Gráfico 4.2 Puesto de aros de la MAC 03, 21 de julio de 2015.	120
Gráfico 4.3 Puesto de aros de la MAC 03, 15 de julio de 2015.	121
Gráfico 4.4 Puesto de aros de la MAC 01, 2 de julio de 2015.	121
Gráfico 4.5 Puesto de aros de la MAC 02, 17 de julio de 2015.	121
Gráfico 4.6 Puesto de aros de la MAC 02, 21 de julio de 2015.	122
Gráfico 1 Comparación del tiempo de parada de máquina por avería según MCA y BMA en mayo, junio y julio.....	157
Gráfico 2 Comparación del tiempo de parada de máquina por avería según MCA y BMA en mayo, junio y julio.....	157

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Vamos a analizar la situación inicial en la que surge el presente trabajo. El tema central del mismo es el mantenimiento y los fallos por avería en las máquinas. Como sabemos, el aumento de la productividad de la maquinaria es un objetivo genérico de la mayoría de las empresas que buscan con ello la obtención de mejores resultados y el aumento de su competitividad. Los fallos en la máquina implican parada en la misma y mantenimiento juega el papel principal en su reparación. Por tanto, en este contexto surge el estudio que trata de encontrar vías de mejora en los métodos de mantenimiento para lograr con ello la disminución del tiempo de parada de máquina.

La situación actual del departamento de mantenimiento en la mayoría de las empresas españolas es la siguiente:

- 97% de las empresas españolas cuentan con sistemas informáticos de control del mantenimiento. Estamos en pleno proceso de cambio, puesto que hasta hace poco el sistema de seguimiento de averías se hacía en hojas de papel y apuntes a mano que se perdían y no eran estudiados en profundidad.
- Se hacen planes de mantenimiento ideales que requieren de un excesivo número de efectivos del cual no se dispone. La dirección de las empresas suele tener una percepción negativa del departamento, que es considerado un mal necesario, y suele presentarse reacia al incremento de personal. Esto no impide que se le exija al departamento obtener cada vez mejores resultados en costes, fiabilidad y disponibilidad.
- Los responsables de mantenimiento se encuentran en su mayoría saturados, las urgencias les impiden reflexionar y pensar mejoras en cuanto a su propio departamento. Esto implica que se desconoce con exactitud que operaciones aportan valor y cuáles no y el responsable tiene que tomar decisiones en base a sus propias creencias.
- La falta de información implica que el responsable del departamento toma ciertas decisiones complejas unilateralmente por miedo a disminuir la fiabilidad de la máquina o aumentar el número de accidentes.
- La falta de tiempo implica que no se puedan aplicar técnicas modernas organizativas en el departamento.

El estudio además conlleva la realización de una aplicación que una información proveniente de otros útiles informáticos. Dicha aplicación se va a desarrollar mediante el lenguaje de programación Visual Basic de Microsoft. Encontramos diversos artículos recientes sobre la bondad de la utilización de este lenguaje para el desarrollo de aplicaciones en el ámbito del mantenimiento industrial. Los profesores José A. Orosa y Jesús Álvarez del Departamento de Energía y Propulsión Marítima de la Universidad de A Coruña apuestan por Visual Basic como solución clara para la generación de informes y el tratamiento de la información en diversos artículos. Defienden que Excel es una herramienta adecuada para el tratamiento diario de datos sobre el mantenimiento correctivo. Lo que los autores buscan es la creación de una herramienta sencilla que no

necesite ser manejada por informáticos expertos como solución al mantenimiento correctivo en diferentes barcos. Con los métodos adecuados, sin ocupar gran espacio en la memoria y sin la necesidad de adquirir nuevo y costoso software, como son las aplicaciones GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), se puede obtener mucha información. Además es más rápido tanto de crear como de implementar ya que todo el mundo está acostumbrado a la utilización y la presentación de resultados en hojas de cálculo. También incluyen que cuando hay que actualizar o aplicar el GMAO a otro tipo de instalación el proceso de reconfiguración es mucho más costoso tanto en tiempo como en dinero.

El presente trabajo se ha llevado a cabo en colaboración con una empresa de manufactura industrial, Michelin, en su factoría de Valladolid. En este caso concreto, se busca minorar el tiempo de parada de máquina por avería mediante la realización de un estudio de recopilación y análisis de datos.

Este proyecto pertenece al área de Organización, transversal a toda la fábrica. En el caso concreto del mantenimiento del ensamblado de turismo, parte central del estudio, el responsable es una persona que depende del jefe del taller. Esta persona tiene a su cargo el mantenimiento correctivo y preventivo de toda la actividad. Es importante que desde el departamento de Organización se le proporcionen datos e información suficiente para la toma de decisiones.

También ligado a este tema están los Grupos Técnicos de Trabajo, encargados del análisis de averías en base al sistema GMAO implantado en la fábrica. El sistema GMAO lleva dos años y medio en funcionamiento y es de uso extendido tanto en esta como en otras fábricas del grupo. Los análisis se basan en los datos que se almacenan en esta aplicación, proporcionados en parte automáticamente, en parte por los operarios de la línea de fabricación y en mayor medida por los propios mantenedores.

Desde el departamento de Organización es habitual el uso de pequeñas aplicaciones de Excel mediante programación Visual Basic para realizar análisis de datos, comparativas y otro tipo de estudios. No es por tanto desconocido el sistema que se va a utilizar en este trabajo.

MOTIVACIÓN

Vamos a proceder a la definición de las necesidades a partir de las cuales surge el presente proyecto. Para comenzar, ya hemos dejado clara la estrecha relación entre el mantenimiento y la productividad de la máquina. Centrándonos en el mantenimiento correctivo inmediato, es decir, aquel que se desarrolla en la máquina tras la avería, las intervenciones han de ser cortas y eficaces, minorando el tiempo de parada de la máquina tanto en ese momento como en los posteriores, evitando que la máquina vuelva a fallar. Esto se consigue con operarios versátiles, autónomos, capaces y motivados para la resolución de averías con prontitud. Debemos dotar a estos profesionales de métodos efectivos para mejorar los tiempos de sus intervenciones.

Por otra parte también debemos apostar, cada vez más, por el mantenimiento en producción, aquel que realiza el propio operario en la línea. Estas intervenciones son sencillas y no necesitan aviso al mantenedor. Consiguiendo máquinas más accesibles y desarrollando procedimientos claros lograremos que estas reparaciones sean competencia de producción. Esto supone, principalmente, minorar el tiempo de parada de máquina ya que no hay que esperar a la llegada del mantenedor y desde el primer momento de la avería esta está siendo atendida.

En base al apartado anterior determinamos que la gran mayoría de las empresas españolas del ámbito industrial cuentan con sistemas informáticos que registran diferentes datos sobre las intervenciones de mantenimiento. Además, cada vez nos encontramos con un nivel de exigencia mayor debido a que las empresas tienen implementadas muchas mejoras y el margen para adquirir competitividad es muy pequeño. Nuevos estudios como el que presentamos nos aportan enfoques distintos para encontrar vías que disminuyan el tiempo de parada de máquina, aumentando así la productividad de la planta.

Michelin, en concreto, cuenta con una poderosa aplicación GMAO entre otras herramientas informáticas, tales como la base de datos de la factoría o la aplicación de producción. La aplicación GMAO de Michelin, BMA, recopila datos sobre cada intervención individual. Es por tanto un buen momento para ir un paso más allá y explotar esos datos en diferentes vías que nos aporten mayor información para la toma de decisiones. Es decir, estamos en una situación en la que podemos recopilar gran cantidad de datos gracias a estas herramientas informáticas. Sin embargo, los datos no sirven de nada si no son tratados adecuadamente y no se extrae información útil de los mismos.

En cuanto a la parte en la que se desarrolla el trabajo, al ser el cuello de botella de la actividad, todos los estudios que supongan la disminución del tiempo de parada de máquina son necesarios y se apuesta por ellos. Necesitamos aumentar la eficiencia de esta parte de la fábrica que está directamente ligada con la producción realizada. Si conseguimos disminuir tanto el tiempo de parada como el número de averías estaremos llevando a cabo una importante mejora en el mantenimiento, y más aún, en la propia actividad.

Estos cambios suponen la modificación de ciertos hábitos del taller lo que significa que se va a tratar de un proceso laborioso ya que hay que cambiar la mentalidad de muchas personas. Por ello, se debe respaldar cada decisión en datos y estos han de ser veraces. La introducción de nuevas acciones en el método conlleva también un seguimiento que entra dentro de nuestras responsabilidades.

Por otra parte, esta información ha de ser presentada con prontitud y del modo correcto. Se deben realizar informes claros, concisos y manejables. Por tanto se ha de ser cuidadoso en su realización. Además, se debe poner especial atención en la comunicación con las partes implicadas para conseguir el éxito del proyecto. De nada

sirve realizar el trabajo si no se tiene en cuenta a las personas que se van a ver afectadas por el mismo.

Desde el punto de vista de la ingeniería de Organización debemos desarrollar herramientas que traten los datos introducidos para convertirlos en información útil para la toma de decisiones. De este concepto es del que surge el presente trabajo. Estableciendo nuevas comparativas entre los datos podemos conseguir información relevante que nos ayude a mejorar la planificación del mantenimiento y la producción.

El hecho de desarrollar la aplicación en Visual Basic nos permite, como hemos visto, un ahorro económico puesto que no es necesario adquirir software ni medios. Además al tratarse de un lenguaje sencillo, nos permite construir la herramienta informática con rapidez. Esto conlleva que vamos a disponer de información en muy poco tiempo y con un coste mínimo.

OBJETIVOS

En base a los apartados anteriores, se establece como objetivo principal del proyecto el de obtener información fiable que nos sirva en la toma de decisiones teniendo como finalidad aumentar la productividad de la máquina por medio de la disminución del tiempo de parada de la misma.

Para la consecución de este objetivo se establecen otros secundarios:

- Conocimiento profundo de los procedimientos, ficheros e interlocutores involucrados en el proceso.
- Ser capaz de establecer la comparativa entre las paradas de la máquina y las intervenciones de mantenimiento.
- Llevar a cabo la comparación manual de los datos y realizar informes diarios sobre cada máquina.
- Realizar una aplicación informática mediante el lenguaje de programación Visual Basic que lleve a cabo este análisis de manera automática.
- Conseguir el envío diario en automático de los informes.
- Establecer nuevas normas en el taller en cuanto a modo de actuar ante parada de máquina por avería.
- Conseguir implantar las mejoras derivadas del estudio de los datos obtenidos mediante el análisis en el taller.
- Implementar la herramienta generada en el sistema informático de la factoría para dar continuidad al estudio.
- Obtener un almacenamiento de datos procesados en un histórico accesible y sencillo de interpreta.

Con la realización de estos objetivos parciales estamos llevando a cabo de modo óptimo el principal.

ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

La memoria se estructura en cuatro capítulos, el estudio económico del proyecto y las conclusiones.

Comienza con un capítulo dedicado a los conocimientos previos sobre el mantenimiento y la empresa. Este capítulo tiene como objetivo hacer un análisis detallado del entorno donde se ha realizado el presente trabajo. Por eso encontramos una descripción del mantenimiento y sus diferentes tipos. A continuación tiene lugar un breve repaso histórico y se describe la situación actual del mantenimiento en España. Después se introduce la importancia del mantenimiento como parte de la ingeniería de organización industrial. En este mismo capítulo tratamos a continuación sobre los neumáticos, su historia y evolución y sobre Michelin, la empresa donde se ha realizado este proyecto. En cuanto a Michelin, indicamos su historia, sus objetivos como empresa y contextualizamos todo para la factoría vallisoletana.

El siguiente capítulo describe la situación de partida del estudio. Analizaremos en profundidad los detalles sobre las máquinas, los diferentes motivos de parada de la misma, los procedimientos, los ficheros y los interlocutores. Después se detalla la toma de datos y las conclusiones sacadas de la misma de cara a su posterior análisis. También se incluye la explicación de los informes generados mediante el análisis manual y algunas de las primeras conclusiones. Pretendemos con este capítulo dar toda la información al lector para que comprenda la situación de partida y pueda valorar la necesidad de incorporar una nueva herramienta de análisis del mantenimiento correctivo inmediato en esta parte de la fábrica.

El tercer capítulo hace referencia a la construcción de la herramienta, por ello se describe el planteamiento lógico de la misma en base a lo visto en el capítulo anterior. Se incluye una descripción del lenguaje de programación Visual Basic y de la aplicación desarrollada. También se exponen en este capítulo los problemas encontrados y las soluciones propuestas para los mismos. Se describen los informes generados mediante la aplicación informática y cómo se hicieron las comunicaciones formales con las partes interesadas. Por último, se describe la implantación de la herramienta en el sistema automático de la fábrica. Se pretende en este capítulo explicar con detalle la aplicación creada y su utilidad. Del mismo modo, se expone el modo en el que se han llevado a cabo las diferentes tareas derivadas de la implantación real en el taller de los nuevos métodos.

El cuarto capítulo incluye los resultados del estudio a diferentes niveles y la repercusión del mismo mediante la implementación de nuevas normas de actuación en el taller. Además se expone un caso práctico para ilustrar algunas de las decisiones que se pueden tomar en base a la información obtenida con la aplicación propuesta. En este capítulo se hace referencia también a la gestión de los costes del departamento de mantenimiento, factor importante a tener en cuenta cuando realizamos cambios en el mismo. Como parte final del proyecto se incluye una descripción de las extensiones

realizadas a partir de la aplicación. Analizamos la situación de partida, las tareas llevadas a cabo y los resultados obtenidos.

A continuación se presenta el estudio económico del proyecto. En él hacemos referencia al alcance, el tiempo y el tipo de proyecto. Encontraremos en este apartado la descomposición en actividades diferenciadas y un diagrama de Gantt sobre el trabajo. Con todo ello determinaremos los recursos necesarios para la realización del estudio y el presupuesto.

Por último, hay un apartado dedicado a resumir las conclusiones alcanzadas con el proyecto y las líneas futuras de trabajo. Exponemos todo el trabajo realizado y lo ponemos en valor mediante la presentación de resultados. Además se hace un detallado análisis de cómo dar continuidad al estudio. A continuación está la bibliografía utilizada en la realización del trabajo y un anexo con planos que nos pueden servir en diferentes apartados del trabajo, por hacer la lectura más cómoda se incluyen al final.

CAPÍTULO 1: CONOCIMIENTOS PREVIOS

Como primer paso en el estudio, se va a proceder a definir los conceptos generales que serán tratados a lo largo del texto. Esto incluye la definición del mantenimiento y de los diversos tipos en que lo podemos dividir. Veremos el mantenimiento desde un punto de vista histórico, haciendo alusión a la situación actual en nuestro país. Se incluye también una descripción del mantenimiento como parte de la ingeniería en organización. Posteriormente, focalizaremos el tema en la empresa en la que se ha desarrollado este trabajo, Michelin. Comenzaremos por la descripción del neumático, su evolución y las partes en las que se divide en la actualidad. Continuaremos con un repaso histórico de la empresa para adquirir un conocimiento profundo de la misma y en concreto de la fábrica vallisoletana y las diversas actividades que en ella tienen lugar.

1.1 EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

1.1.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS GENERALES

El mantenimiento se define como el conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad consiste en conservar o restituir un ítem a las condiciones que le permiten desarrollar su función. Existen diferentes tipos de mantenimiento que se explican a continuación:

- **Mantenimiento preventivo**, es aquel que consiste en realizar ciertas reparaciones o cambios en componentes y piezas para reducir tanto los problemas por avería como la pérdida de rendimiento del ítem. Este mantenimiento se divide a su vez en:
 - **Mantenimiento predictivo según condición**, basado en el conocimiento del estado de un ítem por medición de un parámetro significativo. La intervención de mantenimiento se condiciona a la detección precoz de los síntomas de la avería.
 - **Mantenimiento sistemático o predeterminado**, en este caso la base son unos criterios fijados con anterioridad para reducir la probabilidad de fallo. La programación de las intervenciones en la maquinaria puede ser según un planing, cada determinados ciclos de tiempo o bien cada cierto número de veces que se utilice la máquina.
 - **Mantenimiento reglamentario**, aquel realizado para cumplir con la normativa vigente al respecto.
- **Mantenimiento correctivo**, es todo aquel mantenimiento que se efectúa después del fallo, restituyendo el ítem a las condiciones admisibles de utilización.
 - **Mantenimiento correctivo programado**. Puede ser diferido, en el que tras el fallo no se produce el mantenimiento si no que se espera un tiempo hasta que se dispone de medios, o programable, si el fallo se da en una máquina trivial puede suceder que económicamente sea más rentable programar la reparación para otro momento.
 - **Mantenimiento correctivo inmediato**, se realiza justo después del fallo. Es en este mantenimiento en el que se basa el presente estudio.
- **Mantenimiento en producción**, el que realiza el propio operario directamente en la máquina.

Una vez visto el esquema básico de los diferentes tipos de mantenimiento vamos a ir analizando cada uno de ellos con detalle.

1.1.1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1.1.1.1.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo es el que basa las intervenciones en la evolución de una determinada variable que se relaciona con el estado de la máquina. Esta variable ha de ser fácilmente medible e identificadora del funcionamiento de dicha máquina.

Las principales dificultades a la hora de implementar este tipo de mantenimiento son:

- Elegir la variable a medir.
- Correlacionar niveles de la variable con estados de la máquina para poder determinar las zonas de aceptación y rechazo.

Es importante tener en cuenta que este mantenimiento no debe ser solo basado en experiencia e intuición si no que se debe apoyar en técnicas estadísticas y medidas rigurosas de las variables elegidas para poder realizar una buena predicción de las condiciones futuras de la máquina. Para ello la medición propiamente dicha debe estar acompañada de seguimiento y monitoreo tanto de la variable como de las condiciones del equipo.

Lo más aconsejable es que no sea un mantenimiento programado si no que se intervenga cuando la variable medida esté en la zona de peligrosidad funcional de la máquina previamente definida, se recomienda intervenir siempre antes del fallo. En la ilustración 1.1 podemos ver cómo evoluciona el estado de la máquina a lo largo del tiempo: el fallo se iniciaría en un momento dado (Inicio del fallo), con la medición de variables en el momento denominado como fallo potencial conoceríamos su existencia. Este fallo potencial es por tanto un estado físico identificable que nos indica que se está a punto de producir un fallo funcional. Se debería intervenir entre el fallo potencial y el funcional que es cuando ya tendríamos parada de máquina.

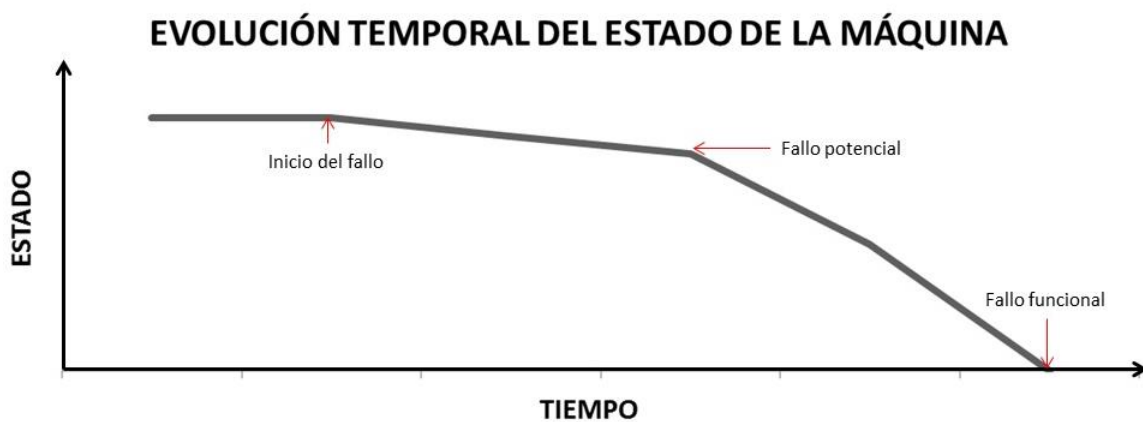


Ilustración 1.1 Evolución temporal del estado de la máquina. Fuente: elaboración propia a partir de *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (González Fernández, Francisco Javier).

Los objetivos que persigue la realización de este tipo de mantenimiento son, principalmente:

- Vigilancia: distinguir entre una buena condición de operación de la máquina y una mala. En caso de ser mala, ser capaces de saber cuantificarlo.
- Protección: evitar fallos, ser capaces de parar la máquina automáticamente antes de que se produzca una gran avería.
- Diagnóstico de fallo: identificar la causa de los fallos y no solo su existencia.

- Pronosticar: estimar cuánto tiempo podría seguir funcionando la máquina sin parar por el fallo detectado.

Los tipos más conocidos de mantenimiento predictivo son:

Análisis de vibraciones:

Midiendo la amplitud de la vibración o analizando su espectro. En el primer caso se establecería un límite a partir del cual se exigiría la revisión de la máquina. En el segundo se analizaría el espectro de la vibración mediante la descomposición de la onda. Algunos de los fallos detectables con este método son desequilibrios, ejes curvados, problemas de sujeción o mal estado de rodamientos y cojinetes.

Termografías:

Todo equipo emite energía desde su superficie que se transmite en forma de ondas electromagnéticas. Con la termografía se consigue una imagen visible de esa radiación infrarroja invisible al ojo humano gracias a la cual podemos detectar e impedir fallos de circuitos eléctricos o bien observar el escape de energía en algún punto determinado de la instalación. Es decir, se puede detectar cualquier fallo que manifieste un cambio de temperatura sin necesidad de establecer contacto físico con la maquinaria.

Inspecciones boroscópicas:

Se trata de inspecciones visuales en lugares inaccesibles para el ojo humano mediante el uso del boroscopio, un dispositivo largo y delgado en forma de varilla flexible en cuyo interior hay un sistema telescópico con numerosas lentes y una poderosa fuente de luz que permite la grabación del lugar por donde se introduce. Esto nos permite observar el interior de calderas y motores térmicos, por ejemplo. Además, la grabación de imágenes permite su consulta posterior y no requiere desmontar la máquina.

Inspecciones por ultrasonidos:

Estudia las ondas de alta frecuencia inaudibles para el oído humano, en las cuales no hay interferencia de ruido ambiental. Algunas de las aplicaciones son la detección de fallas y fugas en válvulas o pérdidas de vacío. También se utiliza para verificar la integridad de las juntas de recintos estancos.

Análisis de gases de escape:

Determinando la composición de los gases de salida de calderas y motores térmicos de combustión interna se asegura por una parte el cumplimiento de la normativa al respecto y por otra el buen funcionamiento del equipo. La concentración de gases revela la calidad del combustible, el estado del motor y el correcto ajuste de los parámetros.

1.1.1.1.2 MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO

Se basa en realizar intervenciones sobre el equipo sin importar la condición de la máquina en ese momento. Es eficaz en máquinas que requieren alta disponibilidad, las

que son muy importantes en el sistema y aquellas que provocan un gran trastorno si se averían. El mantenimiento sistemático consiste en:

- Tareas de limpieza técnica: la suciedad reduce las prestaciones de la máquina y aumenta el riesgo de fallo. Tipos:
 - Con medios mecánicos: requiere desmontar partes de la máquina lo que hace incrementar en número la mano de obra.
 - Con medios químicos, bien sumergiendo la pieza o bien recirculando una disolución. El problema es que generamos residuo y que hay que tener cuidado con que el reactivo no ataque partes del equipo.
- Sustitución de elementos que se pueden desgastar: antes de que el desgaste provoque la rotura de una pieza, esta se cambia por otra. El problema es que estamos sustituyendo una pieza que en el momento del cambio realmente está bien.
- Comprobación de elementos internos: Por una parte se tratan aquellos elementos cuyo desmontaje es complejo y suele requerir parada en la máquina, lo que afecta a la producción. También se trata de averiguar el estado interno de la máquina mediante el análisis del funcionamiento de los elementos y su calibración.
- Lubricación: dos superficies sólidas pueden deslizarse fácilmente una sobre otra si hay una capa de líquido que las separa, este fluido puede generar fuerzas internas que separen las superficies cuando tienden a juntarse. La lubricación sirve para evitar el rozamiento entre dos sólidos que tienen movimientos relativos entre sí.

El mantenimiento sistemático está basado en la conocida como curva de la bañera, que considera que todos los equipos similares fallan a la misma edad. Tenemos una representación de esta curva en la ilustración 1.2. En un primer momento, denominado en la imagen como Fallos infantiles, se da un periodo de puesta a punto en el que hay un gran número de averías que van disminuyendo a medida que va pasando el rodaje y se van implementando mejoras y optimizaciones. A continuación, se da un periodo de Fallos normales o vida útil de la máquina, en el que el número de averías es constante y estas aparecen de modo aleatorio y sin que se conozca su causa. Por último, la máquina llega a la fase de Fallos de desgaste, durante la cual el número de averías aumenta por desgaste y envejecimiento mecánico.

Teóricamente al final de la vida útil, es decir, cuando comienzan a incrementarse los fallos debido al desgaste es cuando se debería realizar el mantenimiento preventivo con el objetivo de devolver la máquina a la situación asumida de fallos normales, que son los correspondientes a los de la vida útil. En realidad, hay que tener en cuenta que esta modificación lleva asociado un incremento de fallos debido no al desgaste si no a la mortalidad infantil de la primera fase. Por eso es muy importante que esta revisión sea definida en el punto exacto, ya que si hacemos la revisión antes estamos desaprovechando un periodo de vida útil de la máquina y aumentando los fallos en la misma antes de tiempo. Podemos verlo en la ilustración 1.3, en la que el sistemático se

aplica antes de tiempo, acortando la vida útil y la ilustración 1.4, en la que el mantenimiento se aplica en el momento adecuado.

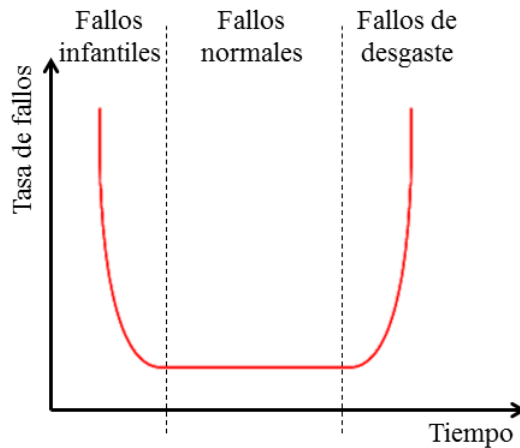


Ilustración 1.2 Curva de la bañera. Fuente: elaboración propia a partir de la imagen en <http://queaprendemoshoy.com/que-es-el-mtbf/>

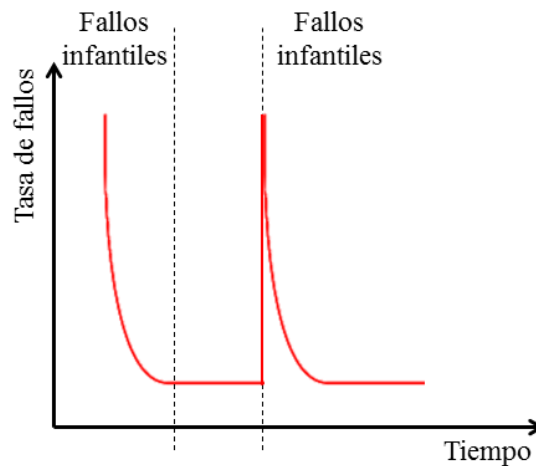


Ilustración 1.3 Mantenimiento sistemático realizado antes de tiempo. Fuente: elaboración propia a partir de la imagen en <http://queaprendemoshoy.com/que-es-el-mtbf/>

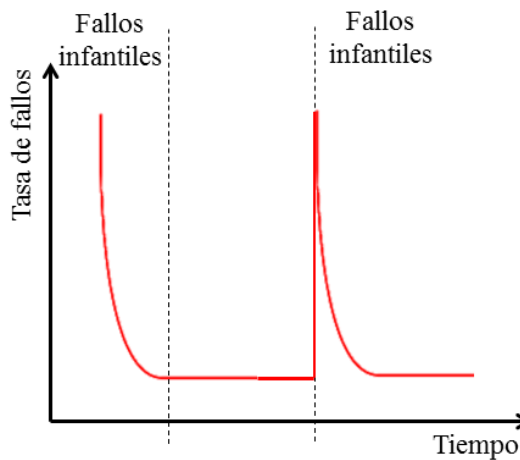


Ilustración 1.4 Mantenimiento sistemático realizado en el momento exacto. Fuente: elaboración propia a partir de la imagen en <http://queaprendemoshoy.com/que-es-el-mtbf/>

Durante la vida útil del ítem, si éste no alcanza la fiabilidad requerida en ocasiones se da un mantenimiento modificativo que consiste en reemplazar ciertas partes por otras distintas lo que provoca un incremento de fallos. Cada vez que se realiza un cambio es importante tener en cuenta que esto puede llevar asociada la necesidad de impartir formación a los operarios.

1.1.1.1.3 MANTENIMIENTO REGLAMENTARIO

El mantenimiento reglamentario está constituido por aquellas intervenciones que se realizan periódicamente por ley. El no cumplimiento de los plazos establecidos en las mismas puede suponer sanciones o paralización de la actividad. Todo ello se recoge en el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial.

Es necesario conocer quién tiene la responsabilidad en caso de incumplimiento de normativa. Hay tres tipos de responsabilidad:

- Responsabilidad social: la administración actúa por motivo de una inspección propia a la instalación o por la denuncia de un trabajador o del sindicato. Se da en los casos en que ha habido un accidente o percance y puede derivar en sanciones económicas, modificaciones o cese de actividad.
- Responsabilidad Civil: se basa en el Código Civil cuando ya se ha producido el daño o perjuicio y hay que resarcir a las personas o cosas sobre las que se ha producido el daño.
- Responsabilidad Penal: se puede dar cuando ha sucedido un accidente que ha provocado daño a personas o cosas o antes de que éste se dé. Alguien ha obrado mal, es una persona concreta y el efecto es sobre esa persona, no se puede delegar ni transferir.

En cuanto a la normativa de seguridad, también es interesante hacer una breve mención en este apartado. La herramienta fundamental para realizar la evaluación inicial de riesgos es la Ley de Prevención de Riesgos laborales de 1995, cuyo complemento es el Real Decreto 39/1997 en el que se definen los delegados de prevención (representantes de los trabajadores) y los comités de seguridad y salud que se encargan de elaborar planes y programas de prevención y de definir métodos de mejora de las condiciones de trabajo. En el Real Decreto además se incluyen directrices sobre equipos y herramientas que deben ser conocidos por los responsables de mantenimiento. Estas normas también obligan al fabricante a dar las instrucciones de cada máquina y formación específica en el caso de ser necesaria.

En esta parte se incluye también una mención al mantenimiento de seguridad, ya que guarda relación con el reglamentario. El mantenimiento de seguridad es de obligado cumplimiento bien por ley, sería el mantenimiento reglamentario, o bien por ética de la propia empresa y rigurosidad profesional. Esta segunda parte consiste en la definición de operaciones en mantenimiento y producción basadas en la experiencia y con el objetivo de aumentar la seguridad.

Mantenimiento preventivo

Una vez vistos los tres tipos de mantenimiento preventivo, se incluye una reseña a la previsión de fallos. A la hora de planificar y programar intervenciones de preventivo es interesante la combinación de información que podemos recoger de los diferentes tipos de mantenimiento. Tenemos dos situaciones posibles:

- Equipos e instalaciones en servicio, en ellas es interesante disponer de un histórico de datos del sistemático que podemos analizar estadísticamente para obtener regresiones que nos ayuden a fijar mejor los momentos de intervención. También, gracias al predictivo, tenemos un amplio estudio del entorno y un histórico en cuanto a cambios en parámetros como temperatura o vibraciones que nos ayudan a realizar estas previsiones.
- Nuevos sistemas en los que no tenemos experiencia, en ellos podemos realizar aproximaciones matemáticas y ensayos de degradación para hacer estimaciones estadísticas a partir de las cuales podamos prever la fiabilidad de estos nuevos equipos.

1.1.1.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es la corrección de fallos o averías cuando estos ya se han producido. Históricamente nace como un servicio a la producción pero en la actualidad buena parte de las empresas basan todo su mantenimiento en este tipo de intervenciones.

Puede ser, como hemos visto, programado o no programado.

- El no programado o inmediato es en el que la reparación se efectúa justo después de que se presente el fallo. Es aconsejable llevar a cabo este tipo de mantenimiento cuando el fallo supone la parada de la máquina por completo.
- El programado supone corregir el fallo cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y el material necesarios. El momento de intervención se adapta a las necesidades de producción. Se puede realizar este tipo de mantenimiento si es posible mantener el equipo operativo aun con el fallo. Una parada programada siempre es menos agresiva para la producción.

Como hemos dicho al inicio del apartado, muchas empresas españolas basan todo su mantenimiento en el correctivo, veamos las ventajas e inconvenientes que esto supone:

Ventajas

- El mantenimiento correctivo no genera gastos fijos, solo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo.
- A corto plazo es el más rentable económicamente.

Inconvenientes

- Se puede dar fallo en cualquier momento, esto hace que la producción sea impredecible. También aumenta la accidentabilidad.

- Se acorta la vida útil de los equipos.
- Hay preventivos que siempre resultan rentables como la lubricación, la limpieza o las inspecciones visuales.
- Hay que contar con técnicos muy cualificados y un gran stock de repuestos para dar una respuesta rápida ante el fallo.

Hasta ahora en el apartado solo hemos hecho referencia al mantenimiento correctivo que lleva a cabo el mantenedor, sin embargo, hay otro tipo de mantenimiento estrechamente relacionado con este que es el que lleva a cabo el propio operario de fabricación en la máquina y que es el que se explica a continuación, es el denominado mantenimiento en producción.

1.1.1.3 MANTENIMIENTO EN PRODUCCIÓN

Más conocido como TPM (Total Productive Maintenance, mantenimiento productivo total) es un sistema de organización del trabajo en el que parte del mantenimiento es realizado por el operador en la máquina, quedando a cargo del mantenedor las revisiones, inspecciones y revisiones de mayor complejidad. La filosofía básica del TPM es eliminar las pérdidas de producción debidas al estado de los equipos y mantener estos en disposición para producir a su máxima capacidad, en la calidad esperada y sin paradas no programadas. Por ello surge la necesidad de integrar el departamento de fabricación y el de mantenimiento para mejorar la productividad y disponibilidad de la máquina.

Antecedentes históricos:

El TPM ha sido utilizado desde los años 70 en la industria del automóvil de Japón con el objetivo de lograr la implantación del JIT (Just In Time, dar al cliente lo que quiere, en el momento y lugar adecuado) y desde los años 80 en Europa y Estados Unidos. La instauración de este tipo de mantenimiento basado en intervenciones por los propios operarios lleva a crear una cultura estimulante que fomenta el trabajo en equipo y la motivación de los trabajadores de fabricación.

Tenemos que tener en cuenta que hay diferentes fuentes de pérdidas, cada una de las cuales deberá ser analizado en busca de las causas y deberán de ser propuestos modos de eliminar dichas causas. Las fuentes de pérdida son:

- Fallos inesperados en los equipos.
- Puestas a punto y ajustes de la máquina.
- Marchas en vacío, ajustes menores, esperas durante la marcha normal.
- Velocidad inferior a la de diseño, el equipo no funciona a su máxima capacidad.
- Fallos en el proceso que implican la posible salida de productos defectuosos o la realización incompleta de operaciones.

La implantación del TPM se desarrolla tal como podemos ver en la ilustración 1.5.

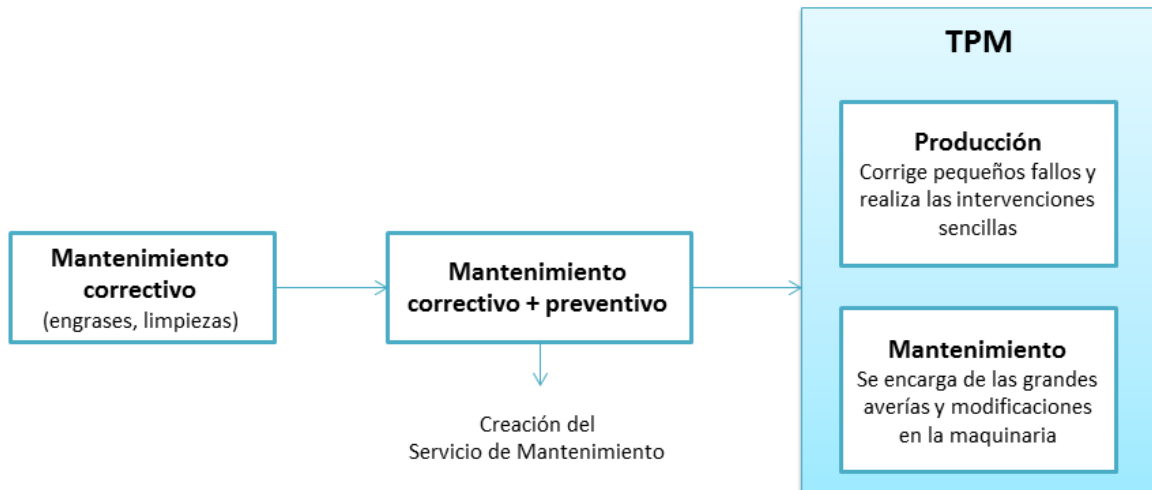


Ilustración 1.5 Implantación del TPM. Fuente: elaboración propia a partir de *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (González Fernández, Francisco Javier).

Durante esta implantación, que no suele hacerse en toda la fábrica a la vez si no por zonas, es muy importante llevar a cabo de manera continua lo siguiente:

- Revisiones continuas de la distribución en planta según vayamos introduciendo modificaciones.
- Revisión de la mantenibilidad de las máquinas. La mantenibilidad es la facilidad con la que se puede realizar una intervención de mantenimiento en la máquina, es la probabilidad con la que un ítem averiado puede ponerse de nuevo en funcionamiento en un tiempo determinado, con unas determinadas condiciones y con los medios y procedimientos establecidos.
- Definir las actuaciones de mantenimiento, determinar todos esos procedimientos que acabamos de mencionar.
- Planificación y organización de las diferentes actividades tanto de mantenimiento como de producción.
- Elaboración de los procedimientos.
- Puesta en marcha del prototipo, revisión y mejoras.
- Paso a la siguiente área.

Las ventajas y mejoras que supone la implantación del TPM son las siguientes:

- Disminuye el número de averías del equipo, sobre todo las más evidentes.
- Disminuye el tiempo de espera y de preparación de los equipos. El tiempo de respuesta es inmediato ya que el operario es el que está en contacto con la máquina y conoce el fallo en el momento en que se produce.
- Conservación del Medio Ambiente y ahorro energético, al haber menos tiempos muertos y ausencia de ciclos en vacío se mejora la vida útil de la máquina y además se ahorra energía.

- Mayor formación y experiencia de los operarios, además con la realización de estas pequeñas intervenciones se minimiza el tedio que supone el trabajo repetitivo y se lleva a un conocimiento más amplio del proceso por parte del operario.

Los problemas que pueden surgir por la implantación del TPM pueden ser externos al propio método o internos.

- Externos, tanto con los operarios de producción, los de mantenimiento como con la propia dirección:
 - Producción: puede surgir un rechazo por parte del operario al ver aumentadas las tareas que tiene que realizar.
 - Mantenimiento: los trabajadores de mantenimiento pueden sentir rechazo por la implantación del TPM debido a que ven el nuevo método como una pérdida de competencia y temen por su futuro.
 - Dirección: pueden tener dudas sobre el funcionamiento, la repercusión y los resultados.
- Internos, como consecuencia de una incorrecta implantación:
 - Plan de mantenimiento que no es totalmente eficaz.
 - Sistema de planificación, lanzamiento y control de intervenciones no efectivo.
 - Carencias en formación, mantenibilidad, logística...

Para que tenga éxito y superar estos obstáculos debemos cumplir con lo siguiente:

- Involucrar a todo el personal, desde dirección hasta los trabajadores. Sin ello la implantación del TPM no será adecuada.
- Crear una cultura corporativa orientada a obtener la máxima eficacia.
- Implantar sistemas de gestión que faciliten la eliminación de fallos antes de que se produzcan.
- Implantar un buen mantenimiento preventivo para evitar las pérdidas por avería.
- Aplicar sistemas de gestión a todos los aspectos de la producción.

Es en el mantenimiento correctivo inmediato y en el mantenimiento en producción en el que se basa el estudio realizado en Michelin, objeto del presente trabajo.

1.1.2 BREVE HISTORIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Una vez vistas las definiciones y teniendo claros los conceptos, vamos a ver la evolución histórica del mantenimiento a lo largo del siglo XX. Podemos diferenciar tres grandes etapas si bien la frontera temporal es algo difusa entre ellas ya que la evolución, en función del sector de la industria al que nos refiramos, es completamente distinta. Por ejemplo, la aeronáutica ha estado tradicionalmente mucho más adelantada a este respecto que la industria automovilística, la ferroviaria o la más puramente industrial. Vamos a ver cada uno de estos periodos con detalle y a continuación veremos cómo es el mantenimiento hoy en día.

1.1.2.1 PRIMERA GENERACIÓN

La base del mantenimiento es el correctivo, por tanto simplemente se repara en caso de avería. El mantenimiento comienza a ser tenido en cuenta hacia los años 20. A finales de la Segunda Guerra Mundial ya surgen las lubricaciones y engrases periódicos, que forman parte del mantenimiento preventivo, unidos a estas intervenciones tras avería.

1.1.2.2 SEGUNDA GENERACIÓN

Entre los años 50 y finales de los 70 se llevan a cabo revisiones cíclicas, surgen los primeros sistemas de planificación y control y se comienzan a informatizar datos, generándose las primeras bases de datos. Todo ello con el objetivo de conseguir una mayor disponibilidad de la planta, incrementar la duración y fiabilidad de los equipos y disminuir los costes.

Nos encontramos históricamente en una situación de grandes avances ligados a la industria armamentística además de una gran competencia industrial sumada a la incorporación al mercado de los grandes fabricantes orientales.

El mantenimiento pasa a estar formado no solo por correctivo sino también por preventivo mediante revisiones cíclicas. En cuanto a los recursos humanos, solo deben hacer lo que se les exija, sin cuestionarse nada.

1.1.2.2.1 TRINOMIO FIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, COSTES.

A principios de los años 80 llegamos a un momento de estancamiento en el que los índices de fiabilidad, disponibilidad y costes están estabilizados y la mejora de uno supone el empeoramiento de los otros dos. Vamos a analizar el trinomio fiabilidad, disponibilidad y costes, comenzamos por la definición de cada concepto:

- La fiabilidad es la capacidad de un ítem para efectuar su función en unas condiciones y con un rendimiento definidos durante un periodo de tiempo y unos ciclos determinados. Nos da la probabilidad de que el ítem funcione correctamente en esas determinadas condiciones y ese periodo de tiempo.
- La disponibilidad es la capacidad de un ítem para efectuar su función en un determinado momento o periodo de tiempo con unas condiciones y rendimientos definidos. Es la probabilidad de que un ítem pueda encontrarse disponible para su utilización, esto no implica necesariamente que el equipo esté funcionando sino que está en condiciones de funcionar. En la práctica es la relación entre el tiempo de operación (tiempo real de funcionamiento produciendo) y el tiempo total que se necesita que funcione (tiempo total durante el que se hubiera querido producir).
- Costes: tenemos que diferenciar entre
 - Directos, gastos en la propia mano de obra, en los repuestos, en la contratación de servicios. También se incluye la parte proporcional de la supervisión y medios empleados en la revisión, reparación y reposición del ítem.

- Indirectos, gastos derivados de las pérdidas de producción, rendimiento, calidad e imagen así como los daños a la seguridad y el medio ambiente que ocasione la avería.

En el apartado 4.3 *Gestión económica* se detalla en profundidad lo referente a los costes.

En este trinomio en el que buscamos la mayor disponibilidad, la mayor fiabilidad y el menor coste posible, se concentran los esfuerzos organizativos. Este esfuerzo tiene una evolución en el tiempo como la que se ve en la ilustración 1.6.

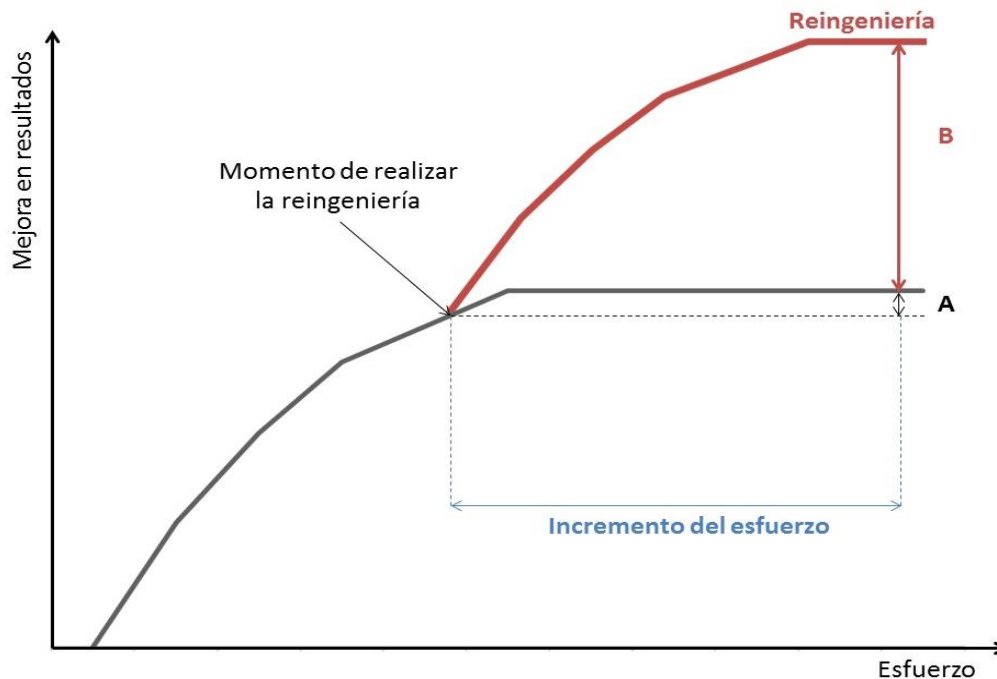


Ilustración 1.6 Evolución temporal de la relación entre esfuerzo y resultados. Fuente: elaboración propia a partir de *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (González Fernández, Francisco Javier).

En esta imagen vemos que llegado cierto punto de estancamiento en el que por mucho esfuerzo que volquemos las mejoras no aumentan es mejor realizar un cambio drástico ya que si no estaremos volcando nuestros esfuerzos en lograr mínimos incrementos de mejora. Es decir, tal como vemos en el gráfico, para un mismo incremento del esfuerzo, si no realizamos reingeniería obtendríamos una mejora A mientras que si sí que la realizamos la mejora sería considerablemente mayor, B.

La reingeniería es ese cambio drástico organizativo y supone hacer una revisión fundamental y profunda de todos los procesos para analizar el valor añadido que tienen para los clientes. Hay que reflexionar sobre por qué se hacen las cosas así y llegar a la raíz de cada procedimiento. Para que la reingeniería tenga éxito se exige un cambio total.

1.1.2.3 TERCERA GENERACIÓN

Entre los años 80 y mediados de los 90, lo más distintivo es la búsqueda de la calidad total. Para ello se llevan a cabo estudios de análisis de riesgo para saber el riesgo exacto

que supone el fallo y qué sale más rentable si dejarlo estar o repararlo; análisis de causas y efectos, analizando la avería en su contexto operacional; mantenimiento preventivo solo si es de obligado cumplimiento, es decir, por normativa, ya que en este momento los mantenimientos reglamentarios son cada vez más específicos y, por último, monitorización de parámetros de cara a la realización de predictivos mediante la realización de diseños que aseguren la sencillez en la mantenibilidad de la máquina.

Lo que se busca, además de lo que ya se perseguía en la segunda generación, es:

- Incremento de la seguridad, con emisión de normas y leyes que regulan la actividad.
- Mejora en la calidad de productos y servicios, con normas como la ISO 9000
- Protección del medio ambiente, con normas como la ISO 14000
- Aumentar la duración de los equipos mediante el análisis del ciclo de vida.

1.1.2.4 EL MANTENIMIENTO EN LA ACTUALIDAD.

Principalmente el mantenimiento se basa en sistemas como el TPM, ya tratado con anterioridad, y el RCM (Reliability centered maintenance, mantenimiento centrado en la fiabilidad) que vamos a ver a continuación.

El RCM trata de buscar mejora de resultados en base a:

- Analizar cada fallo de forma estricta y profunda con una metodología rigurosa y auditable, estudiando el modo y forma en que se producen las averías y cómo estas se traducen en costes y repercusiones.
- Realizar un mantenimiento útil, de forma planificada, avanzada y proactiva.
- Hacer auditorías imparciales antes de implementar la nueva técnica definida.
- Contar con el apoyo activo y la cooperación de todo el personal.

Las conclusiones que se obtienen del análisis RCM se pueden consultar en la ilustración 1.7, como vemos solo hay un 11% de componentes sobre los que el mantenimiento preventivo puede ser eficaz. Este 11% se compone de un 6% de casos en los que existe un aumento real de la tasa de fallo a partir de una edad y un 5% en el que dicha edad no se puede determinar. En el 89% restante el desgaste y la tasa de fallos no tienen relación. Teniendo todo en cuenta, el mantenimiento preventivo debe seguir haciéndose pero en base a un estudio que constata su utilidad. Además se seguirán llevando a cabo preventivos para modificaciones y mejoras, acciones formativas y demás medidas que atenúen el fallo.

Los demás aspectos del mantenimiento en la actualidad se describen a continuación:

- La gestión está orientada a resultados y clientes, es decir, los resultados con los que medimos la actividad son los que el cliente percibe en el producto.
- Contratación compartiendo riesgos y resultados, esto es, la externalización de parte del mantenimiento se hace con una filosofía ganador – ganador. La finalidad es hacer un contrato atractivo de tal modo que la empresa externa

busque la mejora continua. Se hace mediante penalizaciones si el resultado es negativo y bonificaciones si es positivo, con lo que se logra una mayor motivación e implicación de dicha empresa exterior.

- Se buscan certificaciones de calidad y medio ambiente.
- Aplicar el benchmarking a todos los niveles. El benchmarking es una comparación total de nuestra empresa respecto a nosotros mismos (resultados anteriores) y respecto a las mejores empresas del sector para saber cómo consiguen sus mejoras.
- Análisis de riesgos y también de causas y efectos. Ver los riesgos que me supone el fallo y comprobar si me sale más rentable esperar a que se produzca y reparar o evitar que se produzca. Analizar las causas de los fallos ya que si un mismo fallo tiene diferentes causas habrá que tomar diferentes actuaciones sobre cada una de ellas.
- Reingeniería para aumentar la disponibilidad y la fiabilidad a la vez que se disminuyen los costes.
- Observancia normativa, ya que cada vez hay más normas que cumplir porque el mercado es global.

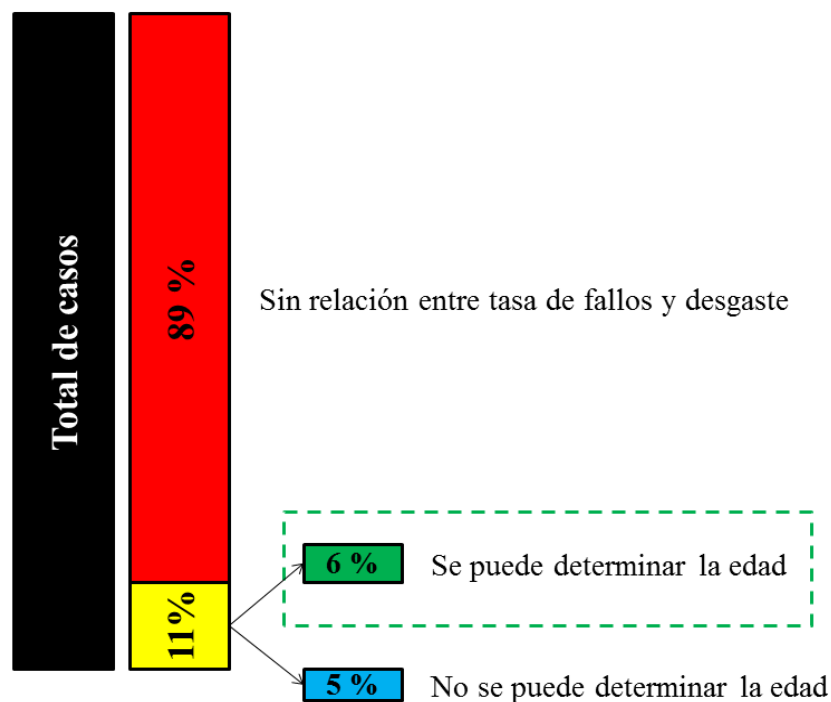


Ilustración 1.7 Conclusiones del RCM. Fuente: elaboración propia.

1.1.2.5 LA SITUACIÓN EN ESPAÑA

Según la Asociación Española de Mantenimiento, en 2010 la situación del mantenimiento era tal como se describe a continuación. El medio utilizado por la Asociación para obtener la información es mediante el envío de encuestas a distintas empresas del sector industrial.

El 75% de las empresas españolas tienen centros de trabajo a turnos. Un 46% de las estos centros trabajan tres turnos al día, 365 días al año. En ellas es indispensable que la organización esté muy coordinada para que no se pierda información y para que la transmisión de la misma entre los diferentes turnos sea correcta. Es importante también designar mandos intermedios para que se responsabilicen de esta transmisión de información, han de ser personas con conocimiento en materia laboral y del reglamento que además han de tener capacidad de liderazgo.

La edad media de las instalaciones españolas es de 20 años, esto significa que tanto la maquinaria como los sistemas utilizados en ella son relativamente antiguos y, por tanto, hay muchos vicios que quitar.

En cuanto a la organización de la empresa, en el 11% de los casos el departamento de mantenimiento depende de la dirección de producción, esto no debería ser así. Lo ideal es que ambos departamentos dependan de la dirección.

En cuanto a los costes, en el 89% de las empresas españolas se tiene en cuenta a mantenimiento en el presupuesto anual y se controla su gasto. Este gasto en mantenimiento se divide en 30% en el propio personal de la plantilla, otro 30% en repuestos y materiales y un 40% en trabajos contratados a empresas externas.

El control de los costes de mantenimiento se hace normalmente con el sistema de Órdenes de Trabajo, implantado en el 92% de las empresas españolas. De estos sistemas un 52% incluye control de materiales, personal propio y actividades contratadas lo que da información muy útil desde el punto de vista contable. Un 43% incluye control sobre equipos y máquinas, lo que nos ayuda a conocer la conflictividad real y tener datos estadísticos sobre fiabilidad y disponibilidad de la máquina. El 5% es heterogéneo y no hace divisiones tan claras.

Por otra parte, un 57% de las empresas españolas busca el aumento de la externalización. De la parte que en el momento del estudio contaba con los servicios de mantenimiento externalizados, un 41% de las empresas lo hacía mediante contratos de precio cerrado, un 28% fijando el precio por horas, un 6% contratando un mantenimiento integral y el 25% restante no especifica el tipo de contrato.

En cuanto al reparto entre los tipos de mantenimiento, en un 25% de las empresas españolas el 30% es preventivo y reglamentario mientras que el 70% es correctivo. En un 72% de las empresas la relación es 50 – 50.

El 97% de las empresas tienen sistemas informáticos de mantenimiento. Se nota una tendencia a incluir sistemas que sustituyan preventivos rutinarios por predictivos.

Por último, respecto al personal, en la plantilla se busca la polivalencia y conocimientos técnicos, hay una cierta tendencia a disminuir la plantilla por medio de la transferencia de actividades a producción y externalización de actividades. En cuanto al director o jefe de mantenimiento, un 88% de los mismos son ingenieros con alrededor de 9 años de antigüedad en la empresa.

1.1.3 EL MANTENIMIENTO COMO PARTE DE LA INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN

Se incluye este apartado como justificación de la necesidad de incluir el mantenimiento industrial dentro de las áreas de estudio del ingeniero en organización.

La organización industrial es la rama de la ingeniería que hace de puente entre los conocimientos tecnológicos, la gestión empresarial y las necesidades de las personas. Un ingeniero en organización se encarga de:

- Generar soluciones a problemas de funcionamiento o diseño en las empresas.
- Establecer diagnósticos de carácter estratégico ante diferentes situaciones de las empresas. Evaluar cada posible alternativa desde diferentes criterios, determinando cada uno de ellos en función de las diferentes posibilidades de los actores involucrados.
- Comprender las relaciones entre estrategia y diseño de la organización, las condiciones de funcionamiento, el entorno económico, político, social, medioambiental, normativo y tecnológico en el que desarrolla su actividad.
- Conocer las tendencias dominantes en cada entorno.
- Ser capaz de desarrollar la estrategia de la organización y también la gestión de la información, de los procesos y del conocimiento.
- Modelar diferentes problemas, ser capaz de resolverlos e interpretar e implementar los resultados obtenidos.

Por otra parte, la finalidad del mantenimiento industrial como hemos visto a lo largo de este capítulo, se puede resumir en:

- Evitar y reducir los fallos. En caso de que aparezcan, repararlos y disminuir su gravedad.
- Evitar detenciones inútiles de la maquinaria.
- Aumentar la seguridad para las personas, disminuir accidentes e incidentes.
- Disminuir los costes.
- Prolongar la vida útil de los bienes, conservarlos en las condiciones de operación.

Como vemos, es necesario que la ingeniería de organización participe en la toma de decisiones de mantenimiento. El mantenimiento no se debe ver como una simple reparación de máquinas, se debe tener en cuenta en la gestión ya que de él depende en gran medida la productividad de la maquinaria.

El ingeniero de organización en el área de mantenimiento se encarga de determinar el número de efectivos por máquina, la puesta de incentivos al personal, la distribución del mantenimiento entre correctivo y preventivo y la implantación de sistemas informáticos de control de la información. También se encarga de lo relativo a los costes, debe justificar las inversiones y la compra de las piezas de repuesto. Se incluyen en sus tareas

la realización de estudios para valorar la conveniencia de externalizar actividades y determinar qué parte del mantenimiento es interesante realizar con personal propio y qué parte sería interesante subcontratar. Por otra parte, también se encargara de las distribuciones en planta referentes al mantenimiento, como puede ser la ubicación del sector de mantenimiento dentro de la fábrica, la localización de los almacenes de repuesto y la colocación de los útiles dentro del almacén entre otras muchas posibles tareas. Por último, el ingeniero en organización industrial junto con otros profesionales de ramas más técnicas se encargaría de la realización de los análisis de averías que tienen como objetivo identificar las causas de los fallos y determinar las actuaciones de prevención para evitar que se produzcan.

1.2 LA EMPRESA, MICHELIN

1.2.1 EL NEUMÁTICO

1.2.1.1 LA EVOLUCIÓN DEL NEUMÁTICO

Como bien es sabido Michelin es una empresa del sector manufacturero encargada, principalmente, de la fabricación y renovación de neumáticos para múltiples vehículos. Es por ello que se incluye este apartado sobre la historia del neumático para tener una visión global del entorno donde nace el mismo.

Antes de hablar del neumático propiamente dicho es interesante hacer una reseña al proceso de vulcanización, a partir del cual surgió. La vulcanización consiste en someter al caucho a altas temperaturas en presencia de azufre lo cual consigue dar a la mezcla unas interesantes propiedades de resistencia y homogeneidad. Este proceso fue ideado por Charles Goodyear (1800 – 1860) en Connecticut, Estados Unidos. Por otra parte, en Reino Unido, Thomas Hancock (1786 – 1865) se interesó por el proceso inventado por Goodyear y continuó investigando, con lo cual logró desarrollar la maquinaria necesaria para realizar el proceso de forma industrial y pudo abrir las primeras fábricas a este respecto en Europa.

Sin embargo, el origen del neumático como tal corre a cargo de John Boyd Dunlop (1841 – 1920) ya que fue él quien desarrolló el primer neumático con cámara de aire. El invento fue debido a que Dunlop quería hacer más confortable el triciclo de su hijo y por ello fijó a las ruedas originales un tubo de caucho sellado e hinchado con aire a elevada presión, el resultado se puede ver en la ilustración 1.8. En 1889 Dunlop abrió su primera fábrica de neumáticos para bicicleta. También cabe destacar la tenacidad de Gustave-Adolphe Clément quien colocó los neumáticos de Dunlop en sus bicicletas, lo que supuso una revolución en el mundo de la movilidad. Tanto la empresa alemana Continental como la italiana Pirelli llevaban fabricando caucho para otros usos desde 1871 y 1872 respectivamente y es a partir de 1891 cuando ambas pasan a dedicarse a la fabricación de neumáticos.

En esta época eran muy populares las carreras de ciclismo donde, lógicamente, los neumáticos tenían una gran importancia. Los neumáticos a los que nos estamos refiriendo eran tubos de caucho rellenos de aire a presión y unidos a la llanta con anillas

lo que suponía que al pincharse habían de ser invertidas varias horas en el cambio por uno nuevo tarea que debía ser realizada por un profesional. Es aquí donde entran en juego los hermanos Michelin (ilustración 1.9). André (1853 – 1951) y Edouard (1859 – 1940) Michelin inventaron el neumático desmontable en 1891, este neumático constaba tanto de la cubierta como de la cámara de aire lo que hacía mucho más fácil la reparación, que podía ser realizada por cualquiera en tan solo media hora. Gracias a este nuevo tipo de neumático el ciclista Charles Terron (ilustración 1.10) logró una victoria con una antelación sin precedentes en la carrera de París – Brest – París (1200 kilómetros). Estos neumáticos desmontables se adaptaron en 1895 a los automóviles revolucionando asimismo este medio de transporte. A partir de 1896 se comenzaron a comercializar automóviles que circulaban sobre neumáticos de este tipo.



Ilustración 1.8 Neumático inventado por Dunlop. Fuente: <http://www.neumaticosbaratosweb.com/dunlop/>



Ilustración 1.9 Hermanos Michelin. Fuente: <http://cochesmiticos.com/los-primeros-neumaticos-historia/>



Ilustración 1.10 Charles Terron. Fuente: <http://www.terra.org/categorias/comunidad-ecotransporte/el-neumatico>

En Estados Unidos surgieron las empresas de Goodyear en 1898 y Firestone (posteriormente Bridgestone) en 1899, ambas se dedican a la fabricación del neumático con talón, en el cual la fijación a la llanta se realizaba con alambres de acero trenzado e incorporaron mejoras en este tipo de neumático.

Posteriormente, en 1937, el caucho se mezcla con el acero y Michelin patenta el *Métalic*, el primer neumático con carcasa de acero que resistía mejor el calentamiento y las cargas elevadas, estaba destinado a camiones. En torno a 1950 se desarrolló la estructura de capas radiales en el neumático que consistía en colocar los diferentes materiales unos sobre otros en línea recta lo que dotaba de mayor estabilidad y resistencia a la cubierta.

1.2.1.2 EL NEUMÁTICO EN LA ACTUALIDAD

Hoy en día el neumático Michelin consta de diversas capas de múltiples materiales tal como vemos en la ilustración 1.11. Cada una de estas partes viene descrita en la propia página web de la empresa tal como se cita a continuación:

1. Revestimiento de goma interior: Es una capa de caucho sintético estanca al aire. Esta capa se encuentra en el interior del neumático y hace la función de cámara de aire.
2. La carcasa: La carcasa es una estructura flexible formada por hilos (textiles o de acero) embutidos en goma que forman arcos rectos y se enrollan en el aro de talón del neumático. Sobre la carcasa se colocan el resto de lonas y capas de goma que conforman el neumático. En una carcasa de neumático de coche, existen unos 1400 cables, cada uno de ellos puede resistir una fuerza de 15 kg. Sus funciones son:
 - Soportar la carga y la velocidad con ayuda de la presión.
 - Participar en la estabilidad y el confort.
 - Participar en el rendimiento y eficiencia energética de la cubierta.
3. Zona baja: Tiene el papel de transmitir el par motor (potencia del vehículo) en la aceleración y en la frenada de la llanta hacia la zona de contacto con el suelo.
4. Aro de talón: Es la parte de la cubierta que se fija y ajusta a la llanta. Está formado por un cable de acero inextensible, de forma y proporción variable según la dimensión y tipo de neumático. Un aro puede soportar hasta 1800 kg sin riesgo de rotura y es en él donde se enrolla la lona carcasa. Sus funciones son:
 - Fijar el neumático a la llanta.
 - Hacer estanco al neumático.
 - Transmitir el par motor (la potencia del motor del vehículo) en los esfuerzos de aceleración y frenada.
5. Flanco: El flanco es la zona comprendida entre la banda de rodadura y los talones de la cubierta. El flanco es el encargado de dar la altura de la cubierta. Sus funciones son:
 - Soportar la carga
 - Soportar las constantes flexiones mecánicas
 - Proporcionar resistencia a los roces y a las agresiones
 - Participar en la estabilidad y en el confort
6. Lona de cima: Está constituida por cables metálicos revestidos de goma.
7. Lona de cima: esta segunda lona es exactamente igual que la primera y se posiciona sobre la carcasa formando un cinturón que garantiza la resistencia mecánica del neumático a la velocidad y a la fuerza centrífuga. Las lonas que

forman el cinturón se cruzan oblicuamente y se pegan una encima de la otra. El cruce de sus hilos con los de la carcasa forma triángulos indeformables, que garantizan la rigidez de la cima. Estas capas, que rodean toda la cima del neumático formando un cinturón, desempeñan un papel muy complejo:

- Tienen que ser lo bastante rígidas en el sentido circunferencial del neumático para no extenderse bajo el efecto del centrifugado y para controlar perfectamente el diámetro del neumático, independientemente de las condiciones de uso.
 - También tienen que ser rígidas en sentido transversal para resistir a los esfuerzos de deriva.
 - Tienen que ser muy flexibles en sentido vertical para "beberse el obstáculo".
8. **Banda de rodadura:** La banda de rodadura es la parte del neumático que está en contacto con el suelo y está formada por una capa de goma en la que se realizan una serie de ranuras que dan origen al dibujo o escultura. Sus funciones son:
- Proporcionar adherencia en suelo seco y mojado.
 - Dotar al neumático de la duración y resistencia tanto al desgaste como a las agresiones que éste requiere.
 - Participar en la baja resistencia a la rodadura.
 - Participar en el confort acústico (sonoridad en el rodaje).
 - Participar en la direccionalidad y manejabilidad del vehículo.
 - Función estética, dar un aspecto impecable al neumático para que este resulte agradable al usuario. Recordemos que el neumático Michelin lleva asociado este concepto y que para muchos usuarios es importante que estéticamente la cubierta se conserve en buenas condiciones.

En la zona de contacto con el suelo, la banda de rodadura sufre y soporta esfuerzos muy importantes.



Ilustración 1.11 Partes del neumático Michelin. Fuente: página web de Michelin.

Además el neumático al tratarse de un producto de alta tecnología que constituye el único punto de unión entre el vehículo y el suelo debe cumplir con una serie de funciones:

- Soportar el peso del vehículo parado y también resistir las sobrecargas dinámicas que se producen en aceleración y frenada.
- Transmitir la potencia útil del motor, los esfuerzos en curva, en la aceleración y en la frenada.
- Rodar regularmente, de forma más segura y por más tiempo dotando a la conducción del mayor placer posible.
- Guiar al vehículo con precisión, por cualquier tipo de suelo y condición climática.
- Amortiguar las irregularidades de la carretera, asegurando el confort del conductor y de los pasajeros y la duración mecánica del vehículo.
- Durar, es decir, mantener el mejor nivel de prestaciones durante su vida útil haciendo muchos millones de vueltas de rueda.

1.2.2 HISTORIA DE MICHELIN

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, la empresa tal como la conocemos hoy en día fue fundada por los hermanos André, ingeniero, y Edouard, pintor, en Clermont – Ferrand (Francia). Ambos son los inventores del neumático desmontable (1891) con el que el ciclista Terron alcanzó la victoria ese mismo año. El siguiente paso dado fue la incorporación de los neumáticos a los carruajes que circulaban por las calles de París.

En 1894 ya existían los automóviles, pero circulaban sobre ruedas de caucho macizo con banda de rodadura metálica. Esto provocaba que no se absorbieran los impactos del terreno con lo cual el viaje resultaba incómodo para los pasajeros y las piezas del vehículo sufrían tanto con los golpes que llegaban a desmontarse convirtiendo el viaje en una auténtica odisea. En 1895 los hermanos Michelin fabricaron un automóvil con sus propios neumáticos, L'Eclair (ver ilustración 1.12). En esta época el automóvil alcanzaba velocidades máximas de 61 km/h y la accidentabilidad era un problema creciente puesto que no había carreteras en buenas condiciones, los habitantes de las ciudades no estaban acostumbrados a ellos y no existía señalización alguna.

En 1898 surgió Bibendum, la mascota de Michelin que perdura como imagen de la marca hasta la actualidad. Fue idea de los hermanos Michelin al ver una pila de neumáticos e imaginarlo como un hombre añadiéndole brazos y piernas. Entonces el diseñador O'Galop diseñó el primer cartel publicitario (ilustración 1.13). La importancia de Bibendum reside en su contribución al nacimiento del marketing actual al otorgar a la empresa una mascota y un eslogan repetitivo. A lo largo de los años se han producido varias modificaciones en él de cara a actualizarlo y adaptarlo a los requerimientos del momento como podemos ver en la ilustración 1.14.

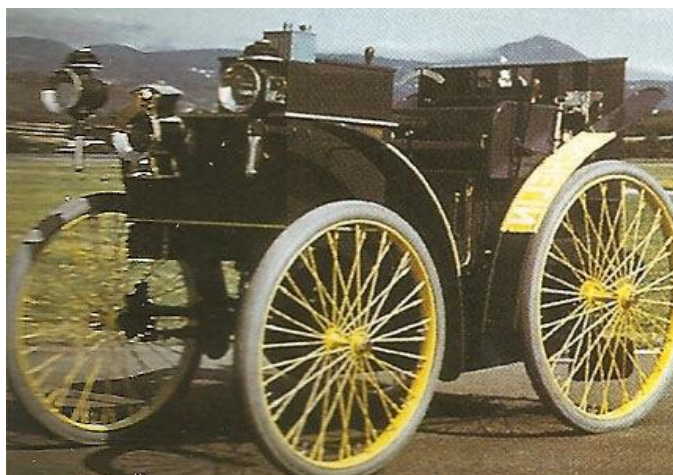


Ilustración 1.12 Automóvil L'Eclair desarrollado por los hermanos Michelin. Fuente:
<http://cochesmiticos.com/los-primeros-neumaticos-historia/>



Ilustración 1.13 Primera aparición de Bibendum en un cartel publicitario. Fuente:
<http://blog.i-neumaticos.es/tag/bibendum/>



Ilustración 1.14 Evolución de Bibendum con el tiempo. Fuente:
 página web de Michelin

En 1900 se crea la guía Michelin, otra idea publicitaria en la que se pretendía recoger los mejores restaurantes para promover que los propietarios de los automóviles viajaran para ir a los mismos. A partir de 1910 esta guía incluye también mapas detallados.

Michelin era a principios del siglo XX una empresa con grandes beneficios, la más puntera en cuanto a fabricación y con los costes de producción más bajos lo que le permitía elegir los precios. El margen de beneficio fue utilizado como inversión en publicidad y campañas en el extranjero. Es entonces cuando Michelin abrió fábricas en Italia y Estados Unidos y se comenzaron a fabricar neumáticos para motocicleta.

El crack del 29 afectó también a Michelin al tratarse de un periodo de aumento de paro y recesión, se produjeron grandes despidos de trabajadores en las fábricas del grupo. En los años 30 también se abrieron nuevas fábricas dentro y fuera de Europa mientras se siguió investigando con lo que se logró obtener la aleación de caucho y acero.

Tras la II Guerra Mundial, en 1946 Michelin lanzó el neumático radial que tenía las capas cruzadas para que no se deformara. Este neumático supuso una verdadera revolución tecnológica, ya que la nueva arquitectura favorecía la comodidad, la durabilidad y la alineación del vehículo con la carretera.

En los años 50 se dio un periodo de crecimiento económico y pleno empleo que permitió aumentar la producción. En ese momento Michelin vendía sus productos en 140 países.

En 1973 tuvo lugar la primera crisis del petróleo, lo que implicó la ralentización de la economía mundial, Michelin ocupaba en ese momento la sexta posición del mercado. En estos años Michelin se hizo fuerte debido a la Fórmula 1 donde Renault y Ferrari competían utilizando sus neumáticos. En 1980 Michelin era líder del mercado mundial.

En los años 90 se abrieron fábricas en Japón, Tailandia, China y se aumentó la presencia en Estados Unidos. Es entonces cuando tuvo lugar una gran reforma organizativa en la empresa con cambios en prácticamente la totalidad de roles y responsabilidad. Se pretendía cambiar el enfoque basado en la producción por otro basado en el mercado y los clientes. Además cabe destacar la gran relevancia de Michelin en el mercado aeronáutico con presencia tanto en Boeing como en Airbus.

En los siguientes años se continuó la expansión hacia Sudamérica y el este de Asia. En cuanto a la cultura organizativa se perseguía el cumplimiento de objetivos con reuniones diarias y semanales.

Actualmente, Michelin cuenta con más de 100.000 empleados con presencia comercial en más de 170 países, con 72 plantas de producción en 19 países y tres centros tecnológicos. Algunos datos relevantes son:

- En 2009 se produjeron más de 150 millones de neumáticos y 10 millones de mapas y guías.
- Sus ventas netas alcanzaron los 14,800 millones de euros
- El 80% de neumáticos vendidos en el mercado de remplazo fueron Michelin tanto de turismo como de camioneta.

Concretamente, en España más de 8.000 personas trabajan para Michelin. La sede social se encuentra en Tres Cantos (Madrid). Además hay cuatro grandes fábricas en Lasarte, Vitoria, Aranda de Duero y Valladolid en las cuales se producen neumáticos para turismo, camión, agrícola e ingeniería civil. También hay un Centro de Experiencias en Almería donde se ensayan los neumáticos producidos en diferentes fábricas del grupo.

1.2.3 VISIÓN, MISIÓN Y OBJETIVOS DEL GRUPO

La visión de la empresa es el lugar a donde se quiere llegar, cómo se quiere ver la empresa a largo plazo. En el caso de Michelin es el compromiso a desarrollar su actividad de una manera responsable. Esto incluye aportar soluciones cada vez más eficientes para satisfacer las expectativas y aspiraciones de los clientes y accionistas, lo

que significa respetar el medio ambiente y al mismo tiempo asegurar la viabilidad económica de la Empresa.

La misión de una empresa es un enunciado breve y claro de las razones que justifican la existencia, propósitos o funciones que la organización desea satisfacer. Desde que se fundó la empresa la misión de Michelin ha sido la de contribuir al progreso de la movilidad de bienes y personas, y más allá de esto, al desarrollo de la sociedad. Actualmente la misión de Michelin se define como la mejora de la movilidad mediante la puesta en práctica de sus valores fundamentales de respeto a los clientes, respeto a las personas, respeto a los accionistas, respeto al medio ambiente y respeto a los hechos.

En base a la misión y la visión la empresa establece objetivos, en este caso el principal es satisfacer la necesidad fundamental humana de socializarse, intercambiar y descubrir.

En una visión integral de la empresa, la estrategia de la misma se debe traducir en un conjunto de indicadores simples e identificadores de los resultados de cada departamento. Los indicadores deben estar alineados con los objetivos de la empresa y se refieren a clientes, procesos, recursos y costes.

1.2.4 LA FÁBRICA DE VALLADOLID

El estudio ha sido realizado en la sede que la empresa tiene en Valladolid, a continuación se presenta esta fábrica y las distintas actividades que en ella tienen lugar.

La fábrica se comenzó a construir en 1972, el primer neumático se produjo en 1973 y al año siguiente salió del servicio de fabricación de producto semi-terminado la primera mezcla negra. Un año más tarde se construyó el taller de agrícola con neumáticos para tractor y comenzó la fabricación en él. Del mismo modo comenzó la actividad en el taller de recauchutado (posteriormente denominado renovado) de ruedas de camión.

En torno a 1985 se puso en marcha el departamento de organización, dada la tradicional preocupación de la empresa por la gestión de la calidad y la evolución técnica y productiva. Al mismo tiempo en el taller de turismo se llevó a cabo una importante automatización, lo que implicó un aumento de la capacidad de producción y una especialización del sector de mantenimiento para poder disponer de ellas con un funcionamiento óptimo.

A finales de los 90 el taller de turismo pasó a fabricar principalmente neumáticos de media y alta gama. Es entonces cuando se consiguió la certificación ISO 14001, con lo que la fábrica demostró su compromiso con el ahorro energético y la reducción del impacto ambiental.

En 2006 se automatizó una parte del taller de agrícola, hasta entonces completamente manual. En 2008 se sumó una nueva línea de fabricación en turismo a las dos ya existentes.

En el momento actual más de 1500 personas trabajan en Michelin Valladolid en las diferentes actividades. De la fábrica de Valladolid se envían neumáticos tanto de

reemplazo como de primera puesta para marcas como BMW, Ford, Opel o Renault. Michelin también apuesta por la energía limpia, gracias al acuerdo que tiene con Cenit Solar en las cubiertas de la factoría vallisoletana hay 30.240 módulos fotovoltaicos de teluro de cadmio para producir electricidad (es la décima más grande del mundo con estas características). A continuación, las actividades desarrolladas en la fábrica van a ser detalladas puesto que durante la realización del estudio se pudieron realizar visitas guiadas a cada una de ellas. En la ilustración 1.15 se puede consultar un esquema del proceso completo de producción del neumático:

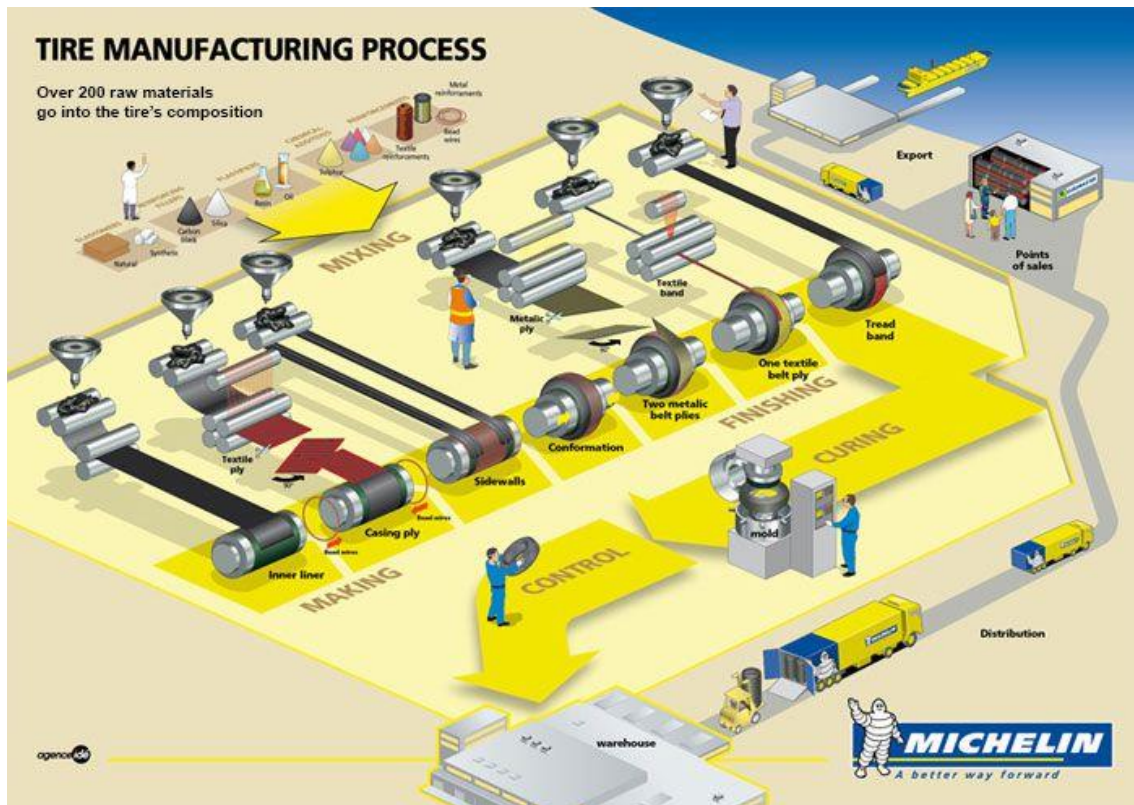


Ilustración 1.15 El proceso completo de fabricación del neumático. Fuente: página web de Michelin

- Mixing (Mezclas): llegan materias primas y se fabrican las diferentes calidades de goma, esto se lleva a cabo en el taller de elaboración de producto semi-terminado.
- Making (Confección): en la imagen se ve la preparación de la goma, taller de preparación, y la colocación de la misma en unos tambores, confección. De la confección se obtienen las carcasas. Es un proceso común para neumáticos de agrícola y turismo.
- Finishing (Terminación): del mismo modo la primera parte corresponde a la preparación de la goma, en este caso una parte de la misma se realiza en el taller de preparación y otra en una máquina independiente colocada junto a la propia línea de fabricación. Es también un proceso común para la producción de neumáticos de turismo y de agrícola. De este proceso, terminación, se obtienen neumáticos crudos.

- Curing (Cocción): el neumático crudo se cuece y da lugar a una cubierta o neumático (la cubierta es solamente la parte de la goma, el neumático puede referirse según los casos a la cubierta más la llanta u otros elementos, en esta fábrica sólo se producen las cubiertas propiamente dichas, a lo largo del texto cuando se haga referencia al término neumático será en el sentido únicamente la cubierta).
- Control (Verificación): una vez tenemos la cubierta o neumático terminado, este es sometido a una serie de pruebas para validar su calidad. Una vez superadas, es almacenado y está listo para ser transportado a su destino final.

1.2.4.1 ELABORACIÓN DE PRODUCTO SEMI-TERMINADO:

El neumático es un producto que utiliza una amplia variedad de materias primas, para su fabricación se utilizan más de 200 materiales con un origen externo de diferentes proveedores o interno de la propia firma, que se pueden agrupar en cinco grandes bloques:

- Caucho natural. Principal componente de la banda de rodadura de los neumáticos, tiene una gran resistencia a la abrasión. Proviene de diferentes proveedores para asegurar la calidad, además la propia empresa cuenta con plantaciones de hevea en Nigeria y Brasil.
- Caucho sintético. Elemento esencial en la escultura de los neumáticos de turismo, vehículos comerciales y 4x4. El caucho sintético es un derivado del petróleo con buenas prestaciones para garantizar la adherencia.
- Negro de carbono y sílice. Se utilizan para reforzar el neumático y mejorar sus propiedades de desgaste. Es un subproducto del petróleo, aporta el color característico de la cubierta y la resistencia al desgaste. Se almacena en unos grandes silos verdes y de ellos es enviado automáticamente al taller para mezclarlo con el resto de componentes.
- Cables metálicos y textiles. Constituyen el esqueleto del neumático y garantizan su geometría y rigidez. Estos materiales son utilizados en la siguiente fase, la preparación, por tanto no serán analizados en la explicación de la actividad de fabricación de semi-terminados.
- Productos químicos. Dan al neumático propiedades específicas como la baja resistencia a la rodadura o el agarre.

La actividad de fabricación de producto semi-terminado es un proceso continuo prácticamente automatizado en su totalidad. Como primer paso se preparan todas las materias primas:

- El caucho es triturado para que tenga un tamaño menor y más manejable. Como cada calidad lleva una determinada cantidad de cada elemento es necesario pesar y ajustar las cantidades de cada uno de ellos.
- Los productos químicos son pesados y puestos en bolsas en un sistema automático que descarga la cantidad necesaria de cada elemento. Podemos ver estas bolsas en la ilustración 1.16 al final del capítulo.
- El negro de carbono, como ya hemos dicho, es enviado en la cantidad necesaria desde los silos.

Una vez se dispone de todos los elementos pesados y cuantificados, se lleva a cabo la mezcla de los diferentes tipos de caucho, el negro de carbono y los productos químicos. A continuación se añade el azufre, uno de los elementos químicos más importantes,

gracias al cual se da lugar la vulcanización (el caucho pasa de estado plástico a elástico sin perder sus propiedades). La mezcla continúa en el mezclador hasta que queda completamente homogeneizada. De este proceso se obtiene una especie de rulo que ha de ser refrigerado para evitar su vulcanización. Después pasa por una serie de tapices y la mezcla se coloca apilada en unas paletas tal como se puede ver en la ilustración 1.17. Las diferentes calidades ya estarían listas para pasar al siguiente proceso de la fabricación, este puede ser llevado a cabo en la misma fábrica de Valladolid o bien tener lugar en otra de las fábricas del grupo.

1.2.4.2 FABRICACIÓN DE NEUMÁTICOS DE TURISMO

Se fabrican unos 5 millones de neumáticos de turismo al año en la fábrica de Valladolid, una parte son para primera puesta y otra para reemplazo. Desde la recepción de las materias primas hasta que los neumáticos de turismo salen de la fábrica, cada etapa de la fabricación se somete a controles de calidad rigurosos.

La fabricación de neumáticos de turismo, donde ha tenido lugar el estudio, tiene tres partes diferenciadas:

Preparación: en la preparación se reciben:

- Las paletas de producto semi-terminado. Se van mezclando varias paletas de la misma calidad para homogeneizar el producto y compensar las distintas desviaciones que pudiera presentar. Esta mezcla se calienta y se le da la forma requerida para ser puesta en el producto final. Ya con la forma se van enrollando en grandes bobinas que se almacenan para ser utilizadas en la siguiente fase productiva.
- Lona metálica, se recibe goma mezclada con hilos metálicos, son una de las capas de la cubierta. Estas lonas deben ser cortadas en un determinado ángulo para luego poder formar los triángulos indeformables que aportan resistencia al neumático. Podemos ver una imagen representativa en la ilustración 1.18.

Una parte de la preparación es relativa a agrícola y otra a turismo, las máquinas tienen un funcionamiento similar pero cambian en las dimensiones, que en agrícola son mayores. Una vez han preparado los diferentes componentes del neumático, la siguiente fase se denomina ensamblado y es en donde tiene lugar la fabricación en sí del neumático.

Hay tres líneas de ensamblado de neumático de turismo, a grandes rasgos el proceso consiste en poner las diferentes capas del neumático: la goma interior, las mezclas de goma con elementos textiles y los aros que aportan consistencia para que la cubierta soporte la presión interior y el peso del vehículo, esto formaría una primera parte del proceso. En la siguiente etapa se colocan las capas metálicas para aportar resistencia y otros tipos de goma. Con todo tendríamos un neumático crudo listo para la siguiente fase.

El siguiente paso es la cocción que tiene lugar en las prensas. Las prensas tienen dibujos característicos, los marcajes, que proporcionan la escultura al neumático. Tras pasar entre 8 y 12 minutos en la prensa, la cubierta ya cocida pasa por un circuito de refrigeración.

Por último todos los neumáticos pasan por un proceso de verificación para comprobar si cumple con las exigencias de calidad de Michelin:

- Todos ellos pasan por unas pruebas de rodaje que simulan el funcionamiento normal del neumático en la carretera.
- Una parte de cada calidad fabricada es examinada en busca de defectos mediante rayos X, en caso de encontrar alguno se amplía la verificación en esa dimensión.
- Por último todos los neumáticos son examinados manualmente por un operario especializado, es lo que se denomina control de aspecto.

Con todo esto el neumático de turismo ya está listo para ser almacenado y posteriormente trasladado al correspondiente punto de venta.

1.2.4.3 FABRICACIÓN DE NEUMÁTICOS AGRÍCOLAS.

En este taller se fabrican neumáticos destinados a tractores, cosechadoras o remolques. Es parecido a la parte de turismo pero bastante más manual. También cuenta con varias partes diferenciadas: preparación, ensamblado, cocción y verificación. Obviamente el proceso es mucho más lento que en turismo ya que se trata de neumáticos de grandes dimensiones.

La primera etapa es la obtención de los semi-terminados que forman parte del neumático: gomas, lonas de cima tanto textiles como metálicas y aros. Sería la preparación y se desarrolla del mismo modo que en turismo.

Una vez se tienen todos los semi-terminados, comienza la etapa de Confección. En esta etapa se van colocando los semi-terminados sobre el tambor, que tiene un determinado diámetro en función de la dimensión. Esta confección se puede realizar manualmente o en una máquina semiautomática, parecida a las de turismo pero con un operario que avanza a la par que el tambor fijando cada producto. De esta etapa se obtiene la carcasa, a continuación tiene lugar la terminación, donde al igual que en turismo tras una serie de etapas en las que se continúan colocando capas de goma se obtiene un neumático crudo.

El neumático crudo se lleva a las prensas de cocción, el proceso esta vez dura mucho más tiempo y depende de la dimensión del neumático. Una vez cocido el neumático se somete a rigurosas pruebas de calidad y verificación de distinta naturaleza: visuales, ultrasonido, uniformidad y arquitectura, tal como se aprecia en la ilustración 1.19, antes de ser almacenado y puesto a la venta.

1.2.4.4 RENOVADO DE NEUMÁTICOS DE CAMIÓN DE LA MARCA MICHELIN REMIX.

El renovado de neumáticos es la recuperación de neumáticos Michelin, para ello se conserva la carcasa, curando las heridas que tenga y volviendo a colocar la cima. Un detalle importante y diferenciador respecto de otras opciones como el recauchutado es que el neumático se vuelve a cocer y por tanto la nueva cima queda perfectamente unida a la carcasa, lo que no sucede en el recauchutado donde simplemente se pegan la una a la otra. Este taller es completamente diferente de los anteriores y bastante manual ya que cada carcasa recibida tiene unas heridas y unas consideraciones propias.

El proceso seguido es el que se expone a continuación: en un principio se verifica que la carcasa del neumático propuesta para su renovación cumple con unos mínimos de calidad, de ser así se elimina toda la goma tal como se ve en la ilustración 1.20 y se

reparan las heridas de la carcasa poniendo parches y rellenando posibles hendiduras con goma caliente. Una vez que se tiene la carcasa reparada el proceso continúa de modo similar al visto anteriormente para otros tipos de neumático, se añade la banda de rodadura (ilustración 1.21) y los flancos para obtener el neumático crudo. A continuación tiene lugar la cocción y la última verificación del neumático renovado.



Ilustración 1.16 Bolsa con productos químicos. Fuente: documental Made in Spain



Ilustración 1.17 Paleta de goma. Fuente: Documental Made in Spain

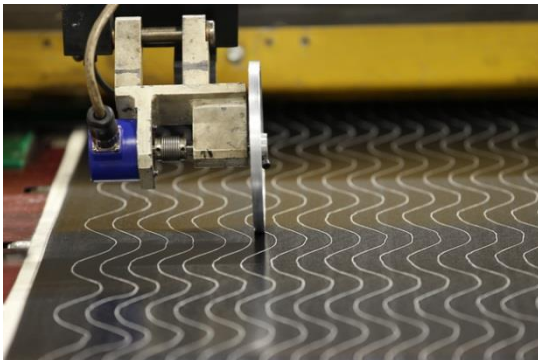


Ilustración 1.18 Lona metálica. Fuente: www.circulaseguro.com/



Ilustración 1.19 Verificación de neumático. Fuente: www.circulaseguro.com/



Ilustración 1.20 Retirada de goma de la carcasa. Fuente: www.circulaseguro.com/



Ilustración 1.21 Puesta de la banda de rodadura sobre la carcasa. Fuente: www.circulaseguro.com/

CAPÍTULO 2: SITUACIÓN DE PARTIDA EN EL TALLER DE ENSAMBLADO DE TURISMO

En el presente capítulo vamos a exponer todo lo referente al taller de ensamblado de turismo en relación al estudio realizado, esto incluye el calendario de la actividad y las aplicaciones informáticas empleadas. Será descrita toda la maquinaria de la misma y se detallarán los posibles motivos de parada de máquina. A continuación veremos tanto el procedimiento real como el ideal en cuanto al modo de hacer de los trabajadores implicados en el estudio. En este capítulo se incluye la primera fase del estudio llevado a cabo en la empresa, la toma de datos y la obtención de las diferentes casuísticas. Esto nos lleva a determinar las consideraciones concretas a realizar en el momento de desarrollar la aplicación.

2.1 SITUACIÓN DE PARTIDA EN EL ENSAMBLADO DE TURISMO

2.1.1 CALENDARIO DE LA ACTIVIDAD

Lo primero que hay que tener en cuenta es que las máquinas objeto del estudio funcionan de lunes a sábado, excepto festivos, y algunos domingos, en tres turnos de 8 horas, es decir, las 24 horas del día. Por tanto, como mínimo, hay 310 días al año de actividad que pueden variar hasta 326 en caso de ser necesaria una mayor producción. Este calendario es común para toda la parte de turismo, tanto preparación como ensamblado, y para los equipos de mantenimiento y fabricación. La organización de una semana sería como la mostrada en la tabla 2.1.

Turno\ Día	1	2	3	4	5	6	7
A	1	1	3	3	4	4	-
B	2	2	1	1	3	3	-
C	3	3	2	2	1	1	-

Tabla 2.1 Muestra del calendario de la actividad. Fuente: Calendario de turismo Michelin

2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MÁQUINAS OBJETO DE ESTUDIO

Con el fin de dar una primera ubicación de las máquinas que a continuación serán detalladas, se adjunta un plano esquematizado del taller de turismo en la ilustración 1 (Anexo I).

En este esquema podemos ver que hay tres líneas de fabricación:

- Línea 1 y línea 2, son iguales, fueron construidas al mismo tiempo y tienen un modo de funcionamiento similar, constan de las siguientes máquinas:
 - Una MAC donde se fabrica la carcasa. La carcasa es la estructura interior del neumático, lo principal es darle completa estanqueidad. De la MAC se lleva la carcasa a un almacén intermedio.
 - Una MAF donde se superpone a la carcasa una cima. La cima es todo el conjunto de goma que va encima de la carcasa hasta la banda de rodadura que es la parte exterior que hace contacto con el suelo, lo importante es que no se desgaste con facilidad y aún más, que este desgaste que va a existir con el uso del neumático se desarrolle del modo correcto. Con la unión de carcasa y cima se obtiene un neumático crudo. Una vez confeccionado, dicho neumático crudo se lleva a otro almacén intermedio.
 - Una BNS, la estructura de esta máquina es diferente a la de las MAF, en cambio su función es la misma: sacar neumáticos en crudo. El tiempo de ciclo en las BNS es superior al de las MAF. Más adelante se analizara en detalle cada una de estas máquinas donde quedará evidenciada la diferencia entre ambas.

- La línea 3 es distinta a las anteriores, su construcción fue posterior y consta de:
 - Una MAC, parecida pero no igual a las otras dos. Su funcionamiento es similar pero varía en algunos puestos, tiene la misma finalidad que en las otras líneas pero puede incluir algún cambio dado que se construyó más tarde. Todos estos cambios provocan un tiempo de ciclo algo superior respecto al de las otras líneas.
 - Tres BNS, similares a las de las otras líneas pero con alguna modificación. En este caso el tiempo de ciclo es menor en la línea 3 que en las otras dos.

2.1.2.1 MAC

La MAC está definida como una máquina automática de confección. Es decir, es la máquina encargada de la fabricación de las carcassas.

A la MAC llegan los productos necesarios en función del tipo de neumático que se esté realizando en diferentes bobinas, éstas proceden de la parte de preparación. La confección se subdivide en ocho pasos tal como se esquematizan en la ilustración 2.1.

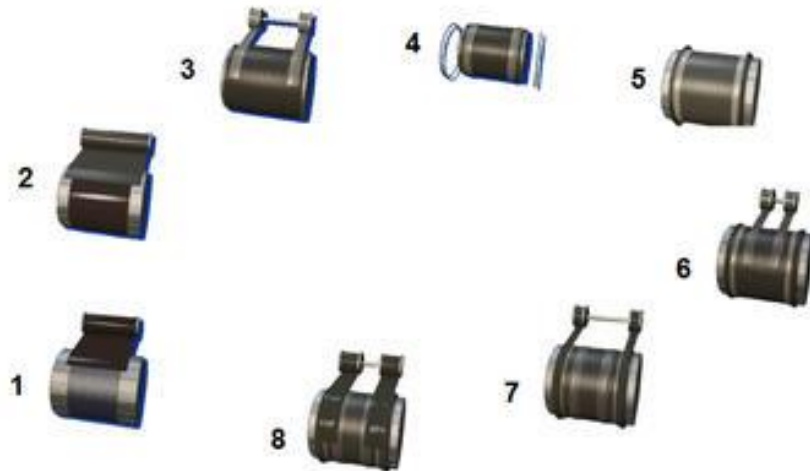


Ilustración 2.1 Fases de la confección de un neumático de turismo. Fuente: página web Michelin

1. Colocación de la goma interior, es la primera capa, ha de ser estanca para que el aire no se escape.
2. Colocación de la lona de cima de la carcassa, como hemos visto hay muchas capas que se superponen y la lona de cima es una de ellas, su función es proporcionar rigidez al neumático.
3. Colocación del alojamiento de los aros, los aros sirven para fijar el neumático a la llanta, es muy importante que no se muevan durante la vida útil del neumático.
4. Cierre del alojamiento sobre los aros.
5. Presentación de los aros, colocación del aro.
6. Colocación de los pies de las cimas, en la siguiente fase de terminación la cima será colocada sobre ellos.
7. Colocación de los protectores, más elementos que refuerzan el neumático.
8. Colocación de los flancos, posteriormente veremos cómo se hincha la carcassa y esta parte queda en los laterales.

La máquina encargada de realizar esta función se estructura de la siguiente manera:

- Veinte puestos en serie, en cada uno de los cuales se va añadiendo material o realizando algún ajuste. Cada uno de estos puestos tiene un tiempo de ciclo óptimo asociado, la suma de ellos es el tiempo de ciclo total de la máquina.
- Veinte tambores que se van moviendo en cadena de puesto en puesto y van unidos entre sí. Todos son de la misma dimensión, por tanto si se quiere cambiar esta se han de cambiar todos los tambores.
- Al llegar al último de los veinte puestos en serie, se saca la carcasa del tambor. La carcasa va a otro puesto de la máquina donde se termina de cerrar el flanco alrededor del aro metálico. De ahí la carcasa es guiada a la zona de almacenaje de carcasas, que es un almacén intermedio hasta que la siguiente máquina realice un pedido de carcasas y entonces sean enviadas. Esta zona de almacenaje ya no es considerada como parte de la máquina pese a estar inmediatamente a continuación de la misma.
- El tambor, una vez que no está ligado a la carcasa, vuelve al primer puesto de la máquina para poder generar otra. Esta vuelta la hace por una serie de ascensores, descendores y vías de retorno.

Si quisiéramos asemejar el funcionamiento de los tambores a un objeto conocido sería a un tren, donde los tambores serían los vagones que circulan por unas vías en un circuito cerrado. La máquina tiene una parte frontal donde se sigue el proceso productivo y una parte trasera donde se hace el recambio de las bobinas de los diferentes materiales.

Podemos ver un esquema de la máquina en la ilustración 2, (Anexo I)

2.1.2.2 MAF

La MAF está definida como Máquina automática de terminación. Es la máquina a la que llegan las carcasas desde las MAC para ser terminado el neumático con la colocación de la cima.

En la terminación se da a la carcasa la forma del futuro neumático. Ésta se conforma según la plantilla del neumático inflando el tambor y aproximando los dos aros simultáneamente. A continuación se colocan las lonas de cima (textiles o metálicas) que van a formar el cinturón del neumático. La banda de rodadura completa el conjunto. En esta fase, el futuro neumático se denomina neumático crudo. Su cohesión está garantizada porque los productos se unen en caliente. El proceso se puede ver en la ilustración 2.2.

1. Inicio del conformado, la carcasa está tal como la conocemos.
2. Fin del conformado, se han aproximado los aros. La forma ya nos recuerda más a la del neumático.
3. Colocación de la primera lona de cima
4. Colocación de la segunda lona de cima
5. Colocación de la banda de rodadura
6. Retirada del neumático crudo

La máquina se estructura siguiendo una idea similar a la de las MAC pero con diferencias importantes. En vez de una sola línea de puestos tenemos dos, una de ellas para la fabricación de la cima y otra para las carcacas, es en esta parte donde además se produce la unión de la cima y la carcaca para tener el neumático listo para cocción. Por tanto consta de:

- Ocho puestos para la parte de generación de la cima, en estos puestos se va colocando los diferentes tipos de goma y aplicando disoluciones para que estas se unan entre sí. Cabe destacar que dos de estos puestos llevan adosadas otras dos máquinas, las Multex.
- Hay dos Multex colocadas en la parte trasera de la línea de fabricación de la cima. En ellas se introduce producto semi-terminado, donde se calienta y se trata. Directamente generan in situ una de las calidades de goma requeridas por la cima.
- Ocho puestos en serie, de la parte de carcacas y unión. Hay un puesto de entrada de carcacas, tres puestos donde estas carcacas son preparadas para asegurar la perfecta unión con la cima, un puesto de colocación de la cima y dos puestos de unión de cima y carcaca, con lo que se obtiene el neumático crudo. Tras este puesto de generación hay otro de extracción hacia el almacenaje de neumáticos crudos.
- En cada una de estas líneas hay ocho tambores, correspondientes unos a la dimensión de la carcaca y otros a la de la cima. Del mismo modo que en la MAC, estos tambores son reconducidos al primer puesto por ascensores, descendores y vías de retorno.



Ilustración 2.2 Fases de la terminación de un neumático de turismo. Fuente: Página web Michelin

Podemos ver un esquema de la máquina en la ilustración 3. (Anexo I)

2.1.2.3 BNS

La BNS es otro tipo de máquina automática de terminación. Es la máquina a la que llegan las carcacas desde las MAC para ser terminado el neumático con la colocación de la cima. La función y el esquema de funcionamiento son similares que los ya explicado para las MAF.

En este caso cambia la estructura de la máquina por completo, siendo ésta:

- Torreta: es la parte central donde se fabrica la cima, la torreta es la que va girando para enfrentarse a cada uno de los puestos que hay a su alrededor.
- Puestos: hay tres puestos donde se van apilando diferentes tipos de goma para construir la cima. Al igual que en las MAF, uno de estos puestos lleva adosado en este caso una sola Multex que es similar a las anteriormente descritas.
- Anillo porta – cimas: una vez que la cima está construida es transportada mediante el anillo hasta el tambor. En el tambor hay colocada una carcasa, ambas estructuras se unen y así se obtiene un neumático crudo.

Una vez que el neumático crudo está terminado es evacuado y otra carcasa se pone en el tambor vacío, mientras que en la torreta se comienza a fabricar otra cima.

Pese a haber cambiado la manera de hacer neumáticos y ser una máquina muy diferente a las anteriores, vemos que también está compuesta por puestos en serie, solo que, en lugar de en fila, están alrededor de un punto central. Del mismo modo la parada en uno de ellos sigue suponiendo la parada de la máquina al completo, ya que la puesta de cada material es secuencial y no se puede cambiar el orden.

Podemos ver un esquema de la máquina en la ilustración 4, (Anexo I)

2.1.2.4 PRENSAS

Pese a no ser objeto del estudio, resulta interesante conocer la última parte del proceso productivo tratado. Por ello se incluye este pequeño epígrafe referente a la cocción.

Tras la terminación hay que cocer el neumático crudo, la cocción permite que los materiales del neumático pasen del estado plástico al estado elástico. Este fenómeno, la vulcanización, crea la estructura compuesta entre los diferentes elementos de la cubierta. La vulcanización del neumático se realiza en prensas especiales utilizando la acción combinada del calor y la presión. La presión sirve para comprimir el neumático desde el interior y al ser aplicada contra las paredes del molde, el neumático toma una forma y escultura determinada. Podemos ver el proceso en la ilustración 2.3.



Ilustración 2.3 Fases de la cocción de un neumático de turismo. Fuente: Página web Michelin

La colocación del neumático crudo en el molde de cocción se realiza con unos robots especializados que retiran el neumático cocido y colocan el crudo en una misma operación. Una vez colocado, la prensa se cierra, el neumático tarda en estar listo entre 8 y 12 minutos dependiendo del tipo. Las etapas de este proceso son:

1. Cierre del molde, queda sellado.
2. Puesta a presión, moldeo en frío.
3. Cocción a vapor.
4. Desmolde.

2.1.3 MOTIVOS DE PARADA DE MÁQUINA

Como hemos visto, en cualquiera de las máquinas del taller de ensamblado de turismo se puede producir parada de la máquina al completo o bien de uno de los puestos, lo que supondrá también la parada de toda la máquina ya que está formada por puestos en serie. Estas paradas pueden ser debidas a:

- Cierre legal: la máquina está parada porque es un día festivo en toda la fábrica o bien hay una modificación de horario y ese día no se trabaja.
- Cierre pilotado: la máquina está parada porque el taller donde está ubicada ha decidido cerrar ese día (por ejemplo, por exceso de producción ya que hay que tratar de ajustarse lo más posible a la demanda), o bien hay un paro parcial o vacaciones de personal. Otro motivo puede ser por falta de energía debido a un problema a nivel global en el taller.
- Parada programada: puede ser de tipo contractual, es decir, una parada en la máquina provocada por el propio operario que tiene derecho a ciertos descansos a lo largo de su jornada laboral.
- Utilización de la máquina sin producir, la máquina está activada pero en ella se están llevando a cabo:
 - Ensayos: diferentes pruebas de fabricación para industrializar nuevas dimensiones o nuevos tipos de neumático que posteriormente se fabricarán de modo normal en la máquina.
 - Mantenimiento programado: tanto modificaciones para mejorar el rendimiento de la máquina en cuánto a tiempo de ciclo en los diferentes puestos como mantenimiento preventivo
 - Mejoras programadas: inclusión de mejoras en los puestos de las máquinas.
- Parada por causas externas: es decir, el motivo de la parada de la máquina no está en la propia máquina. Puede ser debido a:
 - Falta de personal: no hay operarios para atender la máquina y ésta se para.
 - Saturación en la salida, hay diversos motivos:
 - La saturación en los almacenes del producto que está generando la máquina provoca que esta se pare. Al no haber espacio de almacenaje se para la fabricación y queda a la espera.
 - La saturación se da en la verificación. Es un caso similar pero lo que se satura no es el almacén si no el puesto de verificación de neumáticos, con lo cual puede llegar a provocar la parada de alguna de las máquinas dependiendo de la envergadura de dicha saturación.

- Una avería en los tapices. Los tapices son los encargados del tránsito de las carcasas o los neumáticos a los diferentes almacenes intermedios. Si se produce una avería en alguno de ellos, los productos fabricados no tienen salida y la máquina queda parada hasta que se solucione esta avería.
- No disponibilidad del producto, esto puede ser por:
 - Producto no conforme: se para la máquina porque alguno de los materiales con los que trabaja no es adecuado. Hay diversos motivos por los cuáles un producto puede ser considerado como no conforme:
 - Producto defectuoso: el operario para la máquina porque uno de los materiales no está en las condiciones exigidas para ser utilizado.
 - Producto deformado: el producto que se tiene que poner viene arrugado o mal posicionado en la bobina.
 - Anchura incorrecta: cada tipo de goma en función de lo que se esté fabricando debe tener una anchura concreta, si hay un fallo al traer las bobinas para un cambio bien por una equivocación en el aviso o bien porque se dé en el traslado, esa bobina no puede ser utilizada y la máquina quedará parada hasta que se subsane el error.
 - Producto envejecido: cada uno de los productos que forman la carcasa o bandaje tiene una fecha de caducidad asociada. Cada calidad de goma tiene un tiempo durante el cuál puede ser utilizada. Si este periodo se supera, el producto no puede formar parte del neumático.
 - Falta de producto: puede ser debido a:
 - Falta de carcasa, la carcasa aún no ha llegado al primer puesto de la MAF o BNS.
 - Falta de bobina, no queda alguno de los productos que deben ser puestos a continuación y la bobina no ha sido reemplazada. En la parte trasera de la máquina es donde llegan los Garbo (carretillas automáticas) y las carretillas manuales, dejan la bobina del material requerido y el operario de fabricación es el encargado de realizar el cambio. Todo ello en previsión de que la maquina no pare de fabricar en ningún momento, por tanto algún desajuste en los tiempos de atención o las llamadas es el causante de una parada de este tipo.
 - No disponibilidad de utillaje: algún problema de falta de producto en la Multex.
- Paradas surgidas por causas internas: el motivo de la parada es por algo que ocurre en la propia máquina, puede ser:
 - Paradas e incidentes:
 - Por producto: hay varios motivos:
 - La disolución que se ha de aplicar para que la goma se pegue al siguiente producto o bien no se pegue entre sí, dependiendo de los casos, no se coloca del modo adecuado.

- También puede ocurrir que el problema esté en la goma generada por la Multex, que no sea de la calidad necesaria.
- Puede darse que el espesor de esta goma generada por la Multex no sea el correcto.

Todo ello supone una parada en la máquina por causa interna ya que las disoluciones son aplicadas en todas las máquinas tratadas en el estudio. Por otra parte, las paradas como consecuencia de la Multex solo se pueden dar en MAF y BNS.

- Por utillaje: los puestos deben estar reglados para que coloquen el producto exactamente en el punto donde debe ser colocado, de no ser así hay que reglar el puesto para que lo haga porque si no la fabricación será incorrecta. Estas incidencias forman parte de las estudiadas, corresponden a la parte de reglajes. Si el operario en la máquina lo detecta, debe avisar al equipo de regladores para que intervenga en la máquina.
- Por máquina: si se produce una parada en la máquina y esta se detiene, es decir, no está programado este paro y no debería haberse producido, tenemos una avería. Son el principal objeto del estudio, el motivo por el cuál éste ha tenido lugar. Si se produce una parada por este motivo, el operario debe avisar al equipo de mantenimiento para que la resuelva o bien si es una avería menor la puede resolver el propio operario en el momento. Las paradas imputadas a esta causa suponen, sobre el total de paradas de máquina, un 5.95% en lo que llevamos de 2015. (En 2013 supuso un 6.26% y en 2014 un 6.02%). Es una imputación interesante de analizar puesto que teóricamente, si todo lo demás fuera correcto, no debería existir.
 - Cambios de fabricación: se refiere a los cambios de dimensión que se dan cuando se pasa a fabricar otro diámetro en la producción y los tambores deben ser sustituidos por los correspondientes a dicha dimensión.
 - Verificación, reglaje y control de proceso: planes de verificación y seguimientos que se llevan a cabo para asegurar la calidad en todo el proceso, a veces pueden implicar paros de máquina para realizar estas comprobaciones.
 - Pilotaje, actividades anexas a la instalación: tras un periodo en el que la máquina ha estado inactiva, hay determinadas partes de la misma que tardan más tiempo en estar operativas. Un ejemplo sencillo de entender es en las Multex, ya que preparan la goma y lo deben hacer a elevada temperatura, si la máquina ha estado parada y se ha enfriado hay un tiempo en el que técnicamente ya puede seguir fabricando pero que no lo hace por estar en una fase de calentamiento. Este tiempo perdido es una causa interna.
- Tiempo de no prestación, desviaciones sobre el tiempo de ciclo de la máquina que se pueden imputar como:

- **Marcha degradada:** la máquina no está parada y sin embargo no está a pleno rendimiento, es decir, sigue funcionando pero a un ritmo más lento del que debería.
- **Micro fallos,** son incidencias cortas que son detectadas como desviaciones por encima del tiempo de ciclo pero que se asumen como normales dentro de unos intervalos de tolerancia admitidos.

2.1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

En el apartado anterior se vio que el principal objeto de estudio son las paradas de máquina por causa interna asociadas a la propia máquina, es decir, las averías. A continuación se expone el procedimiento. Primero se va a explicar el procedimiento ideal y a continuación el encontrado al comienzo del estudio.

Se ha de tener en cuenta la existencia de dos aplicaciones que serán detalladas en el apartado 2.1.5.1 *Aplicación informática* (fabricación) y 2.1.6.1 *Aplicación informática* (mantenimiento). De momento en esta primera aproximación al procedimiento nos basta con saber que todo lo a continuación explicado tiene como base sendas aplicaciones.

2.1.4.1 PROCEDIMIENTO IDEAL

Veamos cuál sería el procedimiento ideal con un ejemplo sencillo, podemos seguirlo gráficamente en la ilustración 2.4:

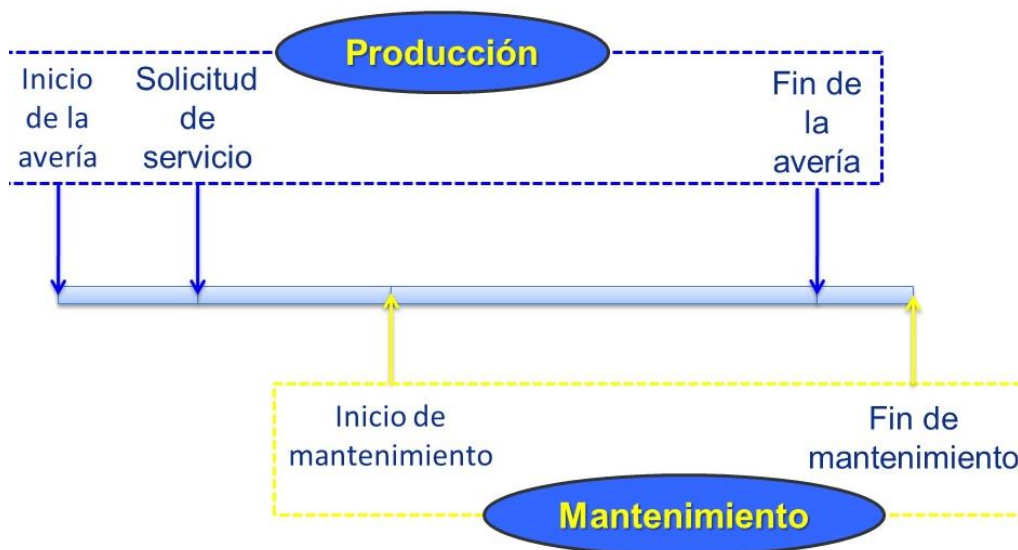


Ilustración 2.4 Procedimiento ideal de aviso a mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

Supongamos que en la MAC de la línea 1, en una situación normal en el taller con la máquina a pleno rendimiento produciendo en su tiempo de ciclo, se produce una parada en el segundo puesto. Esta parada, que supone una desviación sobre el tiempo de ciclo, es registrada por la aplicación de fabricación. El conductor de esta máquina lo percibe y analiza el origen de la avería, se pueden dar dos situaciones:

- Es una pequeña avería que el operario de fabricación sabe y debe resolver: existen averías en la máquina que son sencillas o que la solución es conocida y fácilmente accesible por el operario. En estos casos, desde el punto de vista de minimizar el tiempo de parada de máquina, es mejor que el propio operario intervenga y repare ya que se tarda menos de esta manera que realizando el aviso a mantenimiento, esperando a que el mantenedor se presente, analice e intervenga. Recordemos que esto es debido a la implantación del TPM llevada a cabo por la empresa.
- Por otra parte, hay casos en los que la reparación es más compleja y o bien el operario desconoce cómo intervenir o bien el punto a reparar es inaccesible. Hay que tener en cuenta que una avería resuelta por mantenimiento suele tener mayor calidad y además gracias al sistema deja trazabilidad y se sabe que ha existido, lo cual, como quedará patente a lo largo del estudio, es de gran importancia.

Suponiendo que estamos ante una avería del segundo tipo, el operario de fabricación va al ordenador situado, tal como vemos en la ilustración 2.5, junto a la línea de fabricación. En este ordenador y mediante el uso de una pistola lectora de código de barras, el teclado y el ratón selecciona la aplicación de mantenimiento y con la pistola señala en el manual del que dispone el puesto en parada y si la máquina está parada o en marcha degradada. Mediante el teclado introduce una muy breve descripción de lo que está pasando. Así queda creada la Orden de Trabajo por medio de una Solicitud de Servicio realizada por el operario de fabricación.

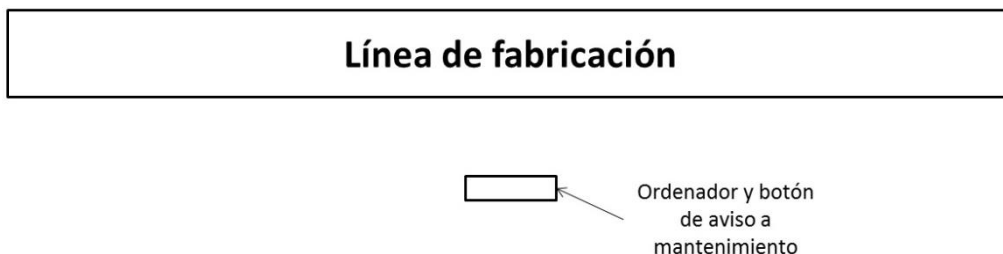


Ilustración 2.5 Ubicación del ordenador respecto a la línea de fabricación. Fuente: elaboración propia.

Esta Orden de Trabajo es recibida por mantenimiento y gracias a la descripción se decide cuántos efectivos enviar. Supongamos que es una pequeña avería y va un solo mantenedor. Cuando este llega a la máquina se dirige al ordenador y con el mismo sistema clickeo un cronómetro que le proporciona la aplicación, con ello queda registrado el Inicio de Mantenimiento. Mientras, está siendo informado por el operario de fabricación que le indica lo que sucede en la máquina. El mantenedor lleva a cabo su trabajo y la máquina vuelve a funcionar, en algunos casos el mantenedor se queda unos minutos para comprobar si la avería ha sido completamente resuelta y después marca el Fin del Mantenimiento clickeando en la aplicación.

Hay que tener en cuenta que existe una segunda aplicación informática a la que hay que atender, la de fabricación, en ella el conductor de la máquina va señalando el motivo de la parada de la máquina. En este caso debe imputar avería.

2.1.4.2 PROCEDIMIENTO REAL

Primero, hay que decir que la aplicación de mantenimiento lleva implantada desde enero de 2013 y que el uso del cronómetro se empezó a seguir y a introducir como parte del método operativo en junio de 2014. Con lo cual a día de hoy cabría esperar que el uso correcto de la aplicación estuviera establecido en el taller. Además hay que decir que se hacía un seguimiento del pulsado del cronómetro y de la realización de Órdenes de Trabajo.

- Pulsado del cronómetro: cuando el mantenedor pulsa el cronómetro se guarda en un archivo como cronómetro utilizado, con ello se va comprobando el uso y se ve como este se extiende.
- Realización de Órdenes de Trabajo, se controlaba de la siguiente manera: como el mantenedor tiene que justificar lo que está realizando durante las 8 horas que dura su jornada laboral, tenían que estar indicadas en la aplicación de mantenimiento todas las intervenciones que el trabajador realizara, por tanto una intervención sin registro en la aplicación no era demostrable. Con esto se conseguía la realización de Órdenes de Trabajo.

Por otra parte, la aplicación de fabricación lleva más de 10 años en marcha, afectada por diversas modificaciones para hacerla cada vez más detallada. Esto puede llevar a que en algún caso el operario dude a la hora de realizar la imputación, ya que hay unos 65 motivos diferentes. De todos modos, como la aplicación lleva en marcha un largo periodo, es de uso obligado y las modificaciones se han ido implantando de manera gradual, el modo de uso de la misma es bastante bueno.

La situación, por tanto, en el momento de inicio del estudio es la que podemos ver en la ilustración 2.6. Como vemos en ella no se cumplía con el método, el seguido no era correcto.

Ante una avería en la máquina detectada como tal por el conductor, primero se producía el aviso a mantenimiento por un botón de emergencia que no dejaba traza en ninguna aplicación. Mantenimiento acudía y comenzaba a reparar. Una vez resuelta la avería, como el mantenedor necesitaba la aplicación para justificar sus horas de trabajo, pedía al operario que rellenara una Solicitud de Servicio, creando con ella la Orden de Trabajo. Después pulsaba el cronómetro hasta que finalizaba su intervención con lo cual el cronómetro quedaba como utilizado y posteriormente corregía de manera manual la hora de Inicio de Mantenimiento. Se permitía la modificación de esta hora de Inicio, así como la de Fin, porque pese a que no estaba dentro del método se sabía que el modo de hacer era este.

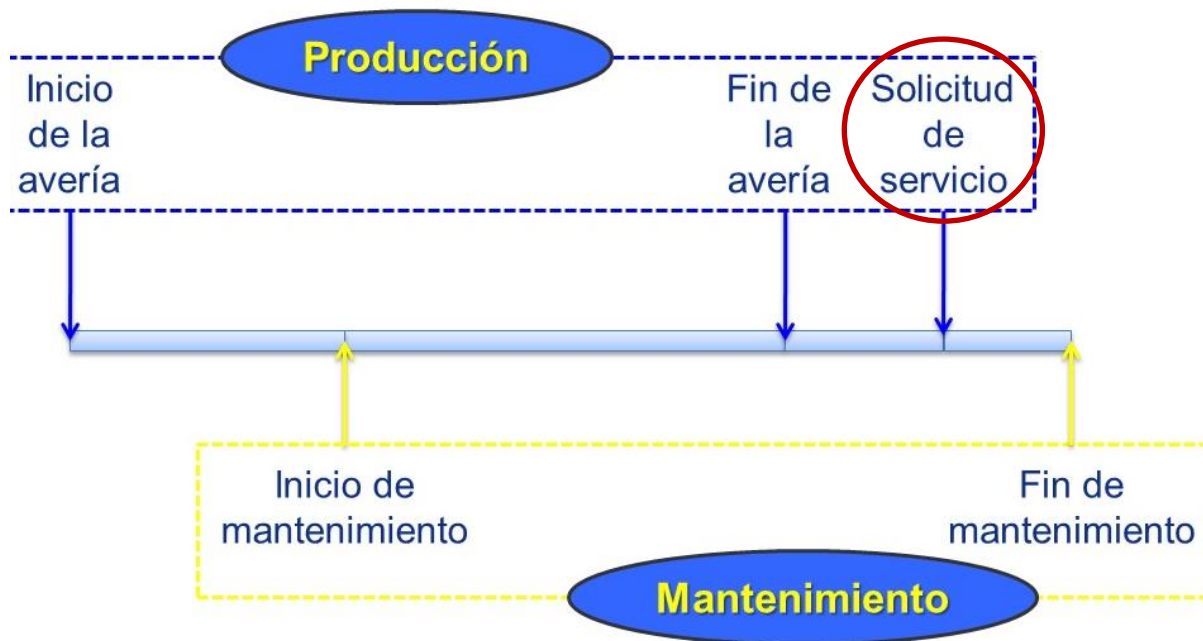


Ilustración 2.6 Procedimiento real de aviso a mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

Esto nos lleva a pensar en que quitando tanto el botón de aviso como la posibilidad de corrección de las Órdenes de Trabajo el problema estaría resuelto y se cumpliría siempre con el método. Sin embargo, hay que tener en cuenta que se correría el riesgo de:

- Aumentar las llamadas a mantenimiento: si se cambia el método, se puede caer en que fabricación decida no realizar ningún tipo de correctivo y llame todas las veces a mantenimiento aun cuando no es necesario, con lo cual se podría llegar a una situación de saturación.
- Situación opuesta: que los operarios de fabricación decidieran no realizar avisos a mantenimiento, intervenir ellos en la máquina y que los puestos acabaran sufriendo fallos más severos. Además de la complicación que supondría que estas reparaciones no fueran registradas en ninguna aplicación.

En definitiva, se temía perder producción por aumento del tiempo de parada de máquina.

2.1.5 FABRICACIÓN

2.1.5.1 APLICACIÓN INFORMÁTICA

La aplicación informática presente en la fabricación y que sirve para controlar el tiempo de parada es MCA. Está instalada en todas las líneas y máquinas objeto de estudio y en ella se registran todas las incidencias que se dan en la máquina.

La aplicación registra el momento en el que sale producto de la máquina (carcasas en el caso de las MAC, neumáticos crudos en el caso de MAF y BNS) y calcula el tiempo transcurrido entre la salida de una carcasa y la siguiente. Si este tiempo es superior al tiempo de ciclo, entonces:

- Si está dentro de un intervalo considerado como tolerable, se marca como incidencia corta de manera automática.
- Si es superior al intervalo de tolerancia, el conductor de la máquina tiene que imputar esta desviación a alguna causa. Hay más de 65 imputaciones posibles, corresponden básicamente a todas las posibilidades de parada de máquina que se mencionan en el apartado *2.1.3 Motivos de parada de máquina*.

En ambos casos la aplicación detecta e imputa la parada a un puesto de la máquina, ya que tiene registrados los tiempos de ciclo de cada puesto y detecta en cuál se ha producido la desviación.

Al final de cada turno se generan una serie de ficheros automáticamente en los que figura, para cada producto realizado, el tiempo que se ha tardado en fabricar, la dimensión, el momento en que salió de la máquina y en caso de tenerla, la imputación que se le ha asignado y el puesto donde ha tenido lugar la parada. Estos ficheros, de los que se alimenta la aplicación creada durante la realización del estudio, son de tipo texto. Estos ficheros se guardan en un directorio durante 33 días y luego son eliminados, pero el histórico se conserva en otros ficheros ya con un análisis detallado.

El análisis detallado de los motivos de parada de máquina sirve para poder concluir en qué aspectos se deben centrar los estudios y las mejoras ya que aporta información de cada máquina a nivel de puesto lo cual tiene una gran utilidad.

2.1.5.2 INTERLOCUTORES

Los operarios de la línea se caracterizan por ser trabajadores versátiles, capacitados y formados para la realización de diferentes tareas. Se busca que trabajen de manera independiente y autónoma, lo que aumenta la productividad al obtener el máximo de cada operario.

Por parte de fabricación, para cada máquina hay un total de cuatro equipos diferentes. Cada día trabajan tres equipos sucesivamente en turnos de ocho horas y el cuarto descansa.

En cada equipo para MAC y para MAF hay un conductor y dos operarios.

- El conductor está en la parte frontal de la máquina, controlando el proceso. Es el que más experiencia tiene en la máquina y el encargado de interactuar con la aplicación MCA. Es él quien tiene que realizar las imputaciones. También suele ser él el que realiza las Órdenes de Trabajo, aunque en algunos momentos puede ser otro de los operarios el que solicite la intervención.
- Los dos operarios suelen estar en la parte trasera de la máquina, realizando los cambios de bobina e interviniendo en la máquina con el objetivo de que esta no se detenga. En el caso de MAF, uno de ellos suele estar más pendiente de la Multex que es donde surgen muchos de los fallos y que más atención necesita.

Podemos ver la disposición de los operarios en MAC y MAF, de manera aproximada, en la ilustración 2.7, en azul se representa a los dos operarios de la parte trasera y en naranja al conductor de la máquina.

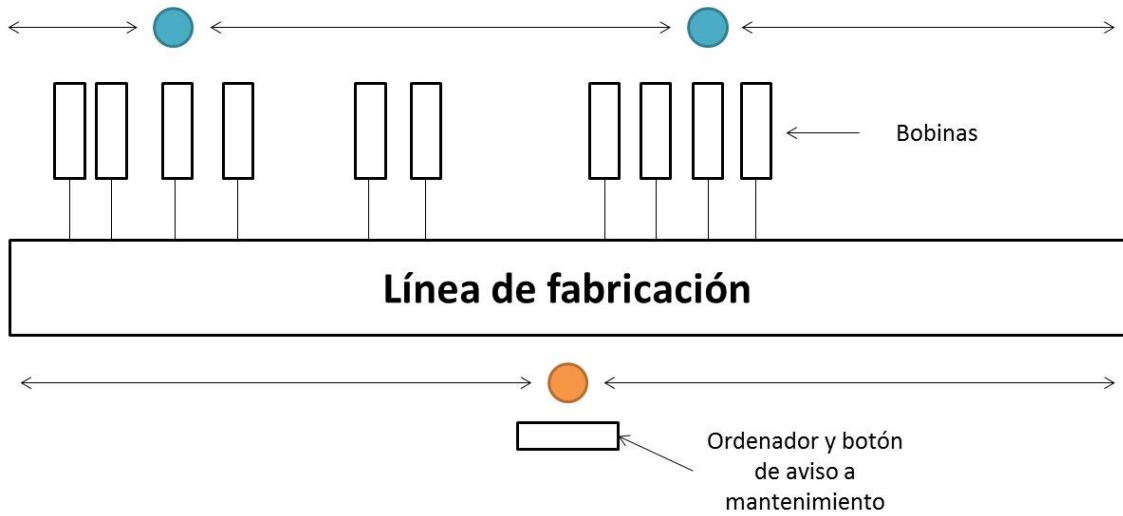


Ilustración 2.7 Disposición aproximada de los operarios en MAC y MAF. Fuente: elaboración propia.

En el caso de las BNS el equipo lo constituye solo una persona, al tener otro tipo de disposición se puede ir moviendo alrededor de la máquina. Si ésta está en un funcionamiento normal suele quedarse en la zona del ordenador, tal como se representa en la ilustración 2.8.

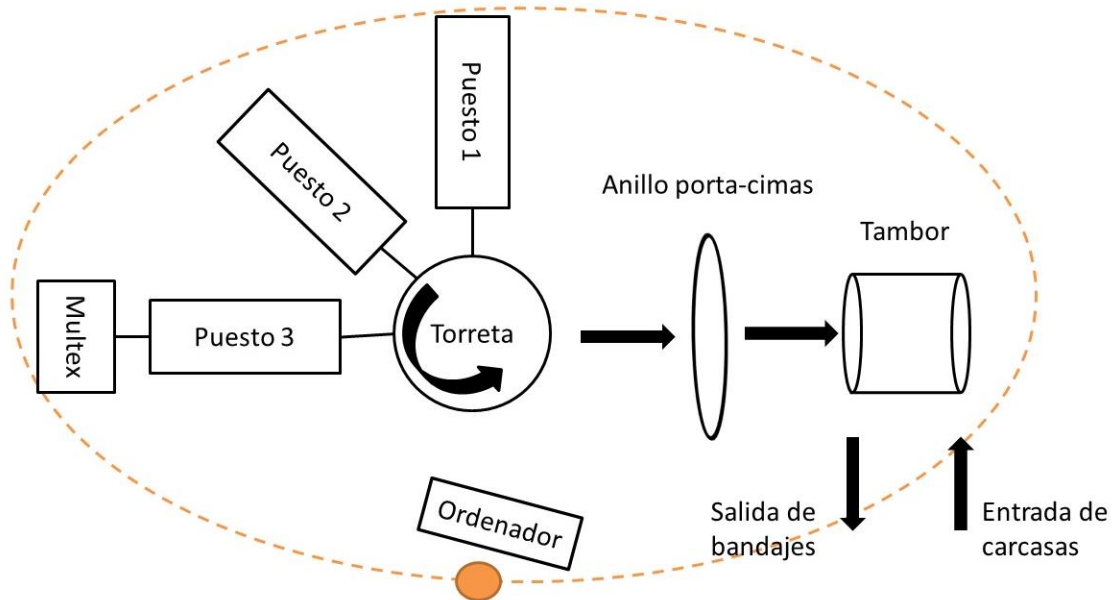


Ilustración 2.8 Disposición aproximada de los operarios en BNS. Fuente: elaboración propia.

2.1.6 MANTENIMIENTO

2.1.6.1 APLICACIÓN INFORMÁTICA

La aplicación base para mantenimiento es el BMA. En este apartado va a ser estudiado en profundidad.

BMA es una herramienta de mantenimiento asistido por ordenador, esto la hace necesaria tanto para la gestión en sí, planificación y control del mantenimiento, como para el seguimiento técnico. Además, permite la interacción con otras Bases de Datos de almacenes o contabilidad que existan en la empresa. Es importante dotar a la herramienta de diversas interfaces en función de los diferentes usuarios que puedan acceder a ella. En el caso de BMA, no puede ser la misma interfaz la que consulta el mantenedor durante su jornada o la que utiliza el operario de fabricación en la línea que la que utiliza un analista en un grupo de trabajo.

Los objetivos que se persiguen con una herramienta de este tipo son:

- Evitar la anotación en libretas con notas a mano y que se pierda la información. Con una herramienta de este tipo se puede ir acumulando en históricos.
- Hacer informes claros y accesibles con la información que se quiere transmitir, poderlos actualizar de manera periódica. Estos informes serán emitidos de manera rápida, rigurosa y con una mínima burocracia.
- Poder calcular el coste real del mantenimiento por áreas, máquinas o puestos.
- Reducir los tiempos de respuesta desde que se da el aviso de avería en la máquina.
- Una vez que se tiene el tiempo de intervención, éste se puede atomizar como tiempo necesario de intervención, tiempo muerto y tiempo mejorable. Con ello se pueden optimizar futuras intervenciones del mismo tipo. Con la aplicación informática se dispone de una detallada traza para cada OT.
- Conocer en todo momento la actividad a la que se están dedicando los operarios de mantenimiento.
- Obtener ratios e indicadores basados en datos fiables.

En cuanto a su estructura, en BMA queda registrado:

- La orden de trabajo, identificada por VLD0000000 (VLD = Valladolid y siete dígitos numéricos). Esta orden de trabajo está asignada a un puesto concreto dentro de una máquina. Además como BMA es de uso compartido para mantenimiento y regladores también se diferencia si pertenece a uno u otro departamento.
- Planificación: en caso de corresponder a un mantenimiento o reglaje programado, aparece en la OT un momento de inicio y de fin programado, así como las personas encargadas de llevar a cabo esa intervención. También se incluye, como ya hemos adelantado en otros apartados, el momento de Inicio y Fin de Mantenimiento y el momento de Solicitud de Servicio.
- Asignación del tipo de mantenimiento al que corresponde la intervención.

- Identificación de los trabajadores relacionados con la Orden de Trabajo, tanto los mantenedores que intervienen como el operario de fabricación que realiza la Solicitud.
- Tiempo de parada de la máquina: el mantenedor imputa el tiempo que ha estado la máquina parada durante su intervención.
- Descripciones del motivo de la parada: tanto la breve que da el operario de fabricación cuando realiza la Solicitud como una más larga y detallada en la que el mantenedor explica en qué ha consistido su intervención.

Esto es a grandes rasgos lo que se incluye en la aplicación y que es de interés para el presente estudio.

Las funciones de una herramienta de este tipo para el control del mantenimiento son, principalmente:

- Almacenar datos, con lo que se crea un histórico, el cual se puede ir analizando para obtener datos como puestos con mayor número de intervenciones, puestos con mayor tiempo de parada, número de operarios necesarios por cada intervención, número de intervenciones por tonelada fabricada.
- Seguimiento de estos indicadores con posibilidad de hacerlo tanto en directo como de manera diaria, semanal o mensual establecimiento de niveles de alarma superado un cierto nivel.
- Estructurar de manera jerárquica las actuaciones en función del puesto, dar prioridad a unos frente a otros.
- Comprobar el estado de la OT y realizar la planificación de trabajos en tiempo real.
- Controlar el tiempo muerto de los operarios de manera objetiva, por ello se pide la justificación de las horas de la jornada por medio de la aplicación.
- Planificación de los mantenimientos predictivos.
- Consulta e informes de las Órdenes de Trabajo, análisis de cada intervención.

Uno de los errores más habituales en la implantación de este tipo de herramientas, como ya hemos visto en anteriores apartados, se da cuando los operarios no son rigurosos y se saltan los procedimientos con lo cual toda la información generada a partir de esos datos se pierde ya que no es fiable.

2.1.6.2 INTERLOCUTORES

Los operarios de mantenimiento o mantenedores normalmente llegan a este puesto por promoción interna. Muchos de ellos provienen de producción. El objetivo principal de la formación que reciben es ampliar sus conocimientos con el fin de aumentar su capacitación para que cada vez realicen mejor su trabajo. Suelen ser personas polivalentes, responsables y se pretende que estén motivados en la realización de su trabajo.

Los equipos de mantenimiento están formados por cinco personas, hay cuatro equipos en total para todo el taller de turismo y cada día trabajan tres de manera sucesiva y el cuarto descansa. Los turnos son de ocho horas durante todo el día.

Cada uno de los mantenedores tiene asignado un grupo de máquinas, esas son su prioridad cuando hay que intervenir. Sin embargo, esto no significa que no pueda acudir a otra si es necesario. Como se trata de que en las intervenciones de correctivo solo vaya un operario y esto se sigue con un indicador, este sistema planifica bastante bien la actuación en caso de parada. Obviamente este no es el único indicador seguido, hay también de tiempo de parada de máquina para que a aquellas grandes averías acudan todos los efectivos que sean necesarios.

En caso de haber una Solicitud de Servicio para una avería, el mantenedor a cargo de esa zona recibe en su móvil un mensaje tipo SMS que le avisa de la misma para que acuda en cuanto pueda. Además todas las Órdenes de trabajo son visibles en unas grandes pantallas situadas en el sector de mantenimiento dentro del taller.

2.1.7 APLICACIÓN PROPUESTA

La idea que se tenía para la realización del estudio era la de realizar un contraste entre la aplicación de fabricación y la aplicación de mantenimiento. Es decir, con los momentos de parada en fabricación imputados a avería se buscaba la relación en la aplicación de mantenimiento, de momento en base, principalmente, a esta relación temporal.

Para la realización de esta comparativa se requieren los siguientes datos:

- De MCA:
 - Momento de salida de carcasa con desviación imputada a avería
 - Momento de salida de la carcasa anterior a esa, ya que es el momento en el que se considera que entra la siguiente, ver ilustración 2.9
 - Puesto en el que se da la avería
 - Tiempo de parada de máquina
- De BMA:
 - Momento de realización de la Solicitud de Servicio
 - Momento de Inicio de Mantenimiento
 - Momento de Fin de Mantenimiento
 - Código de la Orden de Trabajo
 - Puesto en el que se realiza la intervención
 - Tiempo de parada de máquina
 - Operario de fabricación que realiza la Solicitud de Servicio
 - Operario de mantenimiento que lleva a cabo la intervención
 - Descripción de la Orden de Trabajo
- Del calendario de la actividad:
 - Equipo de trabajo
 - Turno

Con todos estos datos en ambas aplicaciones se pueden realizar varios contrastes:

- Momento en el que se para la máquina e intervención de mantenimiento asociada, esto sirve tanto para ver con qué velocidad se avisa a mantenimiento como para ver el tiempo que tarda el mantenedor en acudir tras la avería.
- Duración de la intervención de mantenimiento, comparar entre el momento en que la máquina vuelve a fabricar y el Fin de mantenimiento.
- Comparación entre los tiempos de parada de máquina imputados en una y otra aplicación.
- Comparación entre los puestos, el de MCA se imputa de manera automática y el de BMA lo imputa el mantenedor. Como veremos, no siempre coinciden.
- Comparación entre diferentes equipos en cuanto a manera de actuar.
- Comparación entre turnos, si se da más avería en unos turnos que en otros.

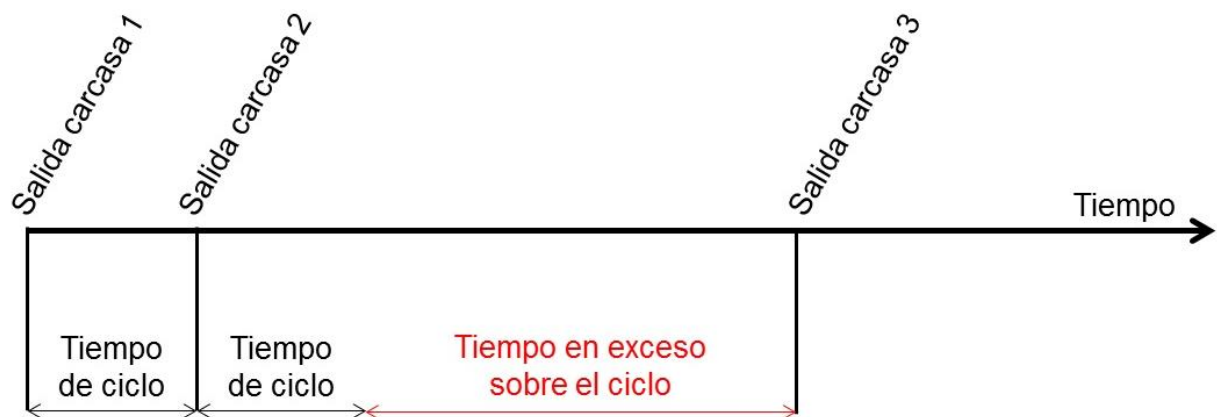


Ilustración 2.9 Relación entre salidas consecutivas de carcasas. Fuente: elaboración propia.

2.2 CASUÍSTICA Y CONTRASTE DE DATOS

2.2.1 TOMA DE DATOS

Como la situación de incumplimiento de método operativo ya era conocida, el inicio del estudio fue poner esto en evidencia. Para ello se comenzó por una revisión diaria de los datos que se realizó de manera manual por dos motivos:

- La urgencia requerida, no se quería perder más tiempo. Hacer una aplicación automática es un proceso largo que requiere muchas modificaciones y revisiones antes de poderse dar por finalizado.
- El aprendizaje sobre el método que se extrae analizando los datos de manera manual. Al ser una comparación novedosa, podía haber diferentes casuísticas desconocidas en el momento de comenzar.

El primer paso era por tanto conocer toda esa casuística detrás de las paradas. Es importante tener esto claro porque hablando de averías de máquina nunca se van a tener

dos iguales, por ello cuanto más información se recoja en la esta primera etapa, más eficaz será la implementación en el sistema automático, que es el siguiente paso.

Esta revisión se basaba en los datos de las dos aplicaciones tal como se ha visto en el apartado 2.1.7 *Aplicación propuesta* y se hizo en un principio para las MAC. Durante tres semanas se realizó un análisis exhaustivo de los datos del día anterior, lanzando informes sobre cada una de las tres máquinas.

El objetivo de esta aplicación era ir centrando los esfuerzos y, como ya se ha dicho, hacer visible la problemática existente. Por ello, se resaltaban los resultados respecto a:

- Generación de Órdenes de Trabajo correctas. Se considera que una Orden de Trabajo es correcta cuando el momento de Solicitud de Servicio es anterior al Inicio de Mantenimiento, es decir, el operario de fabricación ha avisado a mantenimiento por una avería y lo ha hecho mediante el uso de la aplicación BMA.
- Diferencias entre tiempos imputados. Es una de las principales discusiones entre Mantenimiento y Fabricación. Diariamente, antes de la realización del estudio, tanto unos como otros recibían informes de producción en los cuales se recoge tanto la fabricación del día como las causas de las paradas, entre otras cosas. En la situación de partida había poca coherencia entre los tiempos imputados como avería según MCA y las intervenciones realizadas por mantenimiento según BMA. Por tanto, se estaba en una situación de desacuerdo en la que la máquina estaba parada una serie de minutos de los que se desconocía la causa. Una posibilidad es que para fabricación las imputaciones como parada de avería en MCA fueran una especie de “cajón desastre”, es decir, ante parada de máquina se imputaba a mantenimiento pese a ser otra causa. Además hay que destacar que si los minutos de parada de máquina según MCA por mantenimiento a lo largo de la jornada exceden un umbral, 90 minutos, se piden explicaciones al jefe de Mantenimiento, si esto no está registrado en BMA, él no puede saber la causa de la parada.
- Desviaciones respecto al momento de parada. En caso de ser realizada la Orden de Trabajo es muy interesante saber cuánto tiempo se ha tardado en realizar. Esto se consigue uniendo el dato de MCA sobre momento de parada de la máquina con el dato en BMA sobre momento de Solicitud de Servicio. Como vemos para obtener este dato es muy importante que todas las llamadas a Mantenimiento se realicen utilizando la aplicación BMA y siguiendo el método correcto. Una vez que se tiene el momento de Solicitud de Servicio, se puede calcular la desviación respecto al Inicio de Manteamiento. Podemos ver el proceso gráficamente en la ilustración 2.10, donde SS es Solicitud de Servicio e IM es Inicio de Mantenimiento.
- Actuación concreta de los operarios en cada parada de máquina por avería. Es la parte más útil al inicio del estudio. Muestra las averías que se han producido y gráficamente se puede ver si ha habido aviso a mantenimiento o no, la duración de la parada y en qué momento del día tuvo lugar.

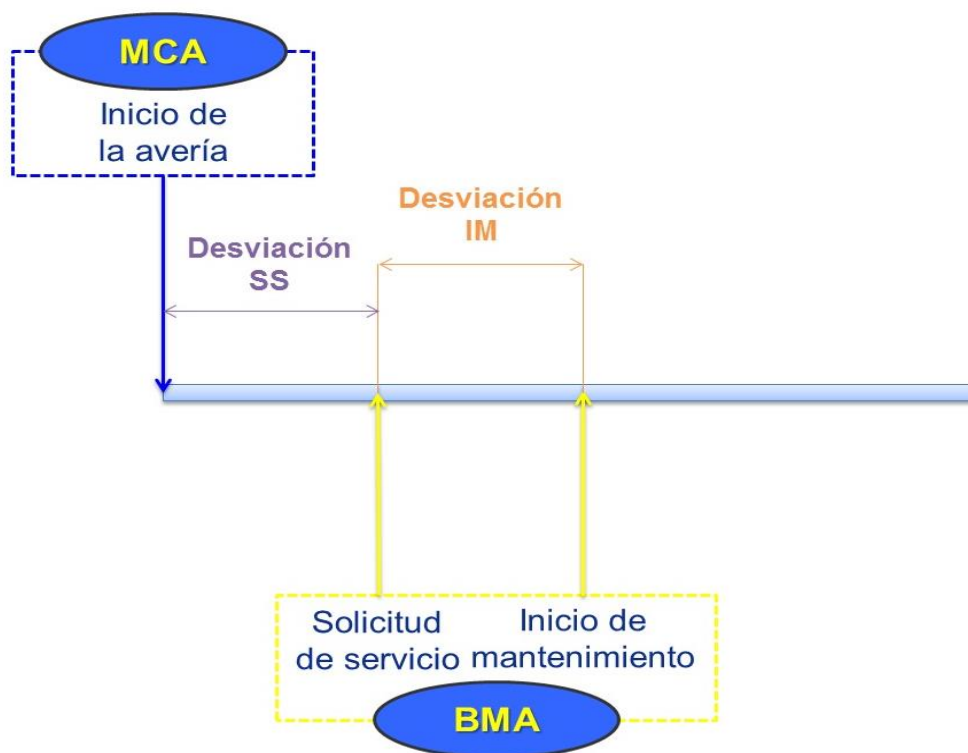


Ilustración 2.10 Desviaciones estudiadas. Fuente: elaboración propia

La información obtenida se presenta utilizando gráficos y tablas tal como se indica a continuación:

- Una tabla con un pequeño acumulado histórico por equipos de Órdenes de Trabajo correctas, es decir, aquellas con la Solicitud de Servicio anterior al Inicio de Mantenimiento. Sirve para ver si el equipo evoluciona positivamente, si trata de cumplir el método. Permite una rápida comparación entre los últimos días. Es muy visual, marca en rojo siempre que el equipo esté por debajo del 75% de OT correctas, en verde si supera este porcentaje y en blanco cuando o bien el equipo no ha trabajado ese día o si no ha habido intervenciones. En la tabla 2.2 podemos ver la situación habitual a finales de marzo.

% ÓRDENES DE TRABAJO CORRECTAS (SS<IM)

EQUIPO 1	0,00%			
EQUIPO 2		66,00%		
EQUIPO 3	0,00%	0,00%	100,00%	66,00%
EQUIPO 4		0,00%	50,00%	
	28/03/2015	30/03/2015	31/03/2015	01/04/2015

Tabla 2.2 Porcentaje de Órdenes de Trabajo correctas. Fuente: elaboración propia.

- Una tabla para la diferencia de tiempos entre las aplicaciones, también con el mismo propósito de tener un pequeño acumulado de los tiempos imputados y de qué equipos lo hacen mejor y peor. Hay que tener en cuenta que en el calendario

se indica un equipo (tanto para fabricación como para mantenimiento asignado a un día), es decir el mismo equipo de fabricación trabaja siempre con el mismo equipo de mantenimiento. En este caso se marca en verde si la desviación de igual o menor que 12 minutos, en rojo si es mayor y en blanco si ese equipo no ha trabajado o bien si no ha habido imputaciones en ninguna aplicación. Podemos ver un ejemplo también de finales de marzo en la tabla 2.3.

DIFERENCIA DE TIEMPOS ENTRE BMA Y MCA (min)

EQUIPO 1				
EQUIPO 2		0	17	0
EQUIPO 3	25	6	6	2,34
EQUIPO 4	12	24	36	44,39
	28/03/2015	30/03/2015	31/03/2015	01/04/2015

Tabla 2.3 Diferencia de tiempos imputados entre BMA y MCA. Fuente: elaboración propia.

- Una gráfica que recoge las desviaciones antes mencionadas. En el eje de abscisas aparece el momento de parada según MCA, el de ordenadas está en minutos. En la gráfica 2.1 podemos ver un ejemplo claro en el que se presentan todos los casos. Las diferentes series en este gráfico son:
 - En azul aparece la desviación de la Solicitud de Servicio sobre la parada de fabricación.
 - Si es positivo significa que la Solicitud es posterior al momento de parada. Por ejemplo la parada de las 11:55.
 - Si es negativo significa que la Solicitud está realizada con anterioridad al momento de parada, esto puede ser debido a que el operario vea la máquina trabajando en degradado y decida llamar a mantenimiento en previsión de que se va a dar algún fallo como en el caso de las 16:00.
 - En rojo aparece la desviación del Inicio de Mantenimiento respecto del momento de Solicitud, es decir, nos informa de cuánto tarda mantenimiento en llegar después de ser avisado.
 - Si es positivo significa que el Inicio de mantenimiento es posterior a la Solicitud, esto sería lo correcto. Se puede ver un caso de este tipo a las 14:20.
 - Si es negativo significa que el Inicio es anterior a la Solicitud, es decir, mantenimiento ha sido avisado por otro medio y una vez que estaba trabajando el operario de fabricación ha hecho la Solicitud. Posteriormente, el mantenedor ha cambiado la hora a su momento de Inicio real como se ve en la intervención de las 22:54.
 - Si es cero, significa que coincide el momento de Solicitud y el de Inicio, esto se da en los casos en que el operario de fabricación llama y mientras mantenimiento llega crea la OT, con lo cual prácticamente coinciden ambos momentos en el tiempo. También puede deberse a que el

mantenedor se olvide de corregir la OT cuando ha sido creada con posterioridad a su Inicio real. Esto sucede en el primer caso, a las 11:55

- En naranja hay una línea que marca constantemente el nivel de tres minutos. Estos tres minutos son el tiempo que se calcula que en realidad deberían de tener de margen tanto fabricación para avisar a mantenimiento como mantenimiento para llegar una vez es avisado.

Lo ideal sería, primero, tener la desviación de Inicio de Mantenimiento en positivo. Una vez se consiga eso, momento en que todas las Órdenes de Trabajo serán correctas, habría que conseguir minimizar estas desviaciones.

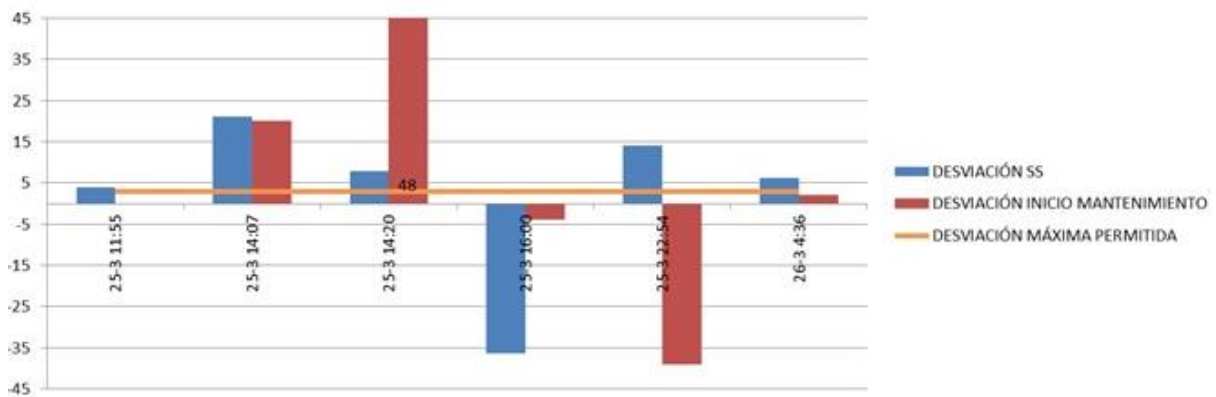


Gráfico 2.1 Desviaciones respecto al momento de parada en MCA. Fuente: elaboración propia.

- Una gráfica en la que se representa para cada parada la actuación que se ha seguido en cuanto a los tiempos. Se representa en el eje de abscisas el momento del día y en el de ordenadas los minutos de parada.
 - En azul se representa el tiempo de parada en MCA para cada intervención.
 - En rojo el tiempo de parada según BMA, solo aparece cuando se ha realizado llamada a mantenimiento.
 - En naranja hay una línea que marca constantemente el nivel de tres minutos. Estos tres minutos son el máximo establecido como admisible de tiempo que puede durar una parada sin que sea necesario avisar a mantenimiento. Es decir, se considera que en una parada de menos de tres minutos el propio operario puede encargarse de su resolución. Sin embargo, si este tiempo se supera ya debe avisar a mantenimiento.

En la gráfica 2.2 podemos ver las diferentes situaciones que se pueden dar, en un caso real del día 28 de marzo:

- Casos como el de las 8:45 en que hay una parada de 8 minutos con aviso a mantenimiento, pero en la que mantenimiento ha imputado 5 minutos. Es decir, es correcto por parte de fabricación el hecho de haber avisado, pero ha habido un desacuerdo entre mantenedor y operario a la hora de registrar el tiempo de parada.

- La parada que solo tiene registro en MCA, como en el caso de las 9:28, de 1 minuto de duración. Este ejemplo es correcto puesto que está por debajo del umbral de 3 minutos.
- La parada de 11 minutos de las 14:45 en la que no hay aviso a mantenimiento, incorrecta puesto que supera los 3 minutos de límite.

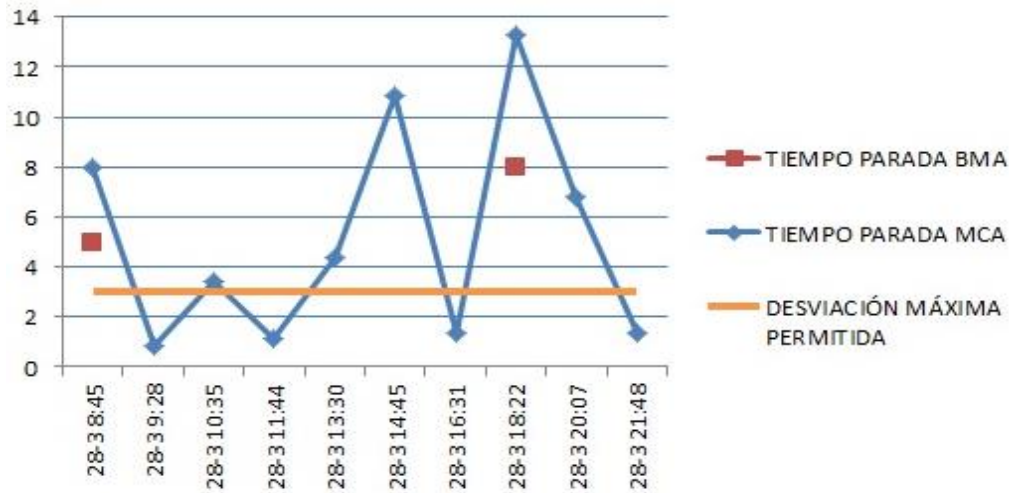


Gráfico 2.2 Diferencia entre tiempos de parada imputados en MCA y BMA. Fuente: elaboración propia.

Con el informe se busca poner en conocimiento de los jefes tanto de cada línea como de mantenimiento la actuación de los diferentes equipos y al mandar el informe por las mañanas a primera hora se busca con ello que este jefe pueda ir a hablar con los operarios implicados para que las malas actuaciones se vayan corrigiendo y no se repitan.

2.2.2 OBTENCIÓN DE LAS DIFERENTES CASUÍSTICAS

2.2.2.1 CONSIDERACIONES EN CUANTO A MOMENTO DE PARADA

La elaboración de los informes en modo manual, como ya hemos adelantado, permite la obtención de las diferentes casuísticas que hay detrás de esta comparativa. Comenzaremos por las relativas a la comparación entre momentos de parada.

Antes de nada, hay que tener en cuenta que el inicio de la Orden de Trabajo (OT) puede venir determinado por el momento de Solicitud de Servicio o por el momento de Inicio de Mantenimiento. Debería ser siempre definido por la primera, pero como hemos visto en la situación de partida esto no solía suceder. Por tanto, a partir de ahora, cuando hablemos de Inicio de OT nos estaremos refiriendo a la fecha más temprana entre esas dos. Como Fin de OT siempre vamos a tener el Fin del Mantenimiento. Lo podemos ver gráficamente en la ilustración 2.11.

*Nota: en la ilustración, mto es la abreviatura de mantenimiento, aparecerá a lo largo del texto en otras imágenes.

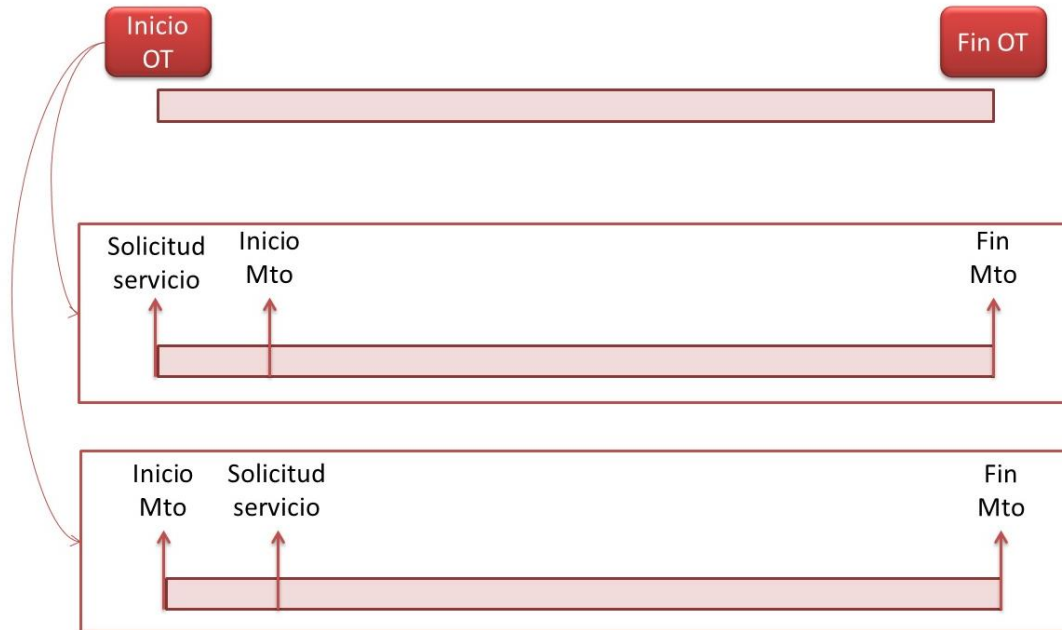


Ilustración 2.11 Definición del Inicio de la Orden de Trabajo. Fuente: elaboración propia.

Para la realización del análisis se da un intervalo de tiempo que engloba la Orden de Trabajo dentro del cual se buscan coincidencias en MCA. Este intervalo de tiempo se define como:

- 30 minutos antes del Inicio de la OT, ya que en base a lo analizado no suele transcurrir más tiempo desde que se para la máquina hasta que se marca el Inicio del Mantenimiento.
- En función de la máquina se dejan:
 - 10 minutos tras el fin de la OT si es en las MAC.
 - 15 minutos tras el fin de la OT en MAF y BNS.

Con este intervalo definido ya se hace una primera aproximación a MCA en busca de coincidencias. Vemos gráficamente la definición del intervalo para el caso de las MAC en la ilustración 2.12.

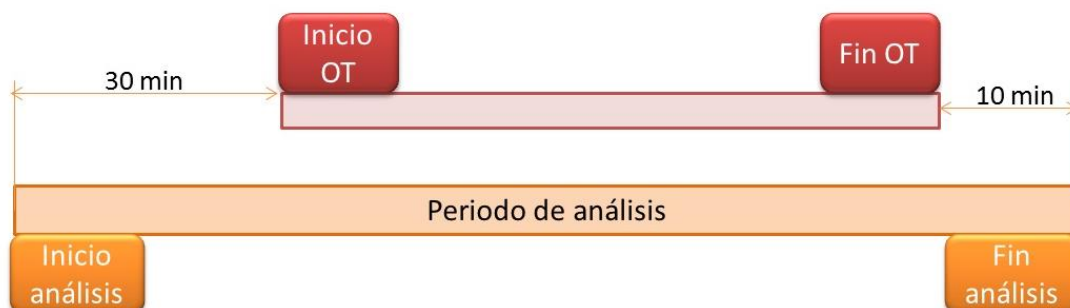


Ilustración 2.12 Definición del análisis. Fuente: elaboración propia.

En el caso de las averías registradas en MCA tenemos que tener en cuenta lo siguiente.

- Hay situaciones en las que la máquina se para totalmente, en ese caso solo tendríamos una avería imputada en MCA, con su momento de inicio y su momento de fin.
- Sin embargo, hay otro tipo de paradas en los que estas pueden estar concatenadas como vemos en la ilustración 2.13. Esto sería una situación en la que va saliendo producto pero de forma degradada. Gracias al estudio detallado que se ha hecho se sabe que estas paradas tienen la misma causa y por tanto son consideradas como una misma avería en la que el momento de inicio viene dado por la primera de todas y el de fin por la última. Siempre y cuando se cumpla que entre el fin de la anterior y el inicio de la siguiente transcurren menos de 10 minutos. La utilidad de realizar esta unión está en que así se ve realmente el peso de la parada para el análisis posterior.

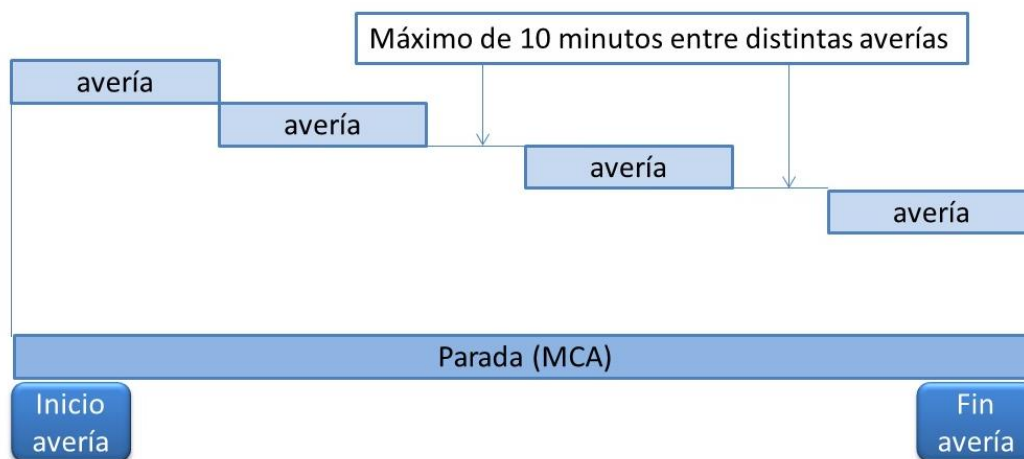


Ilustración 2.13 Concatenación de paradas. Fuente: elaboración propia.

Teniendo ya definidos los conceptos de Inicio y Fin de análisis e Inicio y Fin de avería, vamos al siguiente paso que es la explicación de las diferentes posibilidades que se pueden dar ante una parada de máquina:

- Caso 1: La parada de MCA está contenida en el análisis. Este sería el caso típico y el esperado en una primera toma de contacto con los datos. Lo podemos ver en la ilustración 2.14.
- Caso 2: El comienzo de la parada en MCA es anterior al comienzo del análisis, se puede ver en la ilustración 2.15 y se suele dar debido a la concatenación de paradas. En este caso se amplía el intervalo de análisis para que incluya los 10 minutos anteriores al inicio de la avería en MCA.
- Caso 3: El fin de la parada de MCA es posterior al fin del análisis, con lo cual se cambia el fin del análisis para que contenga esa avería y se da un margen de 10 minutos a continuación. Lo podemos ver en la ilustración 2.16.
- Caso 4: Tanto el Inicio como el Fin de la avería están fuera de los límites del análisis, por tanto Inicio y Fin de análisis han de ser modificados. Esto se da

generalmente en grandes averías en las que en un principio no se ha sabido la causa de la parada y por tanto ha pasado más tiempo hasta que se ha dado el aviso. Este caso está representado en la ilustración 2.17

Todos estos casos son tenidos en cuenta a la hora de hacer los contrastes manuales y aún más, de cara a la construcción de la herramienta automática.

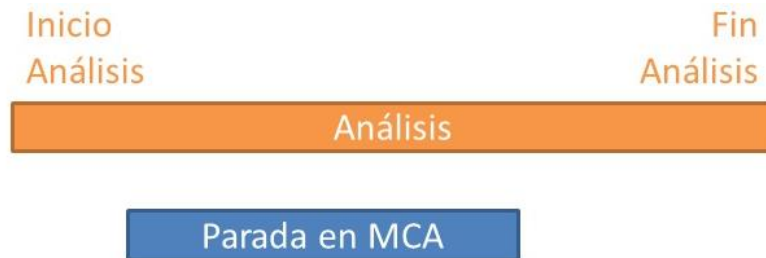


Ilustración 2.14 Parada en MCA contenida en el periodo del análisis. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 2.15 Inicio de parada en MCA anterior al inicio del análisis. Fuente: elaboración propia.

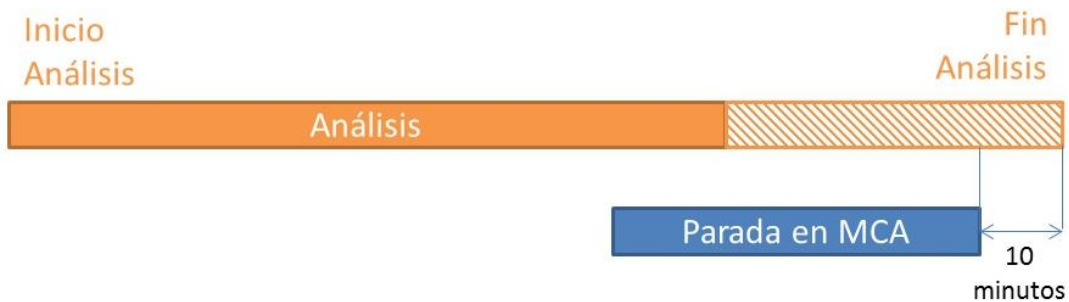


Ilustración 2.16 Fin de parada en MCA posterior al fin del análisis. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 2.17 Parada en MCA no contenida entre los límites del análisis. Fuente: elaboración propia.

2.2.2.2 CONSIDERACIONES EN CUANTO A PUESTO DE PARADA

El siguiente paso en base a la información obtenida de la toma de datos manual es en cuanto a los puestos de parada de máquina en una y otra aplicación. De manera intuitiva se tiende a pensar que deberían coincidir en ambas aplicaciones, ya que en la de fabricación se obtiene de modo automático y en la de mantenimiento es el propio mantenedor el que lo indica y lógicamente nadie mejor que él sabe en qué puesto ha intervenido. No tiene porqué ser así, como se vio con este contraste.

- Caso 1: una avería en un puesto ocasione la parada en el siguiente, por ejemplo si el primero ha puesto la goma descentrada y el siguiente se encuentra con que no puede colocar la capa posterior y es dónde se da la parada.
- Caso 2: la parada es provocada por el propio operario de máquina a petición del mantenedor que tiene que intervenir. En este caso se puede dar la parada en otro puesto por tema de cercanía o por algún otro motivo. Por ejemplo en las MAC hay una cierta tendencia a parar la máquina en estos casos en el Puesto 12 y luego corregir el dato en MCA, pero puede ser que en alguna ocasión la corrección no se lleve a cabo.

Esto nos puede llevar a situaciones como la que se representa en las siguientes ilustraciones, la 2.18 corresponde al primer caso y la 2.19 al segundo.

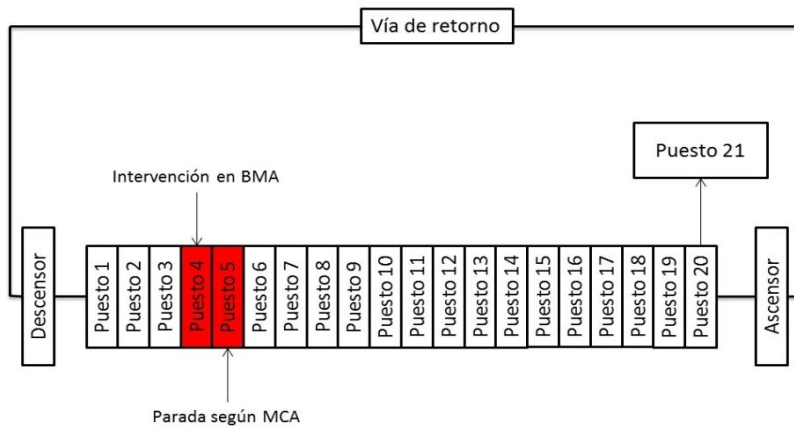


Ilustración 2.18 No coincidencia de puestos entre aplicaciones. Fuente: elaboración propia.

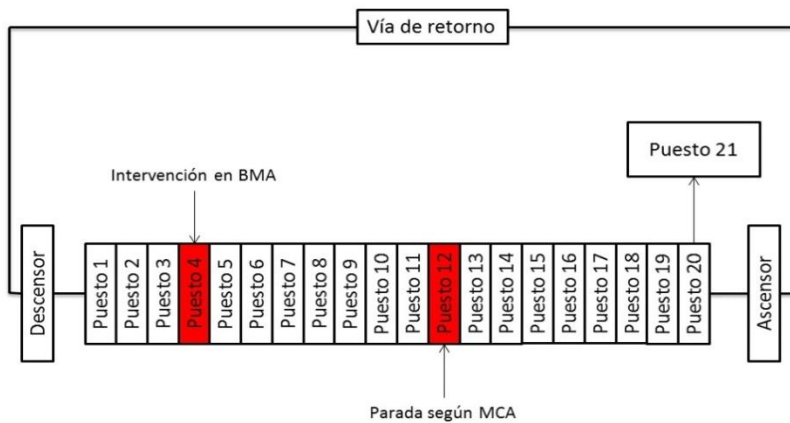


Ilustración 2.19 No coincidencia de puestos entre aplicaciones. Fuente: elaboración propia.

Por tanto se establece el siguiente criterio para cada máquina:

- MAC:
 - Se tienen en cuenta por una parte los ascensores, descensores y vías de trabajo, unidos al primer y último puesto de la máquina. Por ejemplo si se estropea el ascensor puede ser que el tambor y quede parado en el último puesto de la cadena.
 - Por otra parte, se puede asociar a la misma avería paradas desde dos puestos anteriores hasta tres siguientes, tal como se explica en la ilustración 2.20. El puesto 12 se tiene en cuenta como posible puesto de parada en cualquier avería. Tal como vemos en la ilustración 2.20 y en la siguiente, la 2.21, se podría dar parada de puesto en el 5 y el intervalo considerado como posible para la siguiente avería sería del 3 al 8, como la siguiente avería se da en el 7 se considera como la misma y se concatenarían si se dan en un intervalo inferior a 10 minutos.

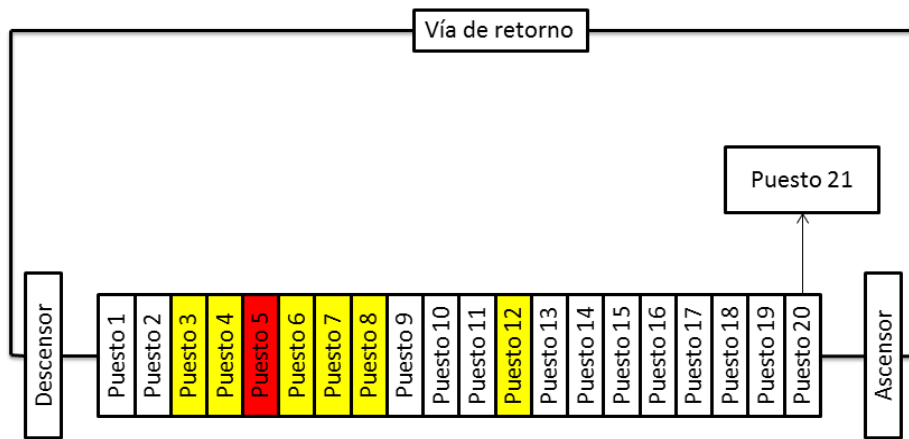


Ilustración 2.20 Intervalo de puestos definido para MAC. Fuente: elaboración propia.

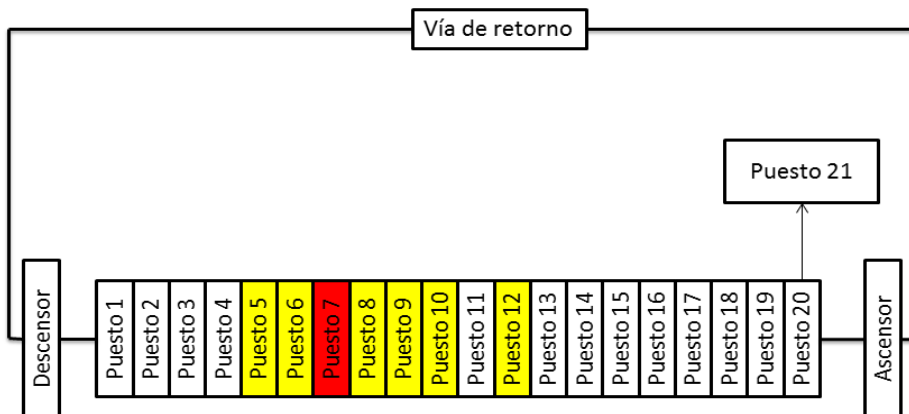


Ilustración 2.21 Intervalo de puestos definido para MAC. Fuente: elaboración propia.

- MAF: se aplica el criterio como si fueran dos líneas independientes, por una parte la de carcasas y por otra la de cimbras, en ambos casos es similar por ello se explica de manera genérica para ambas.

- Al igual que en MAC, por una parte se tiene en cuenta ascensores, descendores y vías de trabajo junto con el primer y último puesto.
- Por otra, los puestos de la máquina incluyendo desde dos puestos más hacia atrás y tres más hacia delante. En este caso no se ha observado tendencia a parar la máquina en un determinado puesto.

Además el puesto en el que se realiza la unión entre carcasa y cima, que se representa con un puesto en cada línea también se refleja en el criterio como misma parada en caso de coincidir temporalmente.

Tenemos un ejemplo en las ilustraciones 2.22 y 2.23, como vemos la primera parada se produce en el puesto de vías de retorno de las carcasas, la siguiente se puede dar en el puesto 8, en el 1, en la misma vía de retorno, en el ascensor o en el descensor. En este caso la siguiente se da en el puesto 1 y se definiría de nuevo el intervalo de puestos.

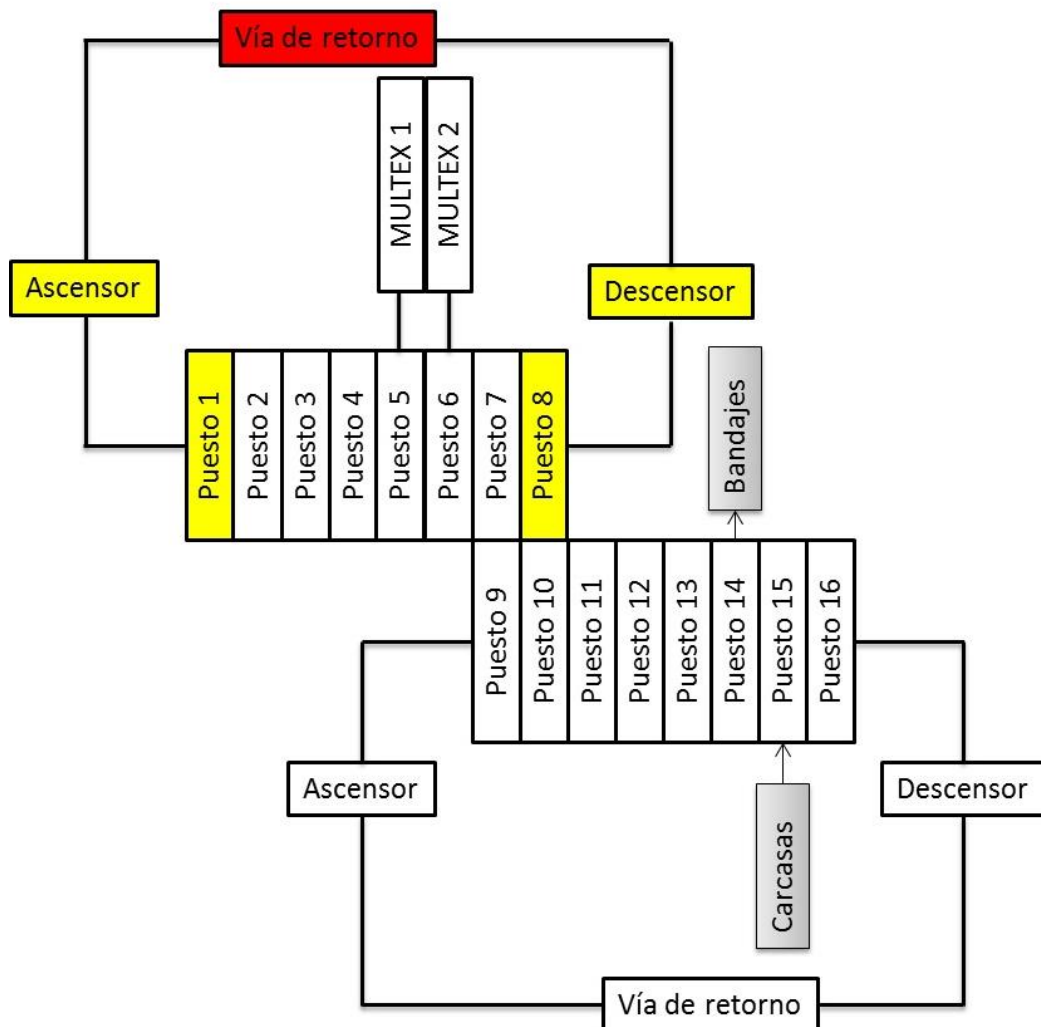


Ilustración 2.22 Intervalo de puestos definido para las MAF. Fuente: elaboración propia.

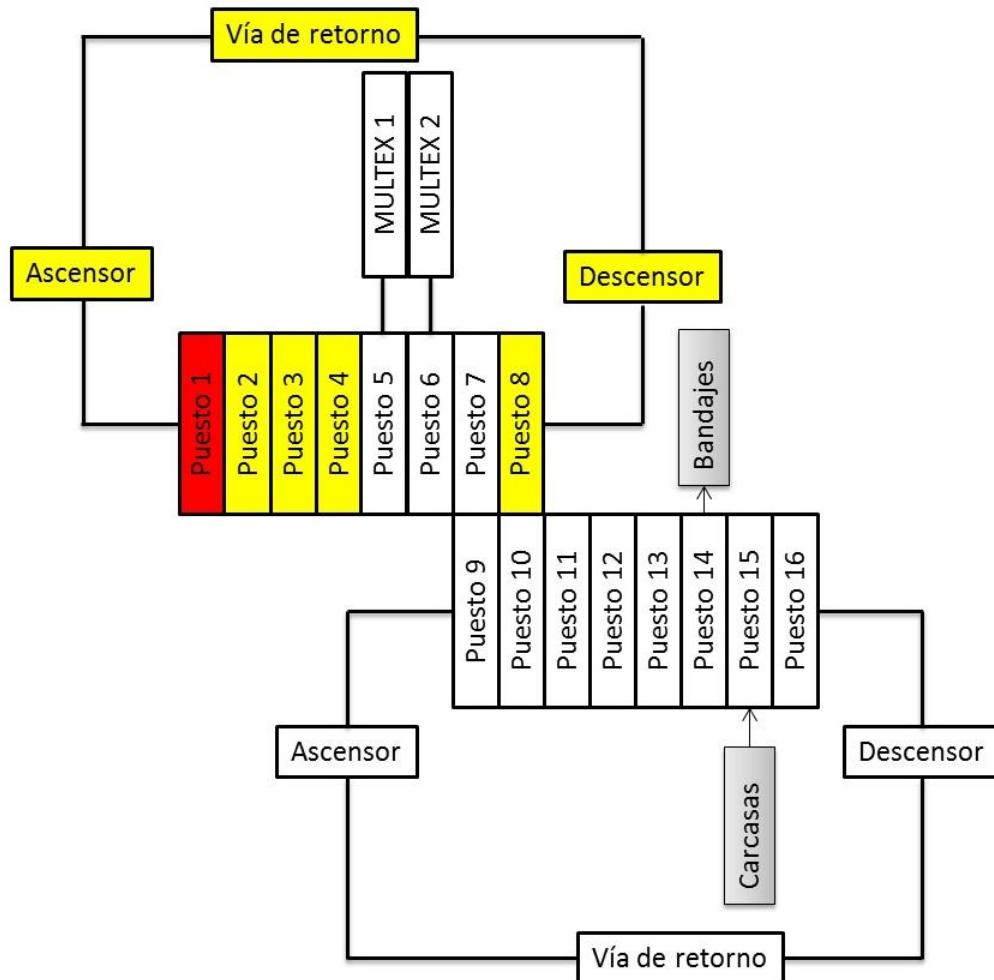


Ilustración 2.23 Intervalo de puestos definido para las MAF. Fuente: elaboración propia.

- BNS:
 - En este caso el intervalo de puestos es bastante más específico. Esto se debe a una mayor precisión observada en la imputación del puesto en MCA por parte del operario de fabricación. Se tienen en cuenta paradas en cada puesto y paradas en la torreta de manera diferenciada ya que la manera de actuar en esta máquina implica que puede fallar tanto el puesto en sí como al colocar la goma sobre la carcasa. Esto se debe a que el puesto lleva una parte de preparación del producto antes de su colocación. Como la torreta no se mueve, una avería en ella podría tener muchas causas, normalmente imputadas al puesto que ha generado la avería y sólo en caso de ser algo referente a la propia torreta imputado a ella; sin embargo esto no siempre es así.
 - Tanto en BNS como en MAF hay que tener en cuenta la Multex que va adosada a un puesto, una parada en ella puede provocar parada en el puesto y no siempre va a estar claramente diferenciado en la aplicación de fabricación si la parada pertenece a uno o a otro.

Podemos ver otro ejemplo representativo en las ilustraciones 2.24 y 2.25, en este caso referentes a las BNS. En este ejemplo vemos que la avería en la Multex nos lleva a definir un intervalo de posible parada que incluye la Multex, el puesto 3 y la torreta. La siguiente se produce en el Puesto 3 y se redefine el intervalo de puestos.

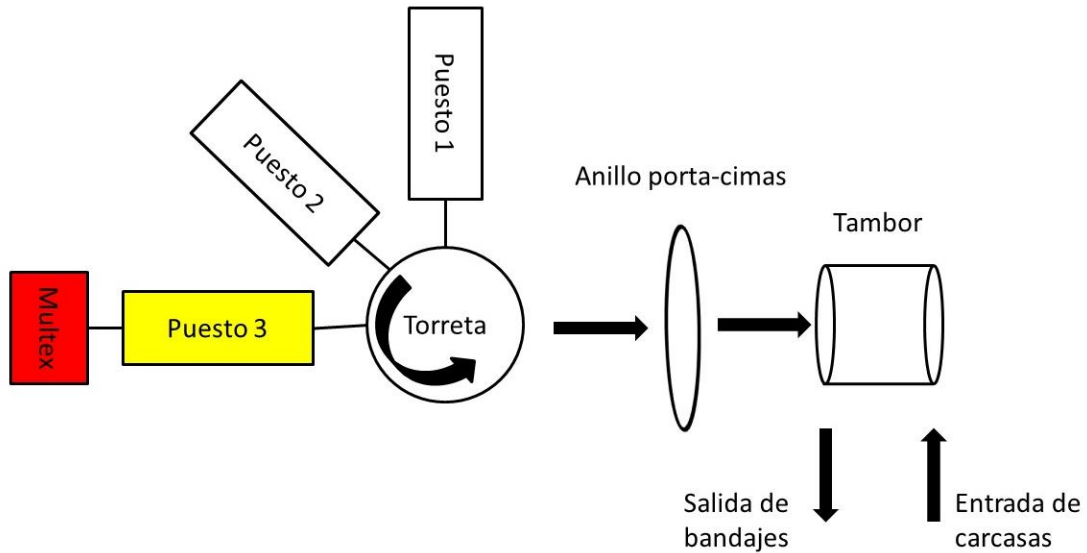


Ilustración 2.24 Intervalo de puestos definido para las BNS. Fuente: elaboración propia.

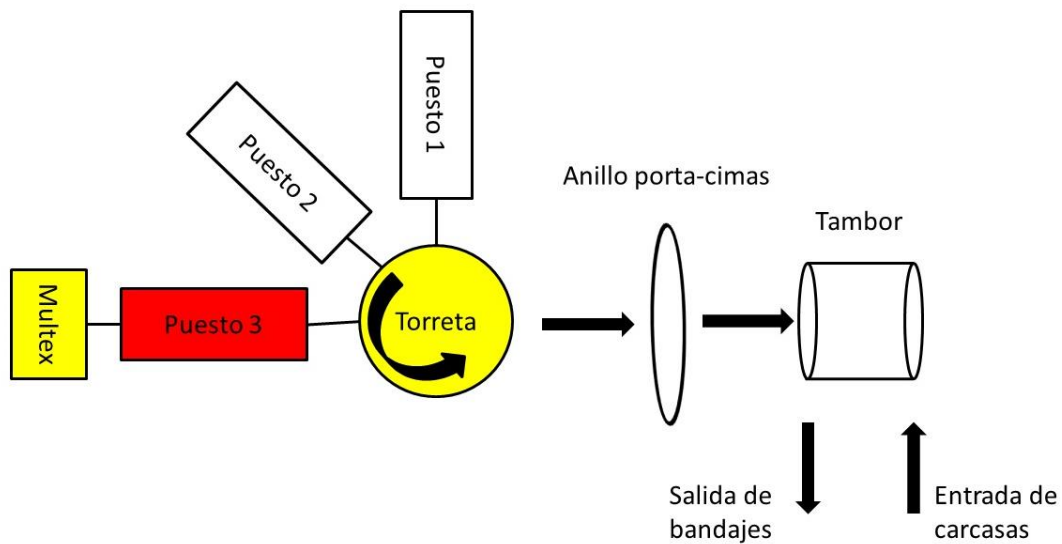


Ilustración 2.25 Intervalo de puestos definido para las BNS. Fuente: elaboración propia.

Hay imputaciones en ambas aplicaciones que son aplicables a toda la máquina, como pueda ser un fallo general, un fallo de programa o un fallo en el tambor, también ha de ser esto tenido en cuenta.

CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN E IMPLANTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO

En el presente capítulo vamos a concretar cómo se llevó a cabo la aplicación informática y el modo en que se realizó su implantación en el sistema automático de la fábrica. Para ello comenzaremos exponiendo el planteamiento lógico del sistema, a continuación se tratará el software utilizado para su programación y se detallará la aplicación resultante. Posteriormente veremos el seguimiento de la misma y las mejoras y cambios necesarios tras su puesta en marcha. En cuanto a la implantación, analizaremos el modo de comunicación con las partes interesadas seguido a lo largo del estudio y la puesta en automático de la aplicación como paso final de esta parte del estudio.

3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO

A la hora de automatizar el proceso, hay que tener en cuenta toda la casuística vista en el capítulo anterior y programar la herramienta en base a ello. Además en esta etapa de programación, se continuó realizando el análisis manual de los datos, por tres motivos principales:

- No perder la información que se obtiene del análisis diario.
- Continuar dando los avisos para que sea evidente si el cumplimiento del método está siendo seguido.
- Continuar obteniendo otras posibles casuísticas.

Por todo ello, se fueron realizando las dos actividades de modo paralelo.

3.1.1 PLANTEAMIENTO LÓGICO DEL SISTEMA

En base a todas las casuísticas, el primer paso de la construcción de la herramienta de seguimiento consistió en pensar el modo de incluirlo en el sistema y cómo éste podría llevarlo a cabo. En un inicio el programa estaba pensado para las MAC únicamente.

En cuanto a las consideraciones por momento de parada, se decidió que el programa actuara de la siguiente manera:

- Buscar las intervenciones inmediatas de mantenimiento en la aplicación de BMA y definir:
 - Un intervalo temporal de análisis en base a los momentos de Inicio y Fin, como ya se explicó previamente.
 - Un intervalo de puestos en base al puesto de intervención registrado en BMA, también definido en el capítulo anterior.
- Con ello, buscar las coincidencias en MCA en base tanto al momento de parada como al puesto de la misma. En caso de haber coincidencia, esa parada se asigna a esa intervención. Se modifican los inicios y fin de análisis si fuera necesario tal como se explicó en el capítulo correspondiente.
- Una vez que se han asignado todas las paradas a la Orden de Trabajo, se suman los tiempos de parada en MCA y este dato se guarda para realizar posteriormente el análisis.
- También se obtiene de MCA el momento idóneo de realización de la Solicitud de Servicio. Esto requiere una explicación más detallada, se ha definido un umbral de tres minutos como máximo tiempo admisible sin aviso a mantenimiento, por tanto hay que hallar el inicio de la parada de MCA y ver en cuál de estos dos casos nos encontramos:
 - Esa parada dura más de tres minutos, en este caso se suman tres minutos al inicio de la avería y ese es el momento idóneo de realizar la Solicitud de Servicio. Ver ilustración 3.1.

- Si la parada individual dura menos de tres minutos y está concatenada con otras paradas, el momento de Solicitud de Servicio idóneo es el inicio de la parada en la que se cumplen esos tres minutos. Ver ilustración 3.2.
- Si la parada no llega a sumar los tres minutos pero sí que se produce un aviso a mantenimiento, no hay momento de SS idóneo.

Al marcar este momento de Solicitud de Servicio ideal también se deja guardado respecto a qué parada de MCA se está realizando.

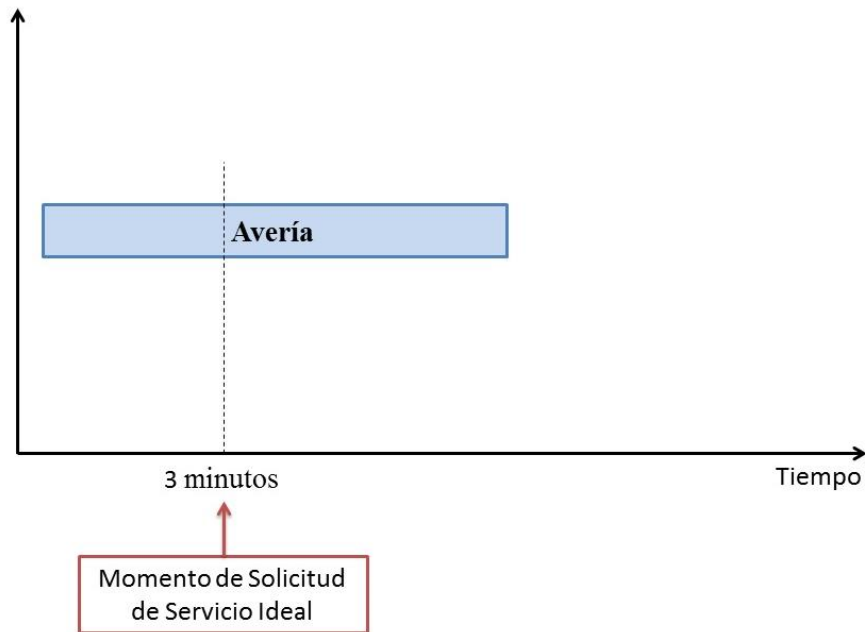


Ilustración 3.1 Momento ideal de Solicitud de Servicio. Fuente: elaboración propia.

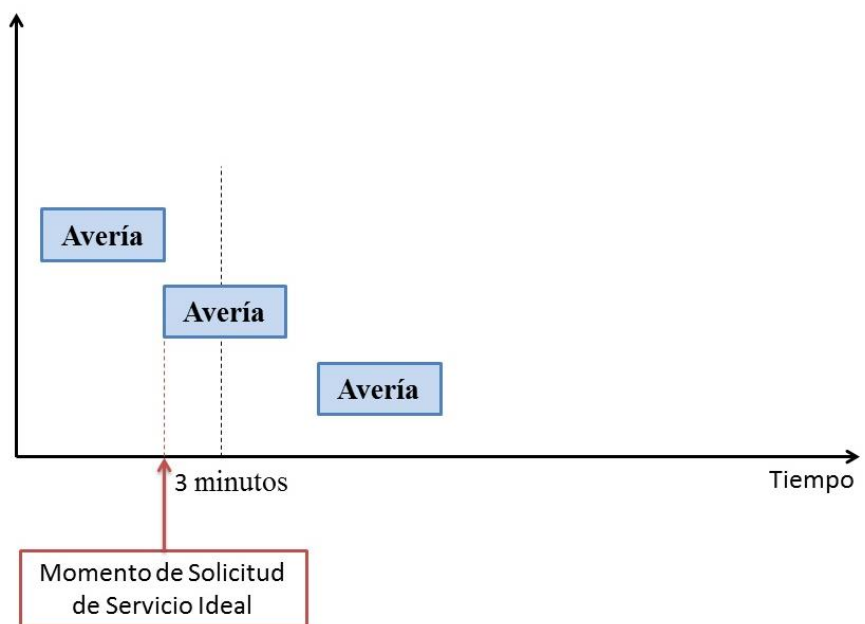


Ilustración 3.2 Momento ideal de Solicitud de Servicio. Fuente: elaboración propia.

- Para el criterio de puestos posibles de concatenar como misma avería, se realizó una codificación numérica que se expone a continuación:
 - En caso de MAC y MAF, bastante sencilla. Se asignó un mismo número al puesto en BMA y al puesto en MCA (por ejemplo el puesto 2 tiene como código un 2), el 0 se reservó para las averías generales y los números negativos para los ascensores, descensores y vías de retorno. Esta codificación numérica facilita la programación de intervalos al poder realizar sumas y restas directamente con los números.
 - En el caso de las BNS, debido a la interacción entre todos los puestos y ella, la codificación debía ser una para BMA y otra para MCA, con una columna añadida que representaba la suma de las dos cifras.
 - Si estamos tratando de asignar paradas de MCA a averías de BMA, comprobamos si la posible suma existe, de ser así se asigna, en caso contrario no.
 - Si estamos tratando de concatenar paradas de MCA, el criterio es más estricto y busca una coincidencia en cuanto a puesto, torreta o avería general.

Para clarificar podemos ver un ejemplo en la tabla 3.1.

BMA	DESCRIPCIÓN	CÓD. BMA	MCA	DESCRIPCIÓN	CÓD MCA	CÓDIGO
BNS_P3_01.70	BATI Y TAMBOR	700	F132	TAMBOR	2	702

Tabla 3.1 Ejemplo de codificación de puestos en BNS. Fuente: elaboración propia.

- Por último, en el planteamiento lógico, sabiendo la información que queremos aportar y la que necesitamos para conseguirla, necesitamos tener una serie de ficheros disponibles y accesibles para la aplicación que son:
 - Ficheros tipo texto (.txt) de MCA, estos ficheros se generan automáticamente al finalizar el turno y están disponibles en un directorio compartido. Llevan números consecutivos del 01 al 99 y después los ficheros se borran. Por tanto para cada jornada hay tres ficheros tipo texto para cada grupo de máquinas. Estos grupos son:
 - Grupo 1: MAC 01 y MAC 02
 - Grupo 2: MAC 03
 - Grupo 3: BNS 04, BNS 05 y BNS 06
 - Grupo 4: MAF 01 y MAF 02
 - Grupo 5: BNS 01 y BNS 02
 - Fichero de BMA, en donde se recogen todas las informaciones y que está disponible en un directorio compartido a partir de las 6:10 de la mañana aproximadamente.
 - Calendario de la actividad, lo necesitamos para saber los equipos correspondientes a cada turno. El calendario en bruto no es útil para sacar los datos, por tanto se hace un pequeño programa que se actualizará

anualmente para poder disponer de la información del modo adecuado. Se aprovecha este fichero intermedio para meter otras informaciones como los números correspondientes a cada día de los ficheros del MCA con el objetivo de facilitar la búsqueda de los mismos.

- Ficheros de elaboración propia con el criterio de puestos de la relación de BMA y MCA.

3.1.2 PROGRAMACIÓN DE LA HERRAMIENTA

3.1.2.1 VISUAL BASIC

El lenguaje elegido para llevar a cabo la herramienta es el Visual Basic proporcionado por Excel. Es un lenguaje de programación sencillo de entender si se tienen conocimientos previos de algún otro, en este caso de JavaScript. Se incluye a continuación una breve introducción y descripción de los elementos principales de este lenguaje.

El programador de Excel es tal como aparece en la ilustración 3.3. Como vemos, se puede organizar el programa en diferentes módulos y procedimientos.

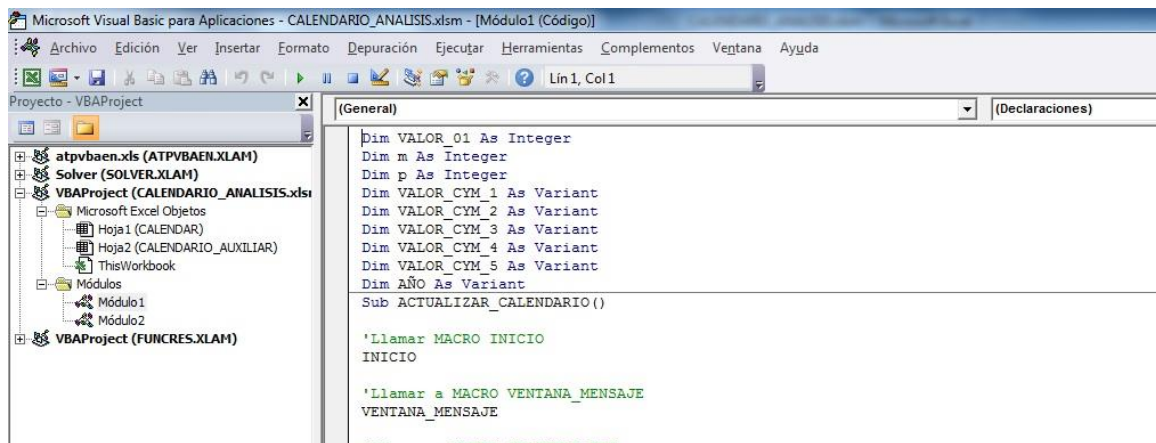


Ilustración 3.3 Ventana de introducción de código de Visual Basic. Fuente: elaboración propia.

Una Macro consiste en una serie de comandos y funciones que se almacenan en un módulo y que se pueden ejecutar tantas veces como sea necesario, cada macro forma un procedimiento. Se pueden crear mediante la introducción de código directamente en una ventana como la mostrada en anterior ilustración o bien usando la grabadora de Macros. Lo habitual es grabar una parte y luego realizar modificaciones sobre ella. Por grabar se entiende que el programa va generando código de las operaciones que vas realizando mediante el ratón y el teclado directamente sobre la hoja de Excel y lo va guardando en el procedimiento.

Como en cualquier otro lenguaje, hay diferentes tipos de datos y variables. Una variable es un lugar de almacenamiento al que se le da un nombre y que puede ser modificado durante la ejecución del programa, puede ser de un tipo específico o no. Hay diferentes maneras de declarar una variable:

- Por una parte, la variable se puede declarar:
 - De modo público, variable disponible para todos los módulos del proyecto.
 - De modo privado, sólo disponible para los procedimientos dentro del mismo módulo donde ha sido generada.
- Las variables por otra parte también pueden ser:
 - Locales, si se declara dentro de un ámbito o función.
 - Globales, se declaran al principio del módulo y pueden ser utilizadas por todos los procedimientos del mismo.

Los tipos de datos y variables utilizados en el estudio han sido, principalmente:

- Tipo Date: representa fechas.
- Tipo Double: números positivos y negativos con decimales.
- Tipo Integer: sirve para almacenar números enteros.
- Tipo String: cadenas de caracteres.

Es importante también definir los tipos de objetos que hay en el lenguaje, un objeto es una combinación de código y datos que puede ser tratado como una unidad. Cada objeto se define por una clase, hay que identificar el objeto antes de utilizarlo. Podemos ver una clasificación sencilla en la ilustración 3.4.

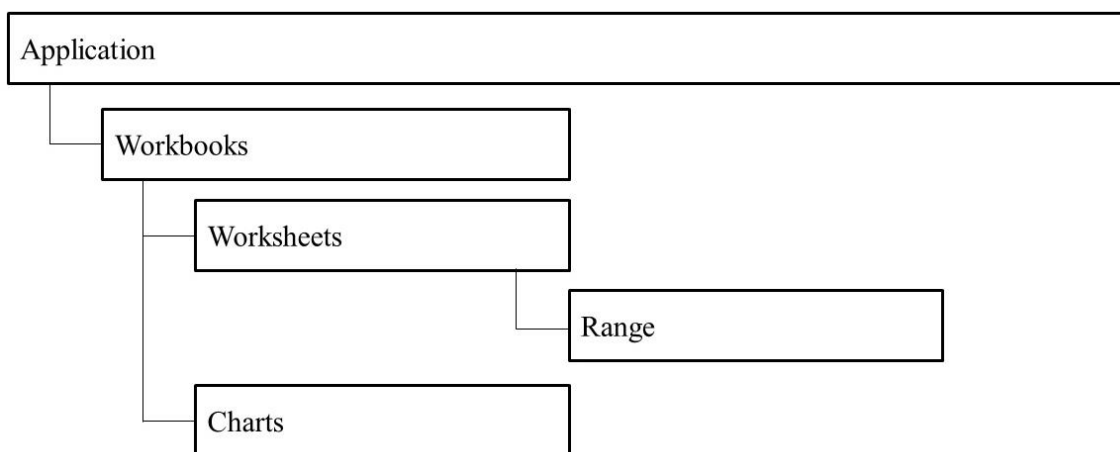


Ilustración 3.4 Clasificación de los objetos existentes en Visual Basic. Fuente: elaboración propia.

- Application: representa toda la aplicación de Microsoft Excel.
- Workbook: representa un libro de Microsoft Excel.
- WorkSheet: cada una de las hojas de cálculo de un libro.
- Chart: un gráfico de una hoja de cálculo, puede estar incrustado o en una hoja de gráficos separada.
- Range: celda, conjunto de celdas, columna o fila de una hoja de cálculo.

El código va a estar formado, en su mayoría, por procedimientos y funciones. Un procedimiento es una serie de instrucciones que realizan funciones específicas pero no devuelven ningún valor. En cambio una función siempre devuelve un valor y

normalmente precisa de diferentes argumentos como pueden ser constantes, variables o expresiones.

En cuanto a las estructuras de decisión, son las típicas de cualquier lenguaje de programación:

- If condición Then ... End If
- If condición Then... Else... End If

Como estructuras repetitivas, también sobradamente conocidas:

- For...Next
- Do while...Loop

Y con esto queda concluida la introducción al lenguaje Visual Basic.

3.1.2.2 APLICACIÓN

En cuanto al desarrollo de la aplicación, como primer punto vamos a dejar clara la arquitectura de la misma. En base a lo visto anteriormente, esta arquitectura es tal como se ve en la ilustración 3.5.

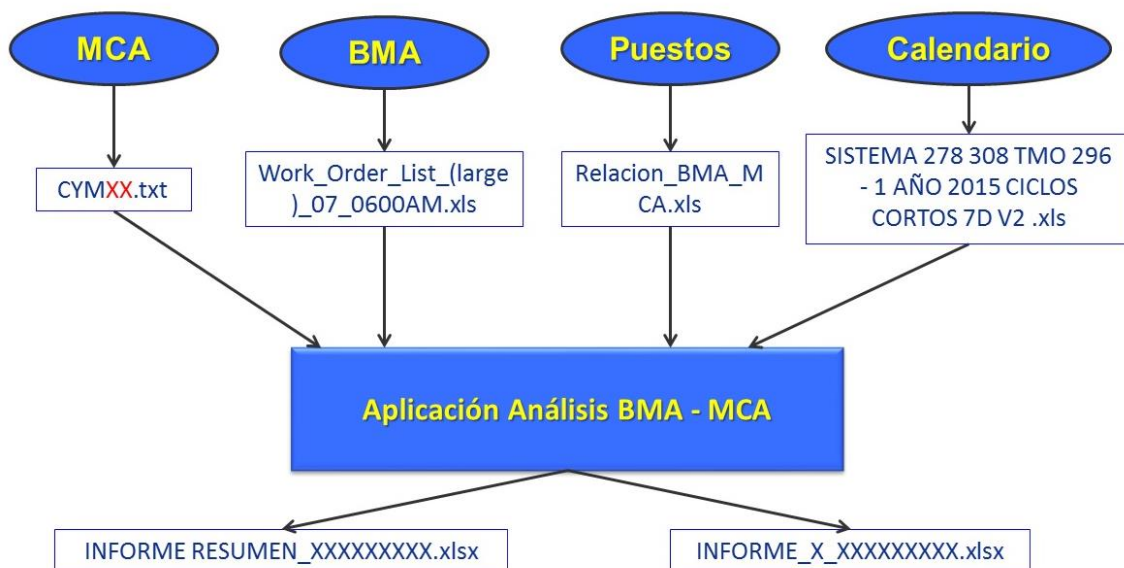


Ilustración 3.5 Arquitectura básica de la aplicación desarrollada. Fuente: elaboración propia.

Se omite en el presente trabajo todo el código utilizado en la aplicación por no ser de interés en sí mismo. Sin embargo, se incluye una explicación de cómo se han implementado todas las condiciones en el caso concreto de las MAC. Con esto es suficiente para entender el comportamiento de la herramienta.

1. Al iniciarse el programa, se vuelcan en el libro de Excel todos los archivos necesarios, tal como hemos visto en la ilustración 3.5. Cada uno de estos archivos se muestra en una hoja diferente, en el caso del MCA se van colocando consecutivamente en la misma hoja los tres turnos.

2. Se crean todas las hojas que van a ser necesarias para realizar la comparación.
3. Se comienza por analizar el MCA, como ahí aparecen representadas todas las carcacas que han salido en el día, hay que separar aquellas en las que se ha dado avería, que tienen un código asociado en MCA, de las demás. Toda la información se filtra para cada máquina. De aquí sacamos los siguientes datos:
 - Inicio de la avería, como fecha de expulsión de la carcaca anterior a la que presenta la avería.
 - Fin de la avería, dato directo.
 - Tiempo de parada, dato directo en la columna de desviación.
 - Máquina, dato directo.
 - Código de puesto, se asigna en función del dato de puesto que tengamos.
 - Turno, se calcula a partir del momento de inicio de avería.
 - Equipo, en función del turno, se ve que equipo estuvo trabajando durante el mismo.
4. Del informe completo de BMA se separan las intervenciones objeto de estudio. Esto se hace filtrando por el tipo de máquina, el tipo de intervención (inmediata) y que sea una intervención asociada a mantenimiento. Una vez hecho esto, se eliminan todas las columnas que no van a ser utilizadas en el análisis. Y a partir de las que quedan se halla:
 - Inicio de la Orden de Trabajo, la fecha más temprana entre la de Solicitud de Servicio y el momento en que se produce el Inicio de Mantenimiento.
 - Inicio de análisis, como ya explicamos, 30 minutos antes del inicio de la OT.
 - Fin de análisis, 10 minutos después del fin de la OT.
 - Código en función del puesto de parada.
 - Tiempo de parada, el dato viene en otras unidades y hay que pasarlo a minutos que es con la que se trabaja.
5. Comenzando por la primera de las OT se busca en el periodo del análisis las coincidencias en MCA en base a un criterio de puestos estricto en el que la coincidencia debe ser total. Si hay coincidencia estricta en los dos puestos, la parada es asignada a la OT.
6. Una vez se han recorrido todas las paradas de MCA y ya han sido o no asignadas a esta OT, se calcula el tiempo de parada acumulado. Si el tiempo acumulado sobrepasa en más de 1 minuto el tiempo de parada que se registró en BMA, se marca con una X a partir de la parada en la que se comienza esa sobreimputación de tiempo. Además se pone el tiempo de más que supone añadir esa parada a la intervención. Vamos a verlo con un pequeño ejemplo:

Ejemplo 3.1: La Orden de Trabajo VLD111111111 viene definida por:

Solicitud de Servicio: 08:55:00

Inicio real de mantenimiento: 09:00:00 a.m.

Fin real de mantenimiento: 10:00:00 a.m.

Tiempo de parada de máquina: 15 minutos

Puesto de parada de máquina: 5

Inicio del análisis: 08:25:00

Fin del análisis: 10:10:00

Y vamos a suponer que en MCA hemos asignado estas paradas de máquina:

Parada 1:	Parada 2:	Parada 3:
<i>Inicio parada: 08:54:30</i>	<i>Inicio parada: 08:57:00</i>	<i>Inicio parada: 09:55:00</i>
<i>Fin parada: 08:56:00</i>	<i>Fin parada: 09:11:15</i>	<i>Fin parada: 10:09:00</i>
<i>Tiempo de parada: 1,25 minutos</i>	<i>Tiempo de parada: 14 minutos</i>	<i>Tiempo de parada: 13,75 minutos</i>
<i>Tiempo de ciclo de 0,25 minutos</i>	<i>Tiempo de ciclo de 0,25 minutos</i>	<i>Tiempo de ciclo de 0,25 minutos</i>
<i>Puesto de parada: 5</i>	<i>Puesto de parada: 5</i>	<i>Puesto de parada: 5</i>

Como vemos en la Parada 2 ya se superan los 15 minutos de parada de la OT ya que el acumulado de la Parada 1 y la Parada 2 suma 15,25 minutos. Sin embargo, no se supera en más de un minuto y por tanto la Parada 2 no quedaría marcada con la X. En cambio la Parada 3 quedaría marcada con una X en una celda y un 13,75, que es lo que supone esta parada de más a la OT, en otra.

7. Ahora se da una segunda vuelta donde para cada OT se calcula en primer lugar si aún le queda tiempo por encontrar en MCA, es decir, si el tiempo asignado en la primera vuelta de MCA es menor que el tiempo de parada que tiene la intervención en BMA. En este caso, se amplía el criterio de puestos utilizando el criterio menos estricto ya comentado que da unos intervalos en cuanto a puestos y se vuelve a recorrer el MCA. Nos enfrentamos a dos posibilidades:
- Parada en MCA no asignada a ninguna OT.
 - Parada en MCA ya asignada a otra OT, dentro de esta tenemos que considerar otros dos tipos:
 - Parada marcada con una X, con lo cual supone una sobre-imputación a su OT asignada actualmente.
 - Parada no marcada por una X.

En caso de encontrar una parada no asignada previamente, se comprueba si está dentro del periodo de análisis y si cumple el criterio de puestos menos estricto. De ser así, la parada es asignada a la OT. Veámoslo con otro ejemplo:

Ejemplo 3.2: *La Orden de Trabajo VLD222222222 viene definida por:*

Solicitud de Servicio: 09:55:00

Inicio real de mantenimiento: 10:00:00 a.m.

Fin real de mantenimiento: 11:00:00 a.m.

Tiempo de parada de máquina: 20 minutos

Puesto de parada de máquina: 6

Inicio del análisis: 09:25:00

Fin del análisis: 11:10:00

Menor puesto admitido: 4

Mayor puesto admitido: 9

Y vamos a suponer que en la primera vuelta no le fue asignada ninguna OT y que en MCA encontramos la siguiente parada de máquina:

Parada 1:

Inicio parada: 10:54:30

Fin parada: 10:56:00

Tiempo de parada: 1,25 minutos

Tiempo de ciclo de 0,25 minutos

Puesto de parada: 7

Como vemos con el criterio estricto del puesto no se había asignado y sin embargo ahora con el criterio menos estricto sí.

En caso de encontrar una que ya estaba asignada y marcada con una X hay que valorar dónde tiene más sentido dejarla, si en la OT previa o en la nueva posibilidad. Esto se calcula en función de donde va a quedar mejor el ajuste respecto al tiempo de parada. Veámoslo con un ejemplo:

Ejemplo 3.3 Partiendo de las dos OT de los ejemplos anteriores, recordemos que al inicio de la segunda vuelta estaríamos en una situación tal que:

OT VLD111111111

Solicitud de Servicio: 08:55:00

Inicio real de mto: 09:00:00 a.m.

Fin real de mto: 10:00:00 a.m.

Tiempo de parada: 15 minutos

Puesto de parada: 5

Inicio del análisis: 08:25:00

Fin del análisis: 10:10:00

Menor puesto admitido: 3

Mayor puesto admitido: 8

Tiempo según MCA: 29 minutos

Para la OT VLD111111111 no se daría una segunda vuelta ya que el tiempo de parada según MCA (29 minutos) ya es mayor que el de BMA (15 minutos). En

OT VLD222222222

Solicitud de Servicio: 09:55:00

Inicio real de mto: 10:00:00 a.m.

Fin real de mto: 11:00:00 a.m.

Tiempo de parada: 20 minutos

Puesto de parada: 6

Inicio del análisis: 09:25:00

Fin del análisis: 11:10:00

Menor puesto admitido: 4

Mayor puesto admitido: 9

Tiempo según MCA: 0 minutos

cambio para la siguiente OT sí que se daría segunda vuelta y esto sería lo encontrado en MCA:

Parada 1 ASIGNADA:	Parada 2 ASIGNADA:	Parada 3 ASIGNADA X:
Inicio parada: 08:54:30	Inicio parada: 08:57:00	Inicio parada: 09:55:00
Fin parada: 08:56:00	Fin parada: 09:11:15	Fin parada: 10:09:00
Tiempo de parada: 1,25 minutos	Tiempo de parada: 14 minutos	Tiempo de parada: 13,75 minutos
Tiempo de ciclo de 0,25 minutos	Tiempo de ciclo de 0,25 minutos	Tiempo de ciclo de 0,25 minutos
Puesto de parada: 5	Puesto de parada: 5	Puesto de parada: 5
		Tiempo sobre-asignado: 13,75

Comprobaríamos dónde conviene tener la Parada 3: si la dejamos como está tendremos una OT sobre-imputada con 14 minutos y a la siguiente le faltarían 20 por imputar. Si la cambiamos a la siguiente, dado que se cumple el criterio de puestos menos estricto así como el criterio de momento de parada, tendríamos la primera con una sobre-imputación admisible de 0,25 minutos y a la segunda solo le faltarían ser imputados 6,25 minutos. Con lo cual la tercera parada sería reasignada a la OT VLD222222222. Veámoslo gráficamente en la ilustración 3.6.

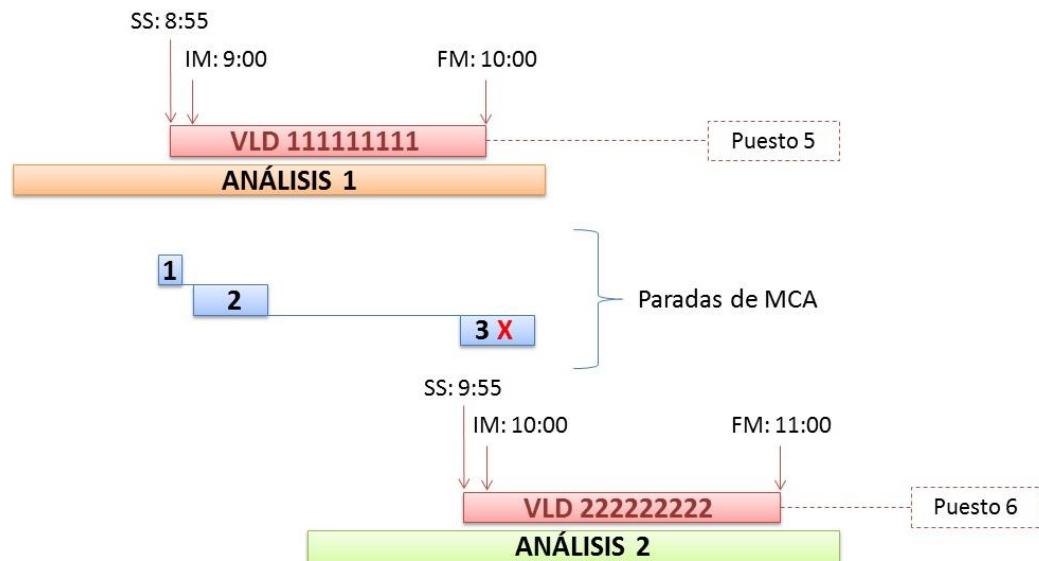


Ilustración 3.6 Reasignación de una parada de MCA a otra intervención de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

Con todo esto conseguimos un muy buen ajuste de las paradas. Tratando de adaptar lo máximo posible el sistema a la manera de hacer de los operarios en la máquina, ya que hay situaciones en las que se crean Órdenes de Trabajo muy seguidas en puestos relacionados debido a que son considerados por el mantenedor como distintas averías.

8. Para cada Orden de Trabajo se calcula el momento idóneo de Solicitud de Servicio, como ya mencionamos. También se le asigna el tiempo de máquina parada según MCA, el turno y el equipo.
9. Aún pueden quedar paradas sin asignar a Órdenes de Trabajo, éstas son tratadas de tal modo que se van agrupando en base al criterio ya mencionado de puestos y de concatenación de parada si no distan más de 10 minutos.
10. Pueden aparecer Órdenes de Trabajo sin paradas en MCA asociadas que suelen tener un tiempo de parada de máquina de cero minutos. Estas intervenciones se contemplan en el análisis solo con la información procedente de BMA.
11. Una vez hecho esto, tenemos una serie de paradas con OT asignada o no y rellenamos todos los campos para los cuales tenemos datos, estos campos son:

Máquina	Tiempo parada MCA	Operario mantenimiento
OT	Tiempo parada BMA	Ideal SS
Inicio avería	Puesto parada MCA	Máximo permitido
Solicitud de Servicio	Puesto parada BMA	Desviación SS
Inicio mantenimiento	Turno	Desviación IM
Fin avería	Equipo	Puesto secundario
Fin mantenimiento	Operario fabricación	

El puesto secundario se incluye para facilitar el hacer los gráficos. Es el puesto de MCA, en caso de no haber MCA asignado a esa Orden de Trabajo, es el de BMA.

12. A partir de los datos se sacan los gráficos de comparación de tiempos, de desviaciones para cada parada, la tabla de cumplimiento de método operativo y una gran tabla con todos estos campos por si se quiere entrar en el detalle de alguna intervención o parada.

Esta fue la primera versión de la aplicación, cada día se generaban informes para cada una de las MAC y eran enviados los correspondientes interesados.

Dada la buena acogida de los informes y la buena disposición a continuar mejorando el método se incluyeron las demás máquinas del ensamblado de turismo en la aplicación. Por lo tanto, lo que se hizo fue adaptarla a las MAF y BNS. Las informaciones disponibles eran bastante similares, hubo que analizar los datos para conseguir un buen criterio de puestos y definir correctamente el intervalo temporal de análisis. Por lo demás, la mayor parte de la estructura de la aplicación se pudo aprovechar. Las salvedades principales eran debidas a que las MAC son tres máquinas, mientras que tenemos cinco BNS y dos MAF.

Por el mismo motivo también se decidió realizar el análisis para la parte de regladores. Los datos son similares, la información está disponible en los mismos ficheros que para las averías, solo cambian los criterios de los filtros que deben ser enfocados para esta parte. La extensión a la parte de regladores es detallada con profundidad en el apartado 4.4 del presente documento.

Con lo cual en esta segunda versión se incluían informes para cada línea en los que aparecían tantas tablas y gráficas como se indica a continuación:

- Línea 1:
 - MAC 01 averías y MAC 01 reglajes
 - BNS 01 averías y BNS 01 reglajes
 - MAF 01 averías y MAF 01 reglajes
- Línea 2:
 - MAC 02 averías y MAC 02 reglajes
 - BNS 02 averías y BNS 02 reglajes
 - MAF 02 averías y MAF 02 reglajes
- Línea 3:
 - MAC 03 averías y MAC 03 reglajes
 - BNS 04 averías y BNS 04 reglajes
 - BNS 05 averías y BNS 05 reglajes
 - BNS 06 averías y BNS 06 reglajes

3.1.2.3 FIABILIDAD DEL SISTEMA

Con la aplicación puesta en marcha, se continuó realizando una revisión de los datos y haciendo hincapié a los responsables en la necesidad de aplicar el método operativo para conseguir una resolución óptima de las averías. Con un mes completo de datos analizados mediante la aplicación se comenzaron a sacar algunas conclusiones:

- Con el envío de los informes diarios se fue viendo una clara mejora de cumplimiento del método en cuanto a la utilización de la aplicación de mantenimiento para realizar los avisos y en la realización correcta de las Solicitudes de Servicio. Hubo, por tanto, una clara mejora en la actuación de los operarios de fabricación.

Sin embargo, gracias al análisis se obtuvo que se daba un importante falseamiento de datos por parte de mantenimiento. Debido a la posibilidad de cambiar las horas de inicio y fin de mantenimiento, estos datos eran modificados y el cronómetro no era utilizado correctamente.

Es decir, se comenzaba a notar una mejora en el modo de hacer de los operarios en la línea, con lo cual el mantenedor no tenía motivos para modificar el cronómetro y debía ser este elemento el que marcara el inicio y el fin de la intervención. Sin embargo, lo seguía haciendo para que así quedara registrado en la aplicación que siempre llegaba rápidamente a la máquina. Como el indicador era de utilización de cronómetro, el parámetro medido era el de que se hubiera hecho un click en el mismo, pero en ningún sitio quedaba registrado si luego ese dato había sido modificado. La situación era como la de la ilustración 3.7. Como vemos se daba una situación en la que los operarios de fabricación estaban muy controlados en cuanto a cumplimiento de método y sin embargo los de mantenimiento realizaban modificaciones a su antojo.

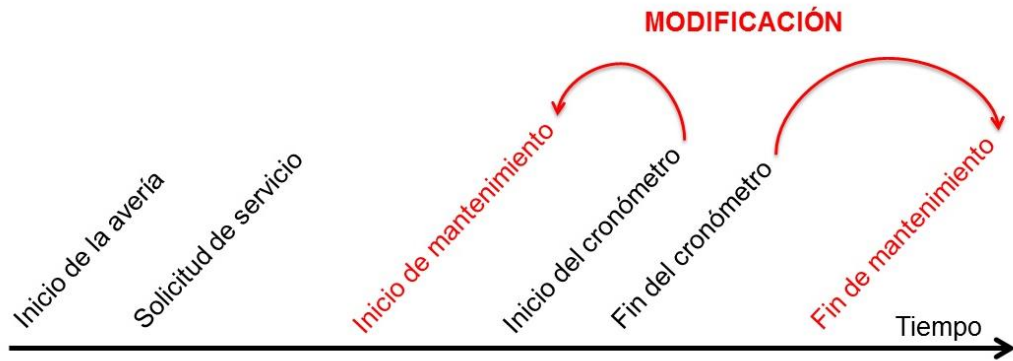


Ilustración 3.7 Modificación de los datos por parte de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

Lo que se hizo fue dar el aviso al responsable y llevar a cabo un seguimiento diario a cada mantenedor para lograr el correcto uso del cronómetro. Este cambio en los datos supuso que uno de los objetivos del estudio, saber el tiempo que tarda el mantenedor en acudir cuando es avisado, no pudiera ser cumplido debido a la carencia de datos fiables.

- Cambio de tipo de Orden de Trabajo. En la aplicación de BMA hay diferentes tipos de posibles averías que se pueden registrar. Cuando no había acuerdo entre mantenedor y operario en la fábrica se empezó a detectar que el mantenedor cambiaba el tipo de Orden de Trabajo a tipo Reparación, que supone una clase de mantenimiento sin parada de máquina y que no lleva asociado aviso por parte de fabricación.

El problema que esto suponía es que al llevar a cabo el análisis, se detectaba una parada de máquina en MCA sin aviso a mantenimiento, ya que en ese momento no hay ninguna Orden de Trabajo catalogada como “intervención inmediata” en BMA. Con lo cual, se culpaba al operario de la máquina de no dar aviso. Sin embargo, se vio que el aviso sí que existía y que el problema era este cambio de tipo de Orden. Se dio el correspondiente aviso al responsable de mantenimiento y se reprogramó la aplicación para que también tuviera en cuenta este tipo de Órdenes de Trabajo.

- Mala imputación de tiempos de parada en MCA. Como vimos en la disposición del taller y como se ha ido explicando a lo largo del texto, tras cada máquina hay una serie de almacenes intermedios. La parada por avería en uno de estos almacenes intermedios puede suponer la parada de la máquina de fabricación ya que no puede seguir fabricando hasta que no quede libre la salida. Además se da el hecho de que ciertas paradas en estos almacenes intermedios son vistas por el propio conductor de la máquina y es él quien tiene que realizar la llamada a mantenimiento para que acuda a repararlo.

Sin embargo, esta avería como vemos no es una propia avería de la máquina, y aunque esta está parada no se debe imputar como parada de máquina por avería en MCA, si no parada de máquina por fallo de los tapices. Hay que tener en cuenta que estos puestos de la máquina también pueden tener avería, como

cualquier otro, en la que también el conductor avise a mantenimiento y en este caso sí tendría que imputar la parada como avería de máquina. Como vemos es un tema complicado que no siempre se resuelve del modo correcto. Por ello se pueden encontrar grandes paradas en MCA en ciertos puestos de la máquina sin correspondencia en la parte de BMA analizada, ya que mantenimiento los ha imputado a los almacenes intermedios, puestos que quedan fuera de los límites del presente estudio.

Como en el caso anterior, la solución fue dar el aviso a los responsables de fabricación y reprogramar la aplicación para que en caso de no encontrar intervención inmediata en los primeros o últimos puestos de la máquina buscara intervenciones inmediatas en las declaradas en los almacenes intermedios que pudieran concordar con dicho momento de parada. Para clarificar este punto se adjuntan las ilustraciones 3.8 y 3.9. En la primera, se representa la conexión entre cada MAC con su almacén intermedio (SDIC) correspondiente, es decir ahí estarían almacenadas las carcacas y de ahí irían cuando fuera necesario a la MAF o BNS que las solicitara. En la siguiente ilustración vemos como un fallo en el SDIC 32 puede provocar parada tanto en el último puesto de la MAC 01 o de la MAC 02 como en el primer puesto de la BNS 01 o de la BNS 02.

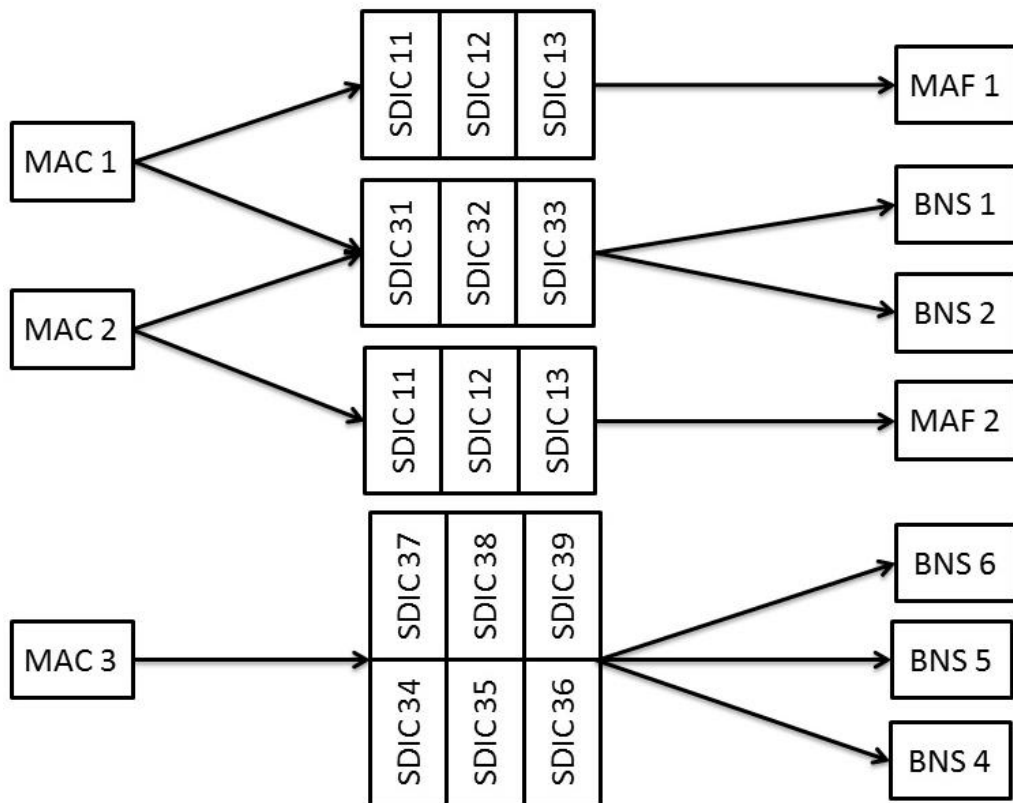


Ilustración 3.8 Relación entre la maquinaria del taller y los almacenes de carcacas. Fuente: elaboración propia.

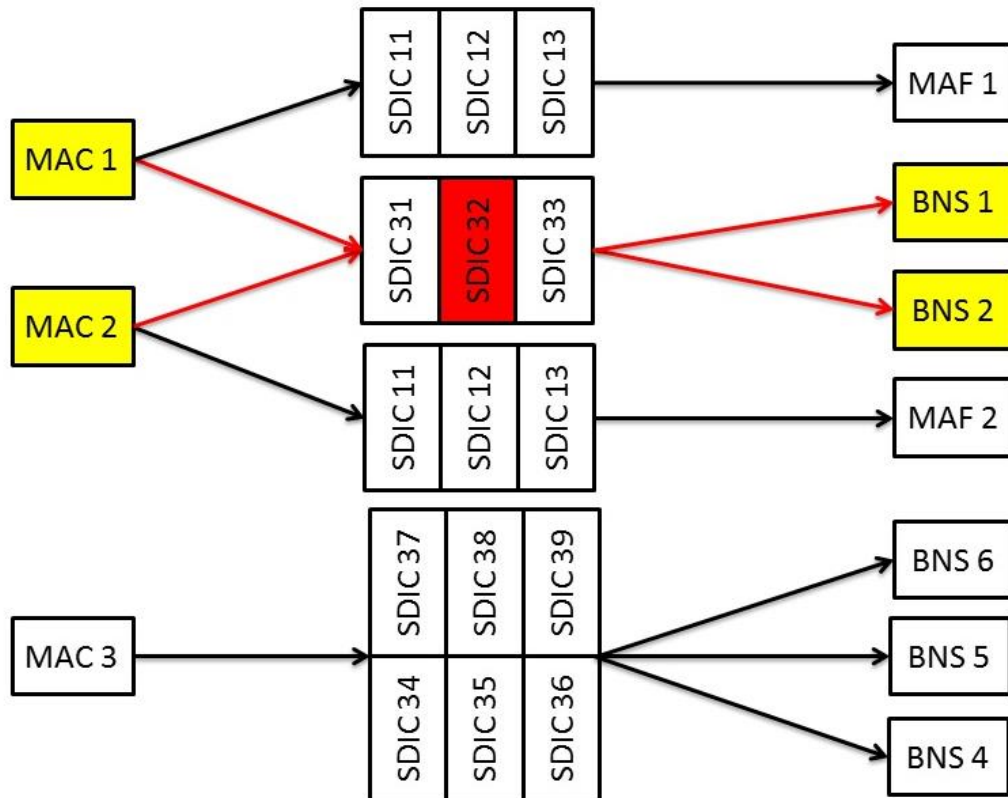


Ilustración 3.9 Fallo en un almacén de carcasas. Fuente: elaboración propia.

3.1.2.4 VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA

Una vez realizado el modelo es importante llevar a cabo su verificación y validación. Veamos la evolución de un modelo en la ilustración 3.10, se han aplicado los conocimientos teóricos de la simulación al presente estudio.

Como vemos, a partir del sistema real y por medio del análisis de datos se crea el modelo conceptual. Esta fase debe llevar consigo la validación del modelo y el modelo resultante debe ser creíble, es decir debe ser acorde al sistema. Una vez que tenemos el modelo conceptual validado se lleva a cabo la aplicación informática por medio de la programación en un determinado lenguaje, en este caso Visual Basic. Este paso requiere verificación, es decir, la aplicación debe hacer lo que teníamos pensado en el modelo. Con la aplicación puesta en marcha se realizan simulaciones hasta obtener resultados correctos, es decir, validamos la aplicación por medio de pruebas. Una vez que estamos seguros de obtener resultados correctos con la aplicación, estos se muestran e implementan. Este último paso requiere de credibilidad, es decir, los resultados implementados deben ser acordes a las posibilidades que ofrece el sistema.

Veamos ahora definiciones y técnicas específicas tanto para la verificación como para la validación, términos a los que hemos hecho referencia en el presente epígrafe.

Verificación: el modelo programado hace lo que queríamos que hiciera el planteado

Técnicas para verificar:

- Dividir el programa en módulos y revisar instrucción a instrucción para detectar errores de programación. Con esto logramos además mejorar el programa para que sea fácilmente entendible por otras personas.
- Realizar revisiones por diferentes personas para detectar errores. Presentando la herramienta a diferentes personas y explicando su funcionamiento se idearon mejoras en cuanto a su rapidez.
- Simular distintas situaciones, cambiar las entradas y comprobar si las salidas son razonables. Conociendo gracias al análisis manual lo que esperamos que haga la aplicación podemos probarla en diferentes situaciones hasta que en todas dé los resultados esperados.

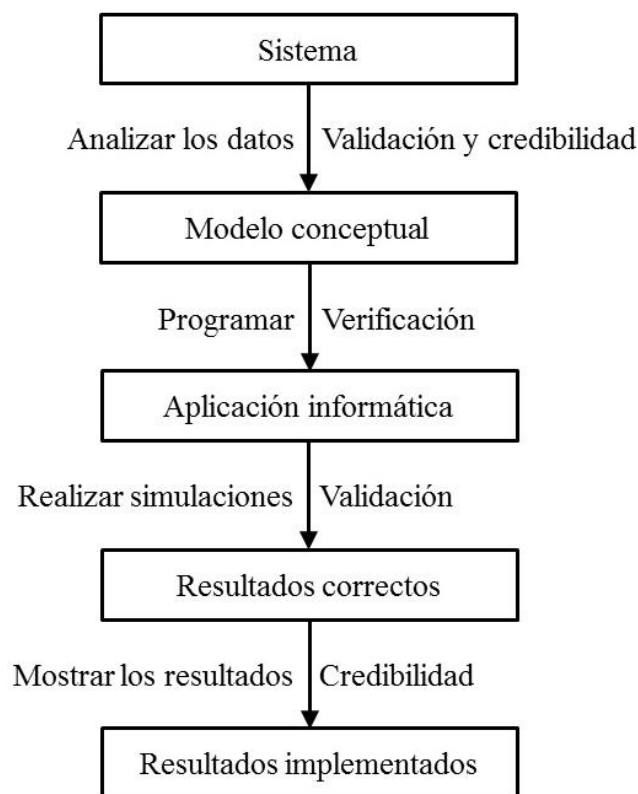


Ilustración 3.10 Pasos en la implantación de resultados en base a un modelo generado sobre un sistema real. Fuente: elaboración propia a partir de *Apuntes de la asignatura Métodos Cuantitativos en Ingeniería de Organización II* (Gento, Ángel)

Validación: comprobar que tanto el modelo planteado como el finalmente programado se ajustan al sistema que queremos simular.

Técnicas para validar:

- Se tomaron unas hipótesis de partida en base a los conocimientos previos sobre el sistema y con esas hipótesis se llevó a cabo el análisis obteniéndose unos resultados. En base a los resultados se fueron rechazando las hipótesis que daban

resultados contrarios a la realidad. Esto se hizo teniendo además en cuenta el histórico de datos.

3.1.2.5 SEGUIMIENTO

Todos los informes generados con la aplicación eran revisados diariamente antes de ser enviados para comprobar que todo el razonamiento era correcto o bien realizar alguna pequeña modificación de cara a implementar las costumbres del taller en la aplicación. Es decir, esos pequeños detalles en los que el operario puede decidir actuar unas veces de un modo y otras de otro en función del tipo de avería, eran considerados para que todo quedara reflejado en la aplicación. Después los archivos eran enviados y cada parte interesada tenía que llevar a cabo la lectura de los informes y actuar en caso de ser necesario hablando con algún equipo. Recordemos cuántos informes diarios suponían para cada destinatario:

- El jefe de mantenimiento tenía sobre su mesa cada mañana 10 informes diferentes y muy detallados por cada máquina y sólo debido a esta aplicación.
- El jefe de regladores tenía otros 10.
- El jefe de la línea 1 y el de la línea 2 tenían 6 informes cada uno para leer.
- El jefe de la línea 3 tenía 8.

Es demasiada información junto con toda la demás que tienen que manejar cada mañana. Por ello se ideó un nuevo informe resumen de los grandes puntos a considerar, manteniendo el informe detallado para consultas puntuales cuando fueran necesarias.

Este informe detallado tiene dos partes, la de averías y la de regladores. Para ambos se hacen las mismas tablas que podemos dividir en cuatro grupos, antes de pasar a explicar cada uno de ellos hay que indicar que cada tabla utilizada a modo de ejemplo pertenece a un día distinto y más significativo en el que aparecen más detalles para visualizar mejor la intención de cada tabla, por tanto no se debe buscar relación alguna entre ellas.

- Resumen de la diferencia de imputación para cada máquina agrupado por líneas. Con los datos del día se sabe cuánto tiempo de MCA está asignado a BMA y cuánto no lo está. Esta no imputación en BMA se puede deber a que no se ha llamado a mantenimiento o bien a que mantenimiento sí que ha sido avisado pero no reconoce esa parada como avería. Toda esa diferencia es la que se refleja en estos gráficos y se expresa como total de minutos no imputados para cada máquina. Por temas de confidencialidad no se puede exponer el total de avería de este tipo que hay en el taller diariamente, por ello en la ilustración 3.11 el tiempo de parada no imputado en BMA aparece de manera porcentual sobre el total de diferencia del taller. Sirve para discernir en qué máquinas ha habido una mayor diferencia y sobre esas será sobre las que se trabaje en el día a este respecto.

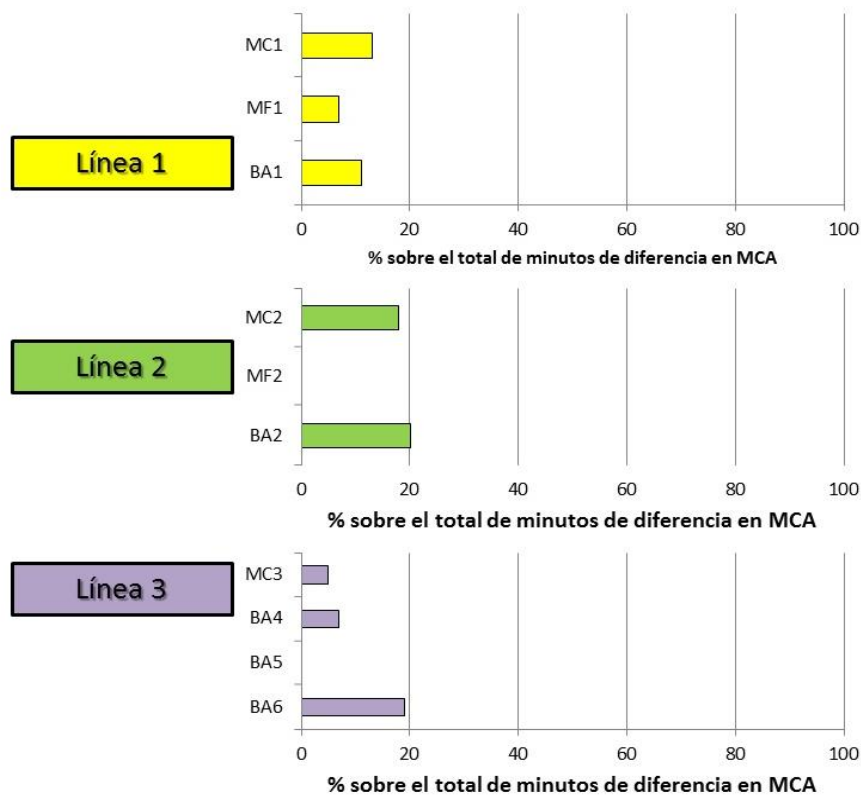


Ilustración 3.11 Pérdidas en MCA no imputadas en BMA para cada línea. Fuente: elaboración propia.

- En la parte inferior del informe podemos ver tres tablas diferenciadas, la primera de ellas (podemos consultar la tabla 3.2 a modo de ejemplo) ordena el tiempo total de parada de un puesto según MCA. Es decir, se verían los puestos con mayor avería según fabricación del día. Tendríamos las grandes averías, lo que todo el mundo en el taller tiene en la cabeza. Aparecen así los diez primeros puestos con mayor tiempo de parada de todo el taller y en ella se indican para cada uno la máquina, el puesto (que por tema de confidencialidad denominamos como puesto 1, puesto 2 etc.), el número de veces que se ha parado la máquina según MCA (una vez hecho el análisis recordemos que no son los datos en bruto si no que existe una concatenación, con lo cual cada una de ellas no es una pequeña avería si no que presenta la avería global) y las intervenciones que se han realizado en ese puesto según BMA. Por último, se indica en tiempo de parada que estas averías han supuesto en MCA y en BMA, esto da una idea de cómo han sido solventados los grandes problemas de la jornada. Por ejemplo, si acudimos a la tabla de ejemplo, en el primer caso ha habido dos paradas de máquina en MCA y dos intervenciones en BMA y los tiempos prácticamente coinciden, con lo cual parece ser que se ha resuelto correctamente. Sin embargo, en el segundo registro de la tabla vemos que ha habido 4 paradas de máquina y 3 avisos a mantenimiento y en ninguno de ellos se ha imputado tiempo de parada en BMA, esto nos lleva a pensar que ha habido algún problema en este puesto

concreto. Si hay una diferencia superior a 15 minutos entre ambas aplicaciones, los números aparecen resaltados en rojo.

PRINCIPALES PARADAS EN MCA					
Avería con mayor tiempo imputado en MCA					
MÁQUINA	PUESTO	Nº PARADAS MCA	Nº INTERV. BMA	TIEMPO MCA	TIEMPO BMA
BA6	PUESTO 1	2	2	55	51
BA2	PUESTO 1	4	3	54	0
MC3	PUESTO 8	1	1	52	52
BA4	PUESTO 2	2	2	48	41
BA2	PUESTO 2	3	2	41	22
BA5	TORRETA	1	1	39	39
MF1	PUESTO 5	3	2	37	9
BA5	MULTEX	1	2	31	0
BA5	PUESTO 3	2	1	31	8
MC1	PUESTO 18	2	2	30	24

Tabla 3.2 Principales paradas del día en MCA. Fuente: elaboración propia.

- En la parte central del informe aparece una tabla como la que se presenta a continuación a modo de ejemplo, la tabla 3.3. En ella se reflejan las 10 paradas puntuales en las que ha habido una mayor diferencia de imputación entre MCA y BMA, es decir, los diez grandes desacuerdos del día. En la tabla se indica: el tiempo de parada según cada aplicación, la máquina donde ha tenido lugar, el puesto y por último, al tratarse de un tema puntual, se registra también el equipo que estaba trabajando en ese momento lo que permite una rápida intuición de qué equipos han funcionado mejor y peor. Debajo de cada parada aparece un recuadro en el que se indica el comentario escrito por el mantenedor en la OT respecto a esa intervención en caso de tenerlo, también se hacen otros apuntes en ese mismo espacio que serán explicados a continuación. Analizando en detalle la tabla, podemos ver los cinco casos posibles:
 - Caso 1: el de la primera parada. El propio operario escribe en la descripción de la OT que le imputan 34 minutos de parada no habiendo avería, por eso él imputa 1 minuto en BMA.
 - Caso 2: el de la segunda parada. Hay una diferencia de imputación de 29 minutos y el mantenedor no ha escrito nada a este respecto en la OT, se debería analizar en detalle esta intervención para ver si ha sido un olvido o hay otra explicación. El mismo caso se da en la quinta parada y en la octava.

- Caso 3: paradas tercera, cuarta, sexta y décima. Aparece escrito en rojo: “SIN INTERVENCIÓN INMEDIATA EN BMA”. Es decir, no se ha registrado ninguna intervención por parte de mantenimiento que coincida con el registro de avería en MCA. También se debería hablar con los operarios de línea implicados.
- Caso 4: el de la séptima parada. Aparece resaltado en rojo “TAPICES”, se debe a que es una parada asociada a los almacenes intermedios según BMA y que ha sido mal imputada en MCA. Está bien en el sentido de que hay aviso a mantenimiento pero hay que recordar al conductor que este tipo de paradas no son averías de su máquina si no de los tapices y por tanto no debería imputarlos así.
- Caso 5: el de la novena parada. Como ya se comentó anteriormente en caso de desacuerdo hay veces que el mantenedor cambia el tipo de intervención a tipo E (reparación) porque no lo reconoce como avería. Esto no debería hacerse y por ello también aparece resaltado en rojo.

PARADAS PUNTUALES					
Mayor diferencia de imputación entre MCA y BMA					
ORDEN	TIEMPO PARADA MCA	TIEMPO PARADA BMA	MÁQUINA	PUESTO	EQUIPO
1	34	1	MC2	PUESTO 5	2
	AUSENCIA GENERAL DE VACIO EN EL TALLER, SE LLAMA A SALA DE MAQUINAS SOLUCIONANDOLO IMPUTA 34 MIN NO HABIENDO AVERIA				
2	29	0	BA6	MULTEX	3
	LATIGUILLO DE BOVEDA FLOJO. SE APRIETA LATIGUILLO				
3	14		BA1	MULTEX	3
	SIN INTERVENCIÓN INMEDIATA EN BMA				
4	13		BA2	MULTEX	3
	SIN INTERVENCIÓN INMEDIATA EN BMA				
5	13	3	BA6	PUESTO 2	2
	bnsauto6.- se cambia metacrilato fluorescente por muy rallado				
6	9		MC1	PUESTO 2	3
	SIN INTERVENCIÓN INMEDIATA EN BMA				
7	9		MC1	PUESTO 20	3
	TAPICES: MAC1-CS.-SE CAMBIO EJE MOTRIZ DE TAPIZ VERIFICACION TC-110 POR HABERSE PARTIDO.				
8	7	0	MF1	PUESTO 16	2

QA, AL C.D. CON CARCASA ESTRECHA NO DETECTA CAPACITIVO CARCASA EN CUNA, SE REGLA DETECTOR.					
9	6		MF1	PUESTO 15	2
CONVERTIDA A TIPO E: No hay avería					
10	6		BA2	PUESTO 1	3
SIN INTERVENCIÓN INMEDIATA EN BMA					

Tabla 3.3 Paradas con mayores diferencias entre BMA y MCA. Fuente: elaboración propia.

- La última tabla que aparece en el informe, en la parte izquierda, es como la 3.4. En ella, muy similar a la primera que se explicó (la tabla 3.2), aparecen los mismos campos pero esta vez los puestos se ordenan en función del número de paradas de máquina según MCA. Esto sirve para ver los puestos con mayor número de incidencias y comprobar cómo se está actuando y los tiempos que nos está suponiendo según cada aplicación. Se resalta en rojo cualquier diferencia superior a 3 entre número de paradas y de imputaciones. Por ejemplo podemos ver que el puesto 2 de la MAC 01 se ha parado 9 veces a lo largo del día y que sólo se ha avisado a mantenimiento en 2 ocasiones. Estos dos avisos han supuesto un tiempo de parada de máquina de 67 minutos según BMA. Por otro lado tenemos 85 minutos de parada en MCA. En el mejor de los casos tendríamos 7 paradas de máquina en MCA sin ningún tipo de aviso a mantenimiento que nos han supuesto 18 minutos de parada a lo largo del día.

NÚMERO DE PARADAS					
Mayor número de paradas en MCA					
MÁQUINA	PUESTO	Nº PARADAS MCA	Nº INTERV. BMA	TIEMPO MCA	TIEMPO BMA
MC1	PUESTO 2	9	5	85	67
BA2	PUESTO 3	7	2	39	23
MF2	PUESTO 4	4	2	38	20
MF1	PUESTO 3	3	2	16	17
MC2	PUESTO 21	2	2	33	33
MC3	PUESTO 2	2	0	3	0
MC3	PUESTO 8	2	1	5	0
MC3	PUESTO 18	2	0	5	0
MF1	PUESTO 7	2	0	3	0
MF2	PUESTO 6	2	0	14	0

Tabla 3.4 Puestos con mayor número de paradas en MCA. Fuente: elaboración propia.

Todas estas informaciones sirven para poner en evidencia las diferencias en imputación de tiempos entre ambas aplicaciones. Este informe ocupa una cara, con lo cual es muy manejable para ser llevado a las reuniones con los operarios. También, como se ha podido observar en las tablas esta codificado en colores según líneas y según equipos para hacer más sencilla la visualización de los datos.

3.2 IMPLANTACIÓN DE LA HERRAMIENTA

La aplicación proporciona un análisis de los datos que ya se tienen en profundidad, por ello es importante tener en cuenta todos los fallos en todas las máquinas, no sólo los más costosos en los que ya hay grupos de trabajo volcados de pleno si no todas las averías de la planta. Un detallado análisis permitirá diseñar planes que los eviten. Cuando se implementa una nueva herramienta es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Asegurarse de que todo lo que se indica es realizable, es decir, no pretender imposibles. Esto lo hemos visto por ejemplo en la necesidad del resumen diario de las informaciones, ya que no era viable que los responsables lidiaran con tal cantidad de información como la que se contiene en el informe detallado.
- Designar quién es el encargado de la aplicación. Al tratarse de un trabajo realizado durante las prácticas en empresa, un detalle importante a la hora de dar continuidad al estudio es dejar un responsable para el futuro que será quien en caso de tener que modificar la aplicación lleve a cabo esos cambios.
- Llevar a cabo una supervisión durante las primeras semanas de implantación para introducir cambios y mejoras en la aplicación. Es importante ser receptivo y cambiar tantas veces como sea necesario. El sistema debe ser ágil, se debe dar respuesta a las modificaciones lo antes posible.

Hay que contar con el personal implicado durante la implementación de la herramienta. En este caso con los responsables de cada línea de producción, con el jefe de mantenimiento, con los responsables de los grupos de trabajo y con el jefe del taller ya que son quienes van a recibir la información. También hay que hacer que éstos se comuniquen directamente con los operarios ya que la implantación del nuevo análisis implica que va a haber nuevos incentivos aplicables a ellos. Hacer esto a sus espaldas puede generar rechazo, con lo cual los trabajadores pueden llegar a demorar la realización de las tareas que se piden y finalmente la herramienta quedaría inservible.

El nuevo análisis que brinda la herramienta tiene una doble función. Primero, determinar las causas de las averías, ya que nos permite ver cómo ha evolucionado la máquina durante el día hasta el fallo para poder concluir si hay averías en determinados puestos que guardan relación con otras, por ejemplo. La otra función es la de proponer medidas, conocidas como reglas de acción, que minoren estos fallos. Por tanto se busca una mejora en la productividad de la maquinaria mediante el estudio de los incidentes que suceden en la planta y el aporte de soluciones para que no ocurran.

Los fallos en máquina pueden tener diferentes causas y para cada una de ellas hay una serie de soluciones básicas que habría que adaptar para cada caso concreto. Veamos a qué nos estamos refiriendo cuando hablamos de causa de avería, recordemos que todos estos motivos provocan un fallo interno de la máquina que puede desembocar en la parada de la misma:

- Fallo en el material, este puede venir por:
 - Desgaste: hay piezas que pierden cualidades con el uso, cada vez que entran en servicio se desprende de una parte. La solución estaría en estudiar la vida útil de esa pieza y poder sustituirla antes de que su desgaste provoque parada.
 - Rotura: una pieza se puede romper al aplicar esfuerzos de compresión o estiramiento que superen su límite elástico. Se podrían proponer cambios en el material.
 - Fatiga: cuando se aplica fuerza pero no de manera constante en el tiempo si no por ciclos y debajo del límite elástico. Se podría reducir la energía o frecuencia de estas tensiones.
- Error humano por parte del personal de producción: por tomar una decisión equivocada, por factores físicos o psicológicos (que tienen gran influencia en la proliferación de errores), por falta de formación o porque las instrucciones no son claras. Las soluciones según el caso serían de formación, motivación o modificaciones en las máquinas que eviten los errores cuando se ha de tomar una decisión rápida.
- Error humano por parte del mantenedor: por llevar a cabo una observación errónea de algún parámetro, por la realización incorrecta de montajes y desmontajes, por utilizar piezas, repuestos o herramientas que no son adecuadas. Las soluciones son dar formación si es necesario, realizar procedimientos de trabajo donde se explique la forma idónea de realizar la tarea con información detallada sobre la operación, cómo llevar a cabo medidas y reglajes y las comprobaciones pertinentes.
- Condiciones externas anómalas. El equipo está diseñado para trabajar en un entorno determinado, si las condiciones del entorno cambian la máquina puede verse afectada y aumentar el número de fallos. La solución, que no siempre es factible, es corregir las condiciones para adaptarlas a los requerimientos del equipo.

Al estar hablando de mantenimiento, es interesante tratar brevemente en este apartado la accidentabilidad como consecuencia de los errores humanos que acabamos de citar. Las repercusiones del fallo pueden ser técnicas, como hemos visto, pero también humanas. El fallo provocado por un error humano es de difícil tratamiento dada la tendencia a proteger al trabajador y enfocar las culpas y responsabilidades a la empresa, lo que no siempre tiene por qué ser así. Hay ocasiones en las que el comportamiento de una persona no es el adecuado según la normativa de la empresa. Por eso es muy importante cumplir las normativas y más aún tener unos procedimientos claros y dar la formación

necesaria para evitar cualquier tipo de accidente. El 46,1% de los accidentes por errores humanos son directamente causados por los trabajadores de mantenimiento.

La nueva herramienta supone un análisis de averías desde un nuevo enfoque, la información se extrae de datos manejados por distintas personas dentro del departamento de organización, de producción, de mantenimiento y de grupos de trabajo específicos. Como es de esperar, la información que manejan todas estas personas es cuantiosa, ya hemos visto en el apartado anterior la necesidad de resumir y sintetizar. Veamos ahora cómo se realizó la comunicación a los responsables y la puesta en automático de la aplicación, señalando la importancia que tiene cada uno de estos temas.

3.2.1 COMUNICACIONES CON LOS RESPONSABLES

Durante la realización del estudio se llevaron a cabo una serie de entrevistas que se describen y justifican a continuación. Veamos un pequeño organigrama de las personas implicadas en el presente trabajo en la ilustración 3.12.

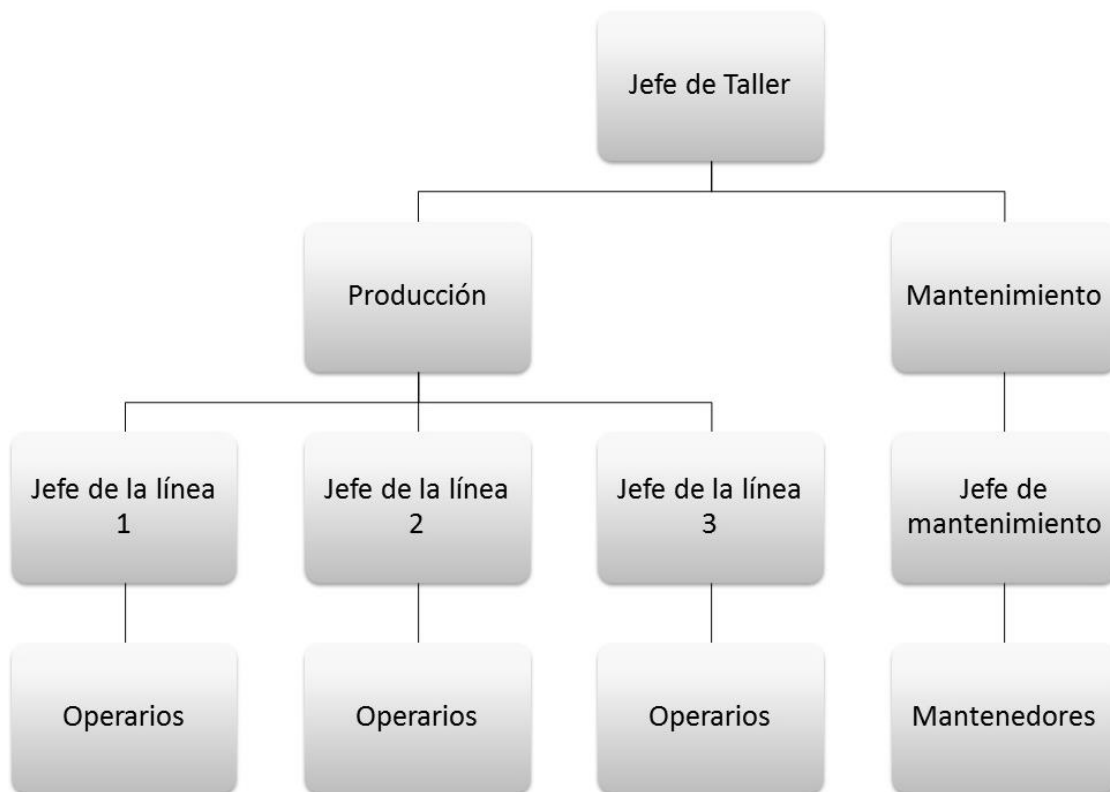


Ilustración 3.12 Organigrama de los trabajadores implicados en el estudio. Fuente: elaboración propia.

El estudio realizado forma parte del área de Organización, que en la empresa es un departamento transversal a la fábrica. Además hay otra parte implicada en el estudio que es el grupo técnico encargado del análisis minucioso de las averías, que es independiente.

Vamos a detallar el contenido de las diversas reuniones que se han mantenido durante la realización del estudio en relación a los diferentes momentos por los que el mismo ha pasado.

Necesidad del estudio:

Con anterioridad a todo lo que se ha comentado en el presente texto, se llevó a cabo una reunión entre el Sector de Mantenimiento de la parte de organización, que es quien ha tutorado este trabajo, y el Jefe de Taller. En este encuentro se vio la utilidad que tendría una herramienta como esta y se valoró la conveniencia de llevar a cabo el estudio.

Presentación del estudio:

Hubo diversas reuniones para dar a conocer la idea que se tenía y el primer enfoque para llevarla a cabo, así como una toma de contacto entre las partes implicadas. Se tuvieron reuniones con el Jefe de Taller, los responsables de cada línea y el jefe de mantenimiento. En estas primeras reuniones simplemente se propusieron una serie de informes y se acordó el modo y frecuencia de los mismos, diariamente vía mail.

Primeros pasos del estudio:

Al comienzo del envío de los correos electrónicos se adjuntaban los informes con un pequeño comentario explicativo de los fallos y las posibles mejoras. Además, por teléfono y en breves entrevistas personales se aclaraban aquellos puntos que lo requerían. Gracias a este contacto habitual se fueron aplicando mejoras y modificaciones en la aplicación de modo que quedara lo más robusta posible. También, una vez la parte referente a las MAC fue fiable, se realizó una consulta sobre qué máquinas se consideraban más problemáticas para ser las siguientes en incluir en el estudio.

Detección del incumplimiento del método operativo por parte de fabricación.

Como adelantamos en el texto, desde un principio se sabía que fabricación incumplía el método operativo. Sin embargo, con el estudio quedó evidenciado hasta qué punto era esto así. Tras la insistencia en la necesidad del cumplimiento del método para poder tener información veraz y salir del estancamiento que suponía asumir esta mala actuación, hubo diversas entrevistas y puestas en común. Finalmente, los responsables de las líneas velaron por el cumplimiento del método de diversos modos:

- Comunicaciones internas a los operarios, dejando avisos en los canales habituales.
- Comunicación directa con los operarios en las reuniones diarias.
- En una de las líneas, la segunda, el jefe de fabricación decidió desconectar directamente el botón de aviso y dejar solo el ordenador con la aplicación BMA en la MAC. Se temía que esta solución drástica afectara a la producción, sin embargo, no hubo un incremento de las incidencias ni graves trastornos en el número de llamadas a mantenimiento que se mantuvo en las mismas

intervenciones que hasta la fecha. Podemos ver una serie de gráficos que representan estos datos, el 3.1 y el 3.2. Para contrastar los datos, los vamos a comparar con los de la MAC 01, que es exactamente igual. Debido al tema de la confidencialidad se han dejado los ejes ciegos, para no dar información sobre los minutos de parada de la máquina. Sin embargo, hay que señalar que la escala de datos utilizada es lógicamente la misma en ambas líneas y que la cantidad de datos también coincide. Se ha marcado una línea punteada a la misma altura del eje vertical en ambos gráficos para facilitar la comparación en cuanto a minutos de tiempo de parada en el primer grupo de gráficos y número de intervenciones en el segundo. Los datos corresponden a la segunda quincena del mes de mayo y el mes de junio completo, el aviso a los operarios se produjo en ambas líneas en torno al 11 de junio.

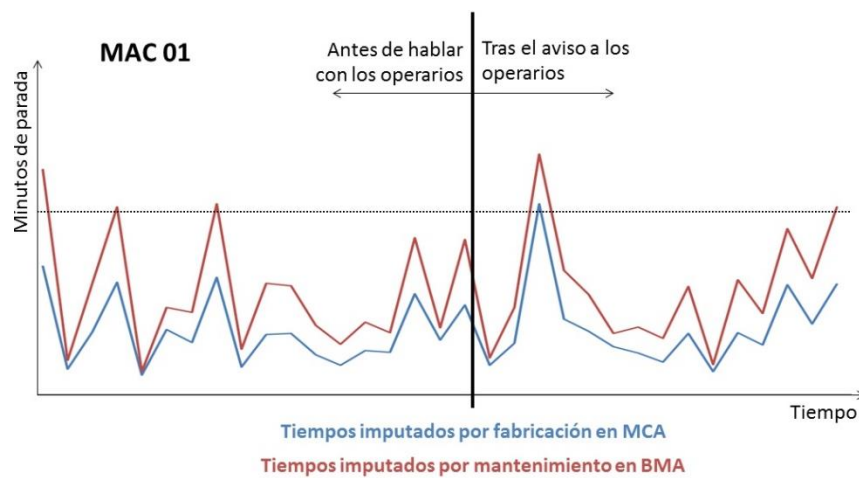


Gráfico 3.1 Minutos de parada según MCA y BMA en la MAC 01 a lo largo del tiempo. Fuente: elaboración propia.

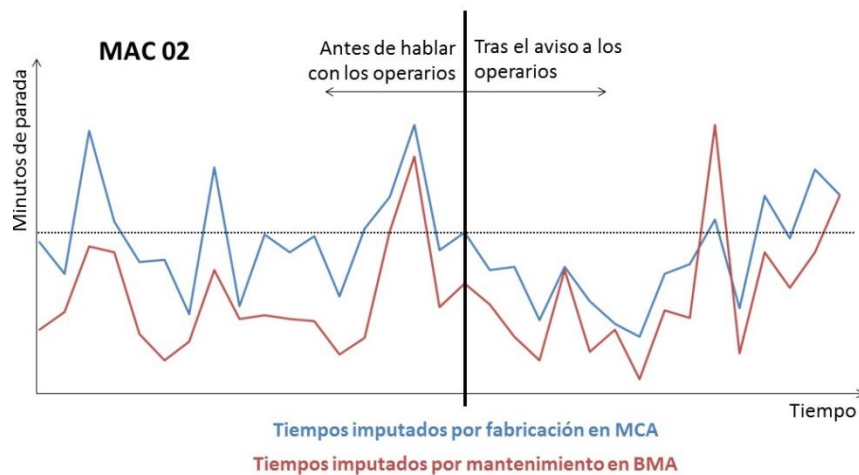


Gráfico 3.2 Minutos de parada según MCA y BMA en la MAC 02 a lo largo del tiempo. Fuente: elaboración propia.

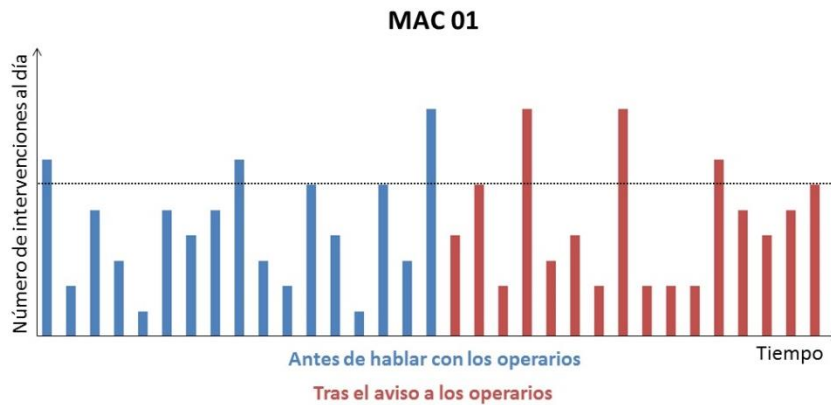


Gráfico 3.3 Número de intervenciones al día según BMA en la MAC 01. Fuente: elaboración propia.



Gráfico 3.4 Número de intervenciones al día según BMA en la MAC 02. Fuente: elaboración propia.

Los dos primeros gráficos hacen referencia a los minutos de parada en cada aplicación antes y después del aviso a los operarios. Como vemos, había desigualdades mucho más acusadas antes del aviso en la MAC 02, siendo que las dos máquinas son completamente iguales. Además, también es superior el tiempo en general de parada en la segunda línea. Tras el aviso, que recordemos en la línea 1 es una comunicación formal y en la línea 2 es la desaparición del botón de emergencia, podemos ver que, salvo un problema puntual, la línea 1 no experimenta grandes cambios. En la línea 2 las diferencias entre imputaciones de tiempo en las dos aplicaciones parecen ser menores y el tiempo de parada también tiene una tendencia a la baja.

En cuanto al número de intervenciones, hay diferencias entre líneas antes y después del aviso a mantenimiento, registrándose mayor número de avisos en la segunda. Lo que no se observa es una variación acusada del número de intervenciones entre el momento anterior al aviso y el posterior.

Como conclusión de ambos gráficos, podemos decir que la situación a finales de junio parecía ser de mayor consenso entre fabricación y mantenimiento, que fabricación tiene una clara mejora de cumplimiento de método operativo y que

no se disparó ninguna alarma de subida de intervenciones ni de aumento de tiempos de parada por el tema de las averías.

Detección del incumplimiento del método operativo por parte de mantenimiento.

Como ya se adelantó en el texto, también era evidente la manipulación de datos por parte de mantenimiento mediante la utilización incorrecta del cronómetro de la aplicación BMA. Esto suponía el problema de que toda la parte de búsqueda de mejoras en cuanto a tiempos de atención a la máquina quedaba desacreditada. Lo que se hizo fue un seguimiento diario de la modificación del cronómetro por parte de los operarios. Esto solo tuvo sentido cuando se obtuvo el compromiso del jefe de mantenimiento para comunicar la decisión a los mantenedores y velar él como jefe por el cumplimiento de la norma. Veamos un gráfico a continuación, el 3.5, que indica el porcentaje de uso correcto del cronómetro en el mes de junio. Como vemos, la comunicación a los mantenedores se produjo también en torno al 11 de junio.

Con posterioridad, el uso correcto del cronómetro se fijó en torno al 95%.

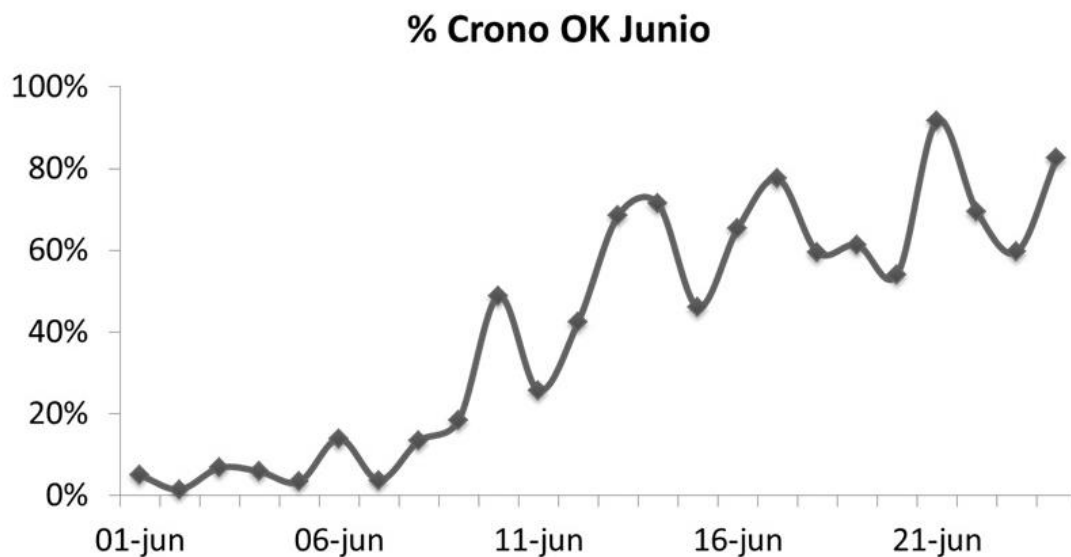


Gráfico 3.5 Porcentaje de uso correcto del cronómetro durante el mes de junio. Fuente: elaboración propia.

Presentación final de las conclusiones del estudio

A mediados de julio, cuando las prácticas en empresa se acercaban a su final y antes del comienzo de las vacaciones estivales, se tuvo una reunión con objeto de presentar los resultados del estudio a los Responsables de Fabricación y Mantenimiento, al Jefe del Taller, al Jefe del Departamento de Organización, al Sector de Mantenimiento de Organización, a los Responsables de los Grupos Técnicos de trabajo y al Responsable de las aplicaciones informáticas de Organización. Se pretendía con ello juntar a todas las partes interesadas para exponer el análisis, la evolución del mismo y las líneas futuras de trabajo. Posteriormente hay una sección del trabajo dedicada a la repercusión del mismo en donde se detallan estos resultados.

3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA EN EL SISTEMA AUTOMÁTICO DE LA FÁBRICA

El punto final de la aplicación y el que también en parte le da sentido, ya que proporciona continuidad al estudio, es su puesta en automático. Durante la realización de la práctica, por comodidad, debido a la constante necesidad de modificar la aplicación para incluir todos los aspectos que diariamente se iban hallando era más sencillo lanzar la aplicación automáticamente desde un ordenador accesible en el que poder trabajar estas mejoras. Como última etapa del estudio, se implementó el lanzamiento automático de la aplicación con el resto de informes del día, al inicio de la jornada.

Para ello, se llevó a cabo un encuentro con el informático responsable de las aplicaciones del grupo técnico de trabajo de mantenimiento. Se consideró que lo más útil era la implementación de la herramienta en uno de los ordenadores que gestiona la aplicación BMA, ya que la nueva herramienta se alimenta de ella. Esta persona es la que finalmente quedará encargada de mantener vigente la aplicación y actualizarla en caso de ser necesario, por ejemplo por modificaciones en alguna de las fuentes.

Esta implementación y el paso definitivo a la puesta en marcha de la aplicación supusieron añadir algo de seguridad a la misma e incluir una traza de errores. Por tanto, se programó la aplicación para que en caso de fallo diera un aviso del motivo, esto es importante porque la aplicación necesita que archivos que no dependen de ella se generen correctamente para poder realizar el análisis. Es una ventaja que pueda avisar de cuál de todas sus fuentes es la que está provocando el error. También deja traza si es ejecutada de modo correcto, en todos los casos se indica la hora y el día.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y REPERCUSIÓN DE LA HERRAMIENTA. EXTENSIONES.

En este capítulo se van a presentar los resultados obtenidos con la aplicación. A continuación trataremos sobre las repercusiones de la herramienta en el método operativo y expondremos un caso práctico de un puesto concreto para mostrar la potencia del análisis hecho mediante la aplicación propuesta. Se incluye un epígrafe referente a la gestión económica del departamento de mantenimiento y los costes que en él aparecen. Como parte final del estudio, se llevaron a cabo dos extensiones: a la parte de reglajes del ensamblado y al taller de preparación de la goma para neumáticos de turismo. Estas extensiones de la herramienta se presentan en la última parte del capítulo.

4.1 RESULTADOS

El resultado principal de la aplicación, además de la generación de información y comunicación mediante los documentos que ya hemos comentado, es la consecución de un histórico en base al cual se pueden tomar decisiones de distinta índole. Muchos de estos datos pueden servir como base para generar nuevas normas, procedimientos e incentivos. Antes de exponer los resultados extraídos de dicho histórico, analicemos el factor humano que se va a ver afectado por todos estos cambios, los trabajadores.

Para comenzar, ante cualquier situación de cambio necesitamos la predisposición tanto de los responsables como de los operarios a colaborar con el nuevo método. El aspecto más complicado del cambio es convencer a los involucrados de su necesidad. Un ejemplo claro, ya tratado en el texto, es el tema del uso del cronómetro: El cronómetro era un útil más dentro de la aplicación de mantenimiento que se veía por parte de los mantenedores como una fiscalización de su trabajo y no como un elemento de ayuda. Por ello no era utilizado adecuadamente por los trabajadores y este comportamiento era justificado por sus superiores.

Sin embargo, el análisis evidenciaba el momento de aviso de fabricación, y la disminución en el tiempo de aviso por parte del operario era obvia y se traducía como una buena práctica por parte de los trabajadores de la línea. Lo que no se podía consentir era tener completamente medida la actuación de los operarios de producción mientras se permitía que los mantenedores cambiaran los datos. Estas modificaciones los desacreditaban. Por este motivo, consiguiendo hacer ver la necesidad del buen uso del cronómetro, éste comenzó a utilizarse del modo en que había sido ideado. Además, establecer un análisis de tiempos de atención a la máquina permite tener datos que justifiquen la actuación de cada mantenedor, si cumple o no con el método, de una manera fiable.

Basándonos en las informaciones obtenidas con la aplicación se puede desarrollar un sistema de incentivos para los operarios, de tal modo que se premien las buenas conductas y se penalicen las incorrectas. Recordemos ahora la jerarquía de las necesidades humanas o pirámide de Maslow, para ello podemos consultar la ilustración 4.1.

Los dos escalones de la base, seguridad y necesidades fisiológicas, son de carácter físico y deben estar cubiertas en el trabajo, no deben ser consideradas un premio o algo que haya que ganarse. El trabajador debe realizar sus tareas en un entorno en el que se sienta seguro y sus necesidades fisiológicas, como los descansos por convenio están incluidos en su jornada.

Son las demás necesidades (sociales, de estima y de autorrealización) las que tienen un factor psíquico y donde se puede fomentar la motivación. Una manera de conseguirlo es mediante sistemas de evaluación de desempeño. Esto es, fijar objetivos y metas claras, ambiciosas y motivadoras al tiempo que realizables. Lo que se evalúa es el desempeño de las personas en mejorar y conseguir dichas metas. La dificultad reside en cómo

dividir los niveles de logro, como premiar la consecución de cada nivel y cómo controlarlo todo. Lo que se hace es fijar incentivos, es decir, una parte del salario depende de los méritos de cada individuo. El incentivo ideal sería tal que:

$$\text{Incentivo ideal} = \text{logros colectivos} + \text{logros individuales} + \text{valoración objetiva}$$

- Los logros colectivos son tenidos en cuenta para fomentar la sensación de grupo y la colaboración entre los equipos.
- Los logros individuales y la valoración objetiva, también individual, deben ser realizados de forma transparente.

Los incentivos deben ser fácilmente comprensibles por los trabajadores, fáciles de gestionar y proporcionales a los logros de manera evidente.



Ilustración 4.1 Pirámide de las necesidades de Maslow. Fuente: elaboración propia a partir de www.sinapsit.es

En este tipo de sistema retributivo se premia al trabajador en base a su esfuerzo, iniciativa, resultados, propuestas realizadas y capacidad resolutive. Además sirve para premiar conjuntamente los rendimientos individuales y la productividad global compatibilizando los logros individuales para que se beneficie tanto el trabajador como la sección.

Los indicadores son medidas simples e identificadoras de los resultados del departamento, por tanto los incentivos se basan en ellos. Para fijar los indicadores nos debemos remontar a la misión de la empresa, sus objetivos y estrategias empresariales. Debemos diseñar en base a ello la estrategia del departamento de mantenimiento y establecer con ello los indicadores. Una vez puestos en marcha, debemos analizarlos en busca de mejora y ver cómo se relacionan entre sí. Después debemos continuar analizando su evolución y llevar a cabo un seguimiento.

Los indicadores tradicionales para el departamento de mantenimiento son, por ejemplo:

- La presencia en la máquina, sin tener en cuenta ni habilidades ni resultados. Es muy simple y poco motivacional, sería premiar al mantenedor sin tener en cuenta nada más que el hecho de que vaya a la máquina que está averiada.
- En base al número de revisiones o reparaciones realizadas.
- En base a tiempo de intervención, cuanto menor sea mejor. Hay que ser cuidadoso y revisar también si la máquina vuelve a dar un fallo por la misma causa en un breve periodo de tiempo, lo que nos serviría para indicar si la reparación además de rápida fue correcta. Este tipo de análisis se podría realizar gracias a la herramienta expuesta en el presente estudio.
- El número de mantenedores que acuden en cada intervención, para evitar que vayan demasiados a una avería que en realidad no los necesita por el hecho de tener una reparación más realizada. El sistema en la planta es mediante la asignación de un hombre a cada área del taller, si la avería es demasiado para uno sólo entonces es él quien avisa a los compañeros para que acudan.
- El tiempo de respuesta tras el aviso para premiar la prontitud con la que se acude a resolver la avería.

Para los operarios en la línea tendríamos:

- En base a la producción obtenida por la máquina, según el número de productos fabricados. Los operarios siempre deben cumplir con unos mínimos.
- En base al tiempo de producción de la máquina, para evitar que esta esté parada sin ser necesario.
- En base a la calidad del producto, para que todas las operaciones se hagan con cuidado y en las condiciones óptimas.
- En base a la rapidez de aviso al personal adecuado en caso de parada de máquina.

Veamos ahora de qué datos dispondríamos gracias a la aplicación que nos podrían servir como indicadores para el departamento de fabricación y para el de mantenimiento. Por una parte tendríamos la distribución real del tiempo de parada de una avería. Tenemos datos para calcular el tiempo que dura la parada, el tiempo que se tarda en avisar a mantenimiento desde que la máquina se para, el tiempo que tarda mantenimiento en acudir tras el aviso y el tiempo que dura la intervención. Lo podemos ver gráficamente en la ilustración 4.2.

Podemos establecer límites de duración de algunos de estos periodos, por ejemplo el de aviso a mantenimiento y el de inicio del mismo tras el aviso. También nos da una idea de que el tiempo de intervención y de parada no tiene por qué coincidir. Por otra parte, se podría actuar sobre esa holgura final tras el fin de la avería, ver hasta qué punto es necesario que el mantenedor se quede en la máquina por si vuelve a fallar, cuantificar esto y poder establecer un límite. Además tenemos toda esta información desglosada por equipos, por turnos, por máquinas e incluso por puestos.

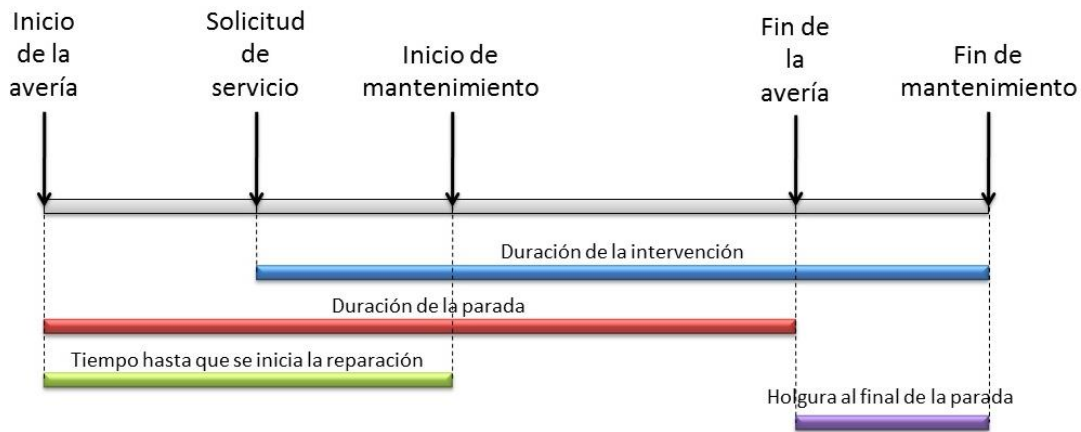


Ilustración 4.2 Diferentes tiempos determinados por la aplicación. Fuente: elaboración propia.

Veamos algunos ejemplos de cómo comparar los diferentes equipos, estos ejemplos mostrados corresponden a los datos del mes de julio, cabe destacar la inmensa mejoría de los tiempos de atención desde el comienzo del estudio hasta dicha fecha. En las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 podemos ver la comparación para los equipos de producción en cada máquina, por ejemplo mostramos las MAC. Recordemos que nada tiene que ver un equipo con cualquiera de los demás. Esta comparativa muestra cuatro columnas:

- En la primera se indica el equipo.
- En la segunda el promedio de la desviación SS (Solicitud de Servicio), es decir, el promedio de tiempo en minutos que tarda ese equipo en avisar a mantenimiento cuando se encuentra con una avería.
- En la tercera el porcentaje de avisos, es decir, de las paradas de máquina en que se superan los 3 minutos, en cuántas se ha realizado el correspondiente aviso a los mantenedores.
- En la cuarta se muestra el tiempo en minutos de parada de máquina promedio de cada equipo.

MAC 01			
EQUIPO	DESVIACIÓN SS	% AVISOS	TIEMPO PARADA
1	4,97	94%	15,52
2	5,84	100%	23,24
3	3,67	100%	10,52
4	5,39	77%	14,49

Tabla 4.1 Comparación entre equipos de fabricación en la MAC 01. Fuente: elaboración propia.

MAC 02			
EQUIPO	DESVIACION SS	% AVISOS	TIEMPO PARADA
1	4,49	70%	24,48
2	3,20	100%	12,39
3	4,43	100%	13,50
4	3,45	79%	9,17

Tabla 4.2 Comparación entre equipos de fabricación en la MAC 02 Fuente: elaboración propia.

MAC 03			
EQUIPO	DESVIACION SS	% AVISOS	TIEMPO PARADA
1	4,30	75%	9,44
2	3,74	100%	29,71
3	4,15	97%	8,98
4	3,78	59%	8,57

Tabla 4.3 Comparación entre equipos de fabricación en la MAC 03 Fuente: elaboración propia.

Como vemos podemos indicar cuál es el equipo que peor lo está haciendo, buscar diferencias notables entre equipos para poder ver en base a qué se dan esas diferencias y poderlo aplicar a los demás equipos o buscar diferencias entre máquinas por medio de la comparación de los tiempos de parada, entre otros.

Veamos ahora algunas comparaciones entre los equipos de mantenimiento. Recordemos que en este caso la numeración de los equipos sí que guarda relación puesto que con cuatro equipos se atiende todo el taller. Analicemos las tablas 4.4, 4.5 y 4.6. En ellas se muestran tres columnas con la siguiente información:

- El equipo en la primera columna.
- En la siguiente la desviación IM (Inicio de Mantenimiento), es decir, el promedio de tiempo en minutos que tarda ese equipo en acudir a resolver la avería tras el aviso por parte de fabricación.
- El tiempo de intervención en minutos en la tercera columna, esto es, el tiempo de media que pasan los mantenedores en la máquina.
- En la última de las columnas aparece el tiempo en minutos tras la resolución. Esto es, en los casos en los que el mantenedor se queda en la máquina una vez que la avería está resuelta, cuánto tiempo de más permanece.

MAC 01			
EQUIPO	DESV. IM	TPO INTERV.	TPO TRAS RESOLUCIÓN
1	3,74	23,52	27,81
2	2,35	27,22	31,95
3	1,95	36,97	32,46
4	3,51	44,31	27,71

Tabla 4.4 Comparación entre equipos de mantenimiento en la MAC 01 Fuente: elaboración propia.

MAC 02			
EQUIPO	DESV. IM	TPO INTERV.	TPO TRAS RESOLUCIÓN
1	2,90	42,61	27,86
2	2,69	34,12	27,32
3	3,12	37,96	38,08
4	2,22	33,82	18,12

Tabla 4.5 Comparación entre equipos de mantenimiento en la MAC 02 Fuente: elaboración propia.

MAC 03			
EQUIPO	DESV. IM	TPO INTERV.	TPO TRAS RESOLUCIÓN
1	2,07	34,99	36,40
2	2,69	46,91	31,75
3	3,24	28,04	35,37
4	2,62	44,16	30,20

Tabla 4.6 Comparación entre equipos de mantenimiento en la MAC 03 Fuente: elaboración propia.

Con este análisis podemos determinar diferencias entre equipos en cuanto a prontitud en acudir o duración de las intervenciones. También es interesante comparar si se presenta tendencia en el equipo a acudir con mayor demora a alguna de las máquinas. Por ejemplo vemos que el equipo 3 tiene una desviación media de 1.95 minutos para acudir a la MAC 01 y que en las máquinas de las líneas dos y tres este tiempo aumenta hasta más de tres minutos. Se debería investigar si hay algún motivo para ello. Con la última columna, podemos ver cuánto tiempo se está quedando de más el mantenedor en la máquina y buscar diferencias entre equipos y máquinas. En este caso vemos claramente que el equipo 3 es el que más tiempo permanece. En principio este tiempo debería ser el menor posible pero también tendremos que tener en cuenta la evolución de la máquina tras la reparación de cada equipo, puesto que se podría dar el caso de que el hecho de quedarse más minutos en la máquina sea por realizar unos ajustes que los demás equipos están obviando y que contribuyen al buen funcionamiento de la máquina, por ejemplo.

Con un histórico mayor de datos, este nivel de detalle se puede minorar hasta llegar a identificar la actuación de cada trabajador concreto no sólo en la máquina sino también en el puesto, e incluso buscar diferencias entre turnos o días de la semana (sábados o domingos respecto de los de entresemana por ejemplo).

Tenemos también información detallada sobre número de Órdenes de Trabajo realizadas sobre el total necesario, podemos hacer un análisis para calcular el tiempo límite de parada sin aviso a mantenimiento y gracias al histórico ver cómo afectaría eso al número de llamadas y si ese incremento es asumible o no. Veamos ejemplos de esto en diferentes máquinas:

- MAC: a finales de mayo, el 70% del tiempo de parada tenían aviso a mantenimiento. Con un límite real de 3 minutos de parada sin aviso, es decir, contando con que todas las paradas de más de 3 minutos hubieran tenido Solicitud de Servicio a mantenimiento, se habría acudido a la máquina en un 91% del tiempo de parada y esto hubiera supuesto un 11% más de intervenciones de mantenimiento. Es decir, estamos comparando tiempo de parada de máquina con incremento del número de intervenciones. Estamos viendo en cuánto estaríamos incrementando la actuación de mantenimiento en correctivo si exigimos que se le avise en todas las paradas superiores a 3 minutos.
- BNS: en el caso de las BNS, si pusiéramos el mismo criterio que para las MAC, 3 minutos, pasaríamos de un 60% del tiempo con aviso a mantenimiento a un 94%, pero esto supondría un incremento del 39% en número de intervenciones. Sin embargo, con un límite de 5 minutos, tendríamos el 88% del tiempo con aviso y nos supondría poco más de un 1% de incremento de intervenciones. Por tanto vemos que en el caso de las BNS, o lógico sería establecer el umbral en 5 minutos ya que con el número de efectivos actual incrementar en un 39% sus intervenciones no es posible.

Estos ejemplos sirven para clarificar la necesidad de un análisis profundo y dar idea de la potencia de los datos que se recopilan mediante la herramienta, lógicamente se necesitarían los datos de muchos más meses para poder precisar con exactitud los tiempos.

4.2 REPERCUSIÓN DEL ESTUDIO

4.2.1 REGLAS DE ACCIÓN

Como hemos ido viendo a lo largo del desarrollo del estudio, se realizaron diversos cambios en el modo de actuar del taller, los describimos a continuación.

- Obligatoriedad de realizar Órdenes de Trabajo ante paradas de máquina superiores a 3 minutos (5 en el caso de las BNS). El cambio principal es que ahora se controla este parámetro y se dispone de toda la información para identificar al operario, el momento del día y demás.
- Obligatoriedad de realizar Órdenes de Trabajo cuando se acumulen más de dos paradas en el mismo puesto a lo largo del turno. Aunque sean paradas cortas, se establece la necesidad de avisar a mantenimiento cuando un determinado puesto comienza a fallar repetidamente a lo largo del turno. Gracias a la aplicación, tenemos para cada turno la evolución de cada puesto en cuanto a las paradas por avería de máquina.
- Realización de las Solicitudes de Servicio con prontitud, esto es, con un máximo de tres minutos (5 en el caso de las BNS) desde que se es consciente de la necesidad de avisar a mantenimiento. Recordemos que esto son 3 minutos a partir de los 3 minutos de parada de máquina o del inicio de la parada en la que se decide avisar a mantenimiento en caso de estar tratando una concatenación. Recordemos también que la concatenación es posible gracias a la aplicación y que, del mismo modo, es gracias a ella que podemos determinar la desviación del aviso puesto que nos brinda la unión entre el momento de parada de máquina y la Solicitud de Servicio.
- Mantenimiento ha de acudir en menos de 3 minutos a la avería por la que ha sido llamado. El control de este periodo de tiempo que se tarda en acudir nos sirve para establecer diferencias entre operarios, entre equipos o entre acudir a una u otra línea. También nos permite calcular si hay diferencias en el tiempo que se tarda en atender la solicitud en función del puesto de la máquina averiada.
- Obligatoriedad de uso del cronómetro por parte de los mantenedores. Como ya hemos comentado no se podía consentir la incorrecta utilización de este. Con ello lo que se consigue son datos fiables dentro de la propia aplicación de BMA, como por ejemplo el tema de las desviaciones de atención. También se consiguen datos fiables en cuanto a la duración de las intervenciones de mantenimiento, esto es útil a la hora de determinar si el tiempo que pasa el mantenedor en la máquina está o no justificado. Con la aplicación podemos determinar cuánto tiempo pasa el mantenedor en la máquina tras la puesta en marcha de esta y con análisis técnicos se puede determinar si es o no necesario.

- Comentarios precisos en la aplicación de mantenimiento. Al estar realizando un seguimiento continuo de las intervenciones los mantenedores se esfuerzan por explicar lo que pasa en la máquina tanto lo referente a la avería, que ya lo incluían, como lo referente al método (si les avisaron tarde, si estaban muy ocupados...).

Estos son los principales cambios implementados en la manera de hacer del día a día del taller. Para ilustrar la mejora que esto supone, vamos a ver un caso práctico real en uno de los puestos.

4.2.2 CASO PRÁCTICO: ANÁLISIS DEL PUESTO DE AROS

Antes del análisis detallado del puesto, se va a explicar por qué se ha elegido este puesto y no otro. Para ello se van a presentar los resultados correspondientes a la segunda mitad de junio y la primera parte de julio, cuando los datos manejados ya eran correctos y no había ningún falseamiento que no se identificara. La situación en ese momento era tal como la vemos en el gráfico 4.1.



Gráfico 4.1 Porcentaje de tiempo de parada en MCA registrado en BMA. Fuente: elaboración propia.

Por tanto, del total de tiempo de parada de máquina registrado por la aplicación de fabricación MCA, el 64% del mismo se imputa en BMA y es la parte donde se centran la mayoría de los estudios llevados a cabo. El 36% del tiempo de parada no está registrado en BMA y corresponde a desacuerdos entre mantenedor y operario a la hora de reconocer el tiempo de parada como avería y a paradas de máquina en las que el operario de fabricación no avisa a mantenimiento. Recordemos que al principio del estudio esta relación rondaba el 50 – 50.

Veamos la distribución de estos tiempos en la ilustración 4.3.

Se han estudiado los tiempos medios de parada y de desviaciones de Solicitud de Servicio y de Inicio de Mantenimiento. Con ello se ha concluido que la parada media,

teniendo en cuenta todas las máquinas del taller de ensamblado de turismo, es de 20 minutos, el tiempo que se tarda en avisar a mantenimiento es de 3 minutos y el que mantenimiento tarda en acudir tras la llamada es de 4 minutos. Lo vemos en la ilustración 4.4. Por tanto, transformando los datos en base al 64% antes mencionado, tenemos que de todo el tiempo que está la máquina parada el mantenedor está en ella el 41% del tiempo y es realmente ese 41% del tiempo la base de los estudios que se están realizando posteriormente. Esto se debe a que dichos estudios se basan en la descripción de la Orden de Trabajo que hace el mantenedor, en la que lógicamente apunta lo que sucede mientras él está presente en la máquina. La duda es si ese 41% del tiempo es representativo de todo el mantenimiento correctivo y por tanto las decisiones que se están tomando son correctas o no.

Por otra parte, volviendo a la ilustración 4.3, las paradas no registradas en BMA tienen como causa en un 7% de los casos el desacuerdo entre mantenedor y operario y en un 29% de los casos el no aviso a mantenimiento.

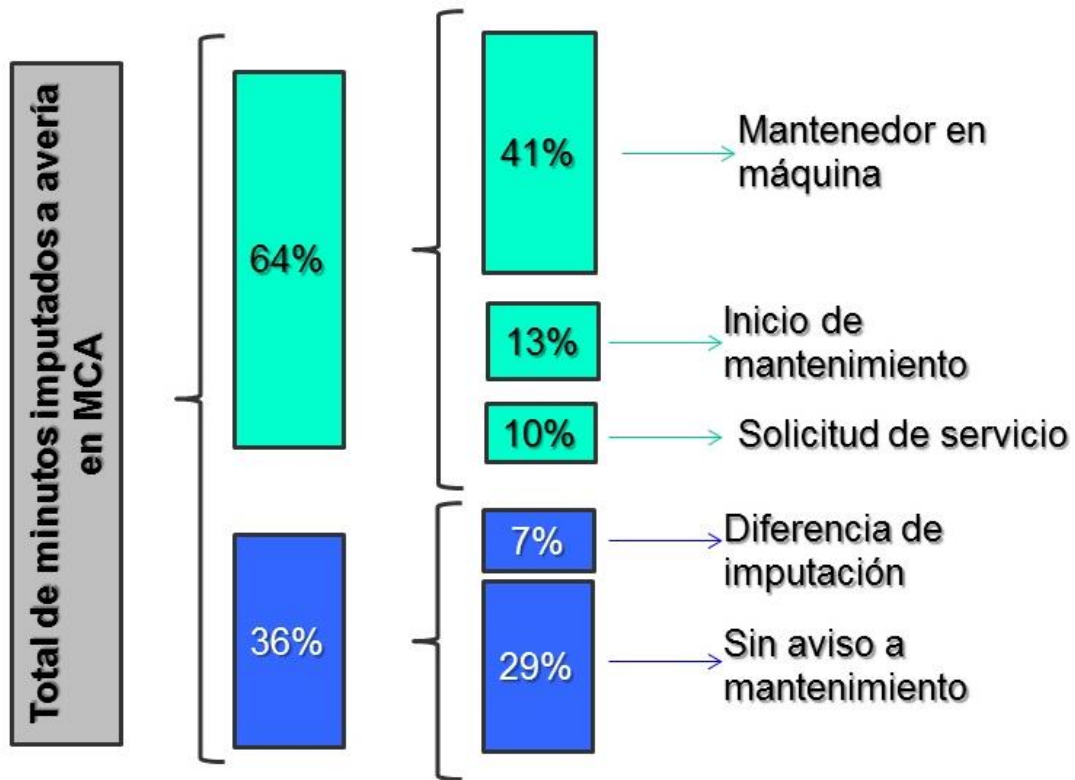


Ilustración 4.3 Distribución de los tiempos de parada de máquina. Fuente: elaboración propia.

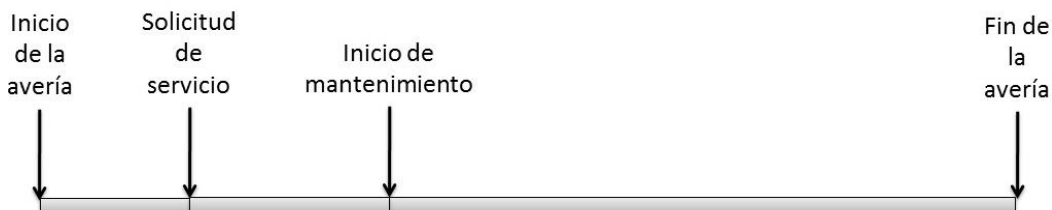


Ilustración 4.4 Momentos registrados durante una parada tipo por avería. Fuente: elaboración propia.

Como vemos, con el estudio se pretende atacar toda esa parte sin reflejo real en BMA. Por ello se quieren disminuir los tiempos de aviso y de llegada de mantenimiento, de ahí la necesidad de las nuevas normas referentes al modo de actuar en el taller ya expuestas en este capítulo. Por otra parte, las diferencias de imputación por desacuerdo (bien sea por mala imputación y cambio en el tipo de Orden de Trabajo o bien sea por no conformidad entre trabajadores) quedan reflejadas por la herramienta, lo que permite hablar con las partes implicadas y los equipos y trabajadores concretos. La parte que no presenta aviso a mantenimiento también es evidenciada por la aplicación en las diferentes tablas del informe. Además con el histórico de datos se puede llevar a cabo un análisis de los mismos según máquina, puesto, equipo, turno...

Continuando con el análisis de los datos, veamos lo siguiente. Las tablas 4.7 y 4.8 presentan información que se tenía previamente sin necesidad de la aplicación. En ellas se han colocado los 5 primeros puestos de mayor tiempo de parada registrado según BMA y según MCA.

De estas tablas ya podemos obtener información. Por ejemplo, vemos que los tres puestos de mayor parada en BMA tienen correspondencia con los tres primeros puestos de parada en MCA, con lo cual vemos que las aplicaciones estarían de acuerdo. Sin embargo, vemos que el segundo puesto de la MAC 01 y de la MAC 02 aparece como puesto de gran parada en MCA y no así en BMA donde ocupa la novena y décima posición. Esto nos llevaría a pensar que en estos puestos se está dando parada sin aviso a mantenimiento.

BMA		
ORDEN	PUESTO	MAQUINA
1	2	BA2
2	3	BA5
3	MULTEX	BA6
4	3	BA4
5	MULTEX	BA1

Tabla 4.7 Puestos con mayor tiempo de parada de todas las máquinas del taller de turismo según BMA. Fuente: elaboración propia.

MCA		
ORDEN	PUESTO	MAQUINA
1	3	BA5
2	MULTEX	BA1
3	2	BA2
4	2	MC1
5	2	MC2

Tabla 4.8 Puestos con mayor tiempo de parada de todas las máquinas del taller de turismo según MCA. Fuente: elaboración propia.

Vamos a analizar con profundidad este puesto de la MAC, el segundo. Para comenzar recordemos que en el taller de ensamblado de turismo contamos con tres líneas de fabricación, cada una de ellas con una MAC, podemos acudir a la ilustración 1 (Anexo I) para recordar la disposición de las líneas en el taller y a la ilustración 2 (Anexo I) para recordar la estructura de la MAC.

Recordando la estructura del neumático, una de las partes son los aros de talón. En la explicación de las MAC indicamos que los aros se ponen en esta máquina y forman parte de la carcasa del neumático. El puesto que estamos tratando es aquel que se encarga de colocar los aros en el tambor a ambos lados de la carcasa que estamos fabricando, para que posteriormente en otro puesto estos sean colocados en ella. El puesto en sí consta de una parte trasera donde se acumulan los aros y la delantera donde se realiza el depositado de los aros en el sitio correspondiente.

Tenemos tres líneas, la primera y la segunda idénticas mientras que la tercera, construida más tarde, es distinta. Una de las diferencias está en este puesto, llamado puesto de aros (AATT). Se vio que el puesto de aros de la línea 3 registraba menos tiempo de parada en MCA frente a los otros dos. En concreto, el tiempo de parada de las líneas uno y dos duplica al de la línea tres.

Por tanto, la conclusión a la que se llega es que el segundo puesto de la MAC 03 es mucho menos problemático que en las otras dos líneas. Esto tiene sentido porque además sabemos que es diferente en esta máquina. Es por eso por lo que se decidió, previamente a la realización del presente estudio, modificar las líneas 1 y 2 para implementar el puesto de aros tal como es en la tercera línea.

Como vemos en la tabla 4.9, el puesto AATT (el que estamos estudiando) presenta un número menor de intervenciones en la tercera línea, sin embargo tiene un número de paradas en MCA algo superior. Además vemos que el tiempo de MCA sin aviso a mantenimiento en la línea 3 es del 75% mientras que en las otras dos líneas ronda el 36%.

ANÁLISIS				
PUESTO	MAQUINA	ORDEN TRABAJO	Nº PARADAS	% TPO SIN AVISO
AATT	MC1	16	43	34%
AATT	MC2	17	49	38%
AATT	MC3	7	56	75%

Tabla 4.9 Comparación del puesto de aros en las tres líneas, resultado de la aplicación. Fuente: elaboración propia.

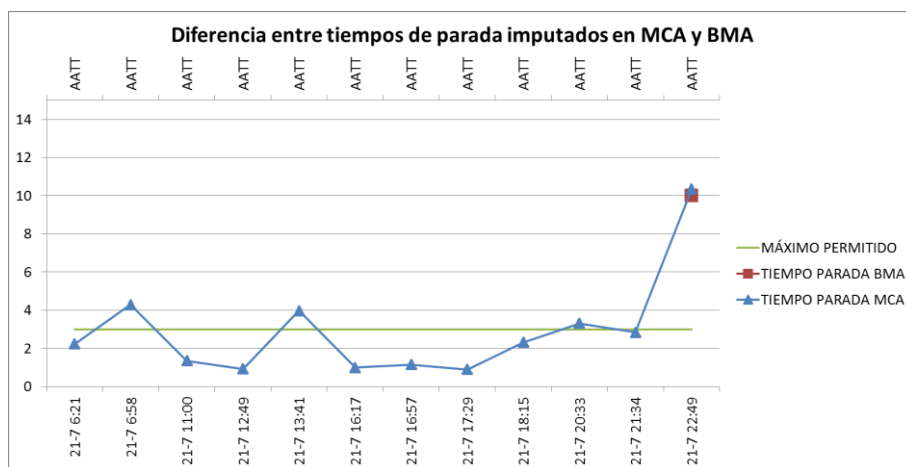
Por tanto el análisis mediante la aplicación propuesta nos muestra que hay una importante diferencia en la manera de actuar entre líneas. En la tercera, debido a un tema de accesibilidad y facilidad de rearme, los operarios resuelven por sí mismos las

averías. Pero esto no significa que haya menos paradas por este puesto, solo que son más sencillas de reparar. Por tanto debemos replantearnos si es adecuado cambiar los puestos tal como están ahora o sería más conveniente estudiar este aspecto en la tercera línea. Debemos recordar que una parada de máquina que resuelve el propio operario es más corta que aquella en la que se realiza el aviso pero también puede ser de menor calidad. Hay que estudiar la evolución temporal de este puesto observando por ejemplo si tras muchas intervenciones del operario se da una gran parada. Por ello, en la última parte de la estancia en la empresa se tuvo especial cuidado en observar este aspecto de la línea 3. Veamos algunos ejemplos.

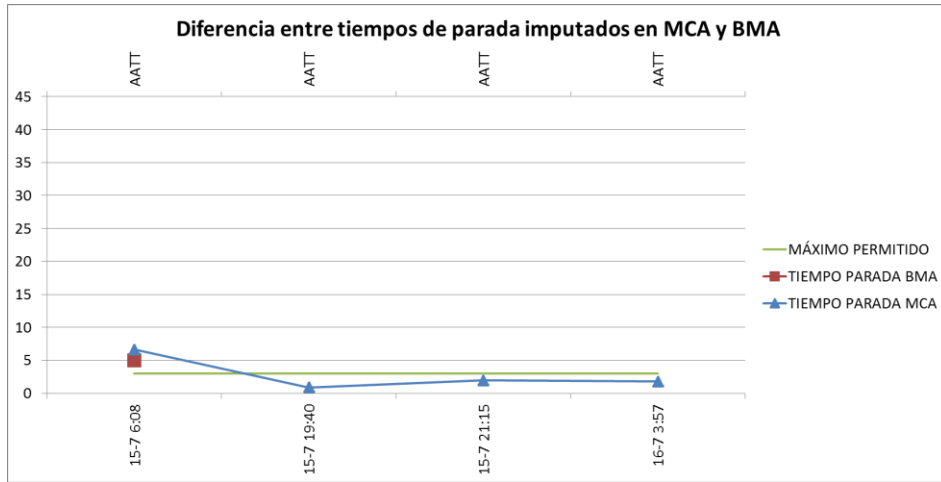
- En la gráfica 4.2 del 21 de julio podemos ver como se producen hasta 11 paradas de máquina a lo largo de todo el día, en su mayoría breves, antes de la intervención de mantenimiento que provoca 10 minutos de parada.
- Sin embargo en la gráfica 4.3 del 15 de julio, vemos un aviso a primera hora de la mañana y la máquina no vuelve a parar por este motivo hasta más de 10 horas después.

Veamos ahora casos en las otras líneas y realicemos la comparación.

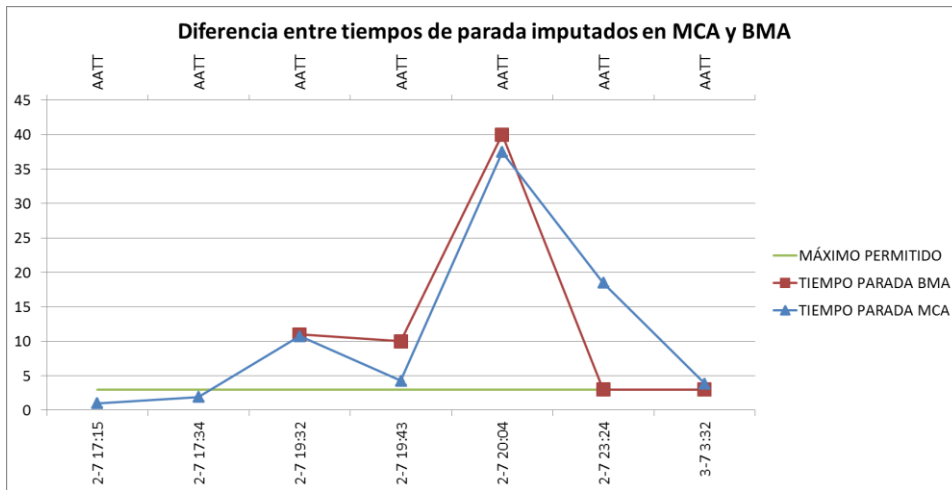
- La gráfica 4.4 corresponde a primeros de julio en la primera línea, como vemos tiene dos paradas cortas hasta que se decide avisar a mantenimiento lo que provoca paradas mayores. Si continuamos analizando el gráfico, vemos que el puesto de aros continúa dando fallo a lo largo del día, lo que nos indica que el problema es grave y no se consigue resolver.
- El caso de la gráfica 4.5 presenta como una mala resolución de la avería conlleva todo un turno (fijémonos que las cuatro últimas intervenciones suceden en el tercer turno) de paradas de unos 10 minutos por un puesto que en principio no es de los más conflictivos de la máquina.
- En el siguiente ejemplo, gráfica 4.6, vemos esta vez hay dos grandes paradas, en turnos distintos, en las que el operario avisa a mantenimiento y que conllevan mucho tiempo de parada.



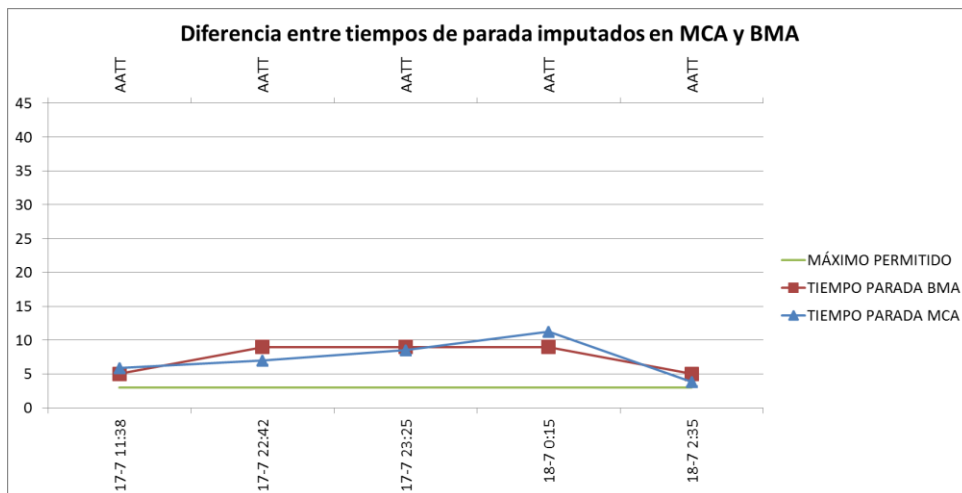
Gráfica 4.2 Puesto de aros de la MAC 03, 21 de julio de 2015. Fuente: elaboración propia.



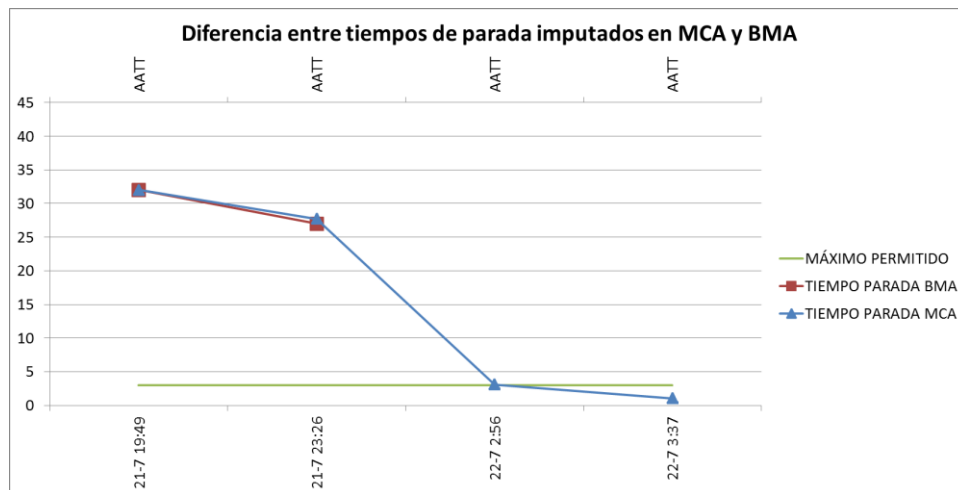
Gráfica 4.3 Puesto de aros de la MAC 03, 15 de julio de 2015. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 4.4 Puesto de aros de la MAC 01, 2 de julio de 2015. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 4.5 Puesto de aros de la MAC 02, 17 de julio de 2015. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 4.6 Puesto de aros de la MAC 02, 21 de julio de 2015. Fuente: elaboración propia.

En vista a estos ejemplos determinamos que si bien el puesto de aros de la tercera línea es más accesible y fácil de reparar en caso de fallo no se debe dejar de tener en cuenta que también tiene relación el modo de hacer de los operarios al enfrentarse a las averías. Lo que significa que si finalmente se cambia el puesto de las dos primeras líneas por uno similar al de la tercera deberemos de inculcar esto en el equipo de producción. Si recordamos la teoría explicada en los primeros capítulos, esto sería un paso hacia delante en la implantación del TPM (Mantenimiento total en producción) en la que se apuesta por aumentar las intervenciones del operario en la máquina en pequeñas averías fáciles de resolver. Haciendo un puesto más sencillo y accesible contribuimos a minorar el tiempo de parada de máquina por este puesto.

4.3 GESTIÓN ECONÓMICA

Como parte final del estudio, vamos a hacer referencia a la parte de gestión económica del departamento de mantenimiento. Comencemos definiendo el concepto de coste como el valor monetario de todo aquello que se consume para fabricar un producto. Veamos cómo se dividen los costes del departamento de mantenimiento entre las diferentes posibilidades según la asignación objetiva al producto:

- El coste directo es aquel fácilmente imputable al producto, se pueden identificar inequívocamente. Como costes directos encontramos los insumos de materiales, los gastos en fungibles y la mano de obra directa.
- El coste indirecto es aquel que se comparte entre varias unidades de referencia, entre varios departamentos por ejemplo. Como costes indirectos tendríamos los referentes a los mandos intermedios, personal de administración e informáticos, costes de logística y limpieza.

Si hacemos referencia a la división de los costes en variables o fijos tendríamos en cuanto a costes variables, aquellos que aumentan en proporción directa con el nivel de actividad del departamento, algunos como el consumo de aceite (aunque el coste del

aceite sea fijo por unidad de producto). Como costes fijos, que no depende del nivel de actividad, tendríamos por ejemplo el sueldo del jefe del departamento.

Referente al coste derivado de la parada de la máquina respecto al mantenimiento, tenemos que incluir tanto la pérdida de producción motivada por la avería como la derivada de la realización de preventivo. También se debe incluir la pérdida energética, las sanciones y las pérdidas de imagen.

Para controlar los costes del departamento de mantenimiento es imprescindible:

- Tener codificadas todas las máquinas.
- Tener identificados los puestos y las partes de cada máquina.
- Tener definida la relación entre los costes del departamento y el centro de contabilidad de la empresa.
- Tener los repuestos del almacén valorados y codificados.
- Tener diferenciados los tiempos de actividad y de paro de la mano de obra, lo ideal es que ellos mismos puedan imputarlo.
- Tener información rápida y certera de las imputaciones y desviaciones respecto al presupuesto.
- Realizar siempre Órdenes de Trabajo.

Como vemos desde la perspectiva de la gestión económica también es necesaria la correcta utilización de la aplicación de mantenimiento. La aplicación propuesta en este estudio permite obtener información veraz sobre las desviaciones, el tiempo real de máquina parada. Gracias a los datos contrastados con el análisis podemos determinar nuevos tiempos de atención a la máquina que derivarán en mejoras en los costes.

4.3.1 GESTIÓN DE COSTES POR ACTIVIDADES: MÉTODO ABC

El método ABC (Activity Based Costing) es un criterio de cálculo y control de costes de los productos, basado en el Principio de Pareto, basado en las actividades necesarias para producir. Es un método de clasificación tradicionalmente utilizado en gestión de inventario.

4.3.1.1 MÉTODO ABC APLICADO A LA GESTIÓN DE INVENTARIOS

Por ser la aplicación más conocida del método, vamos a exponer a continuación su utilización para el control de inventarios, con el objetivo de entender el análisis antes de ver su aplicación en el control de costes de mantenimiento. Para la gestión de inventario, con el método ABC determinamos lo siguiente:

- El 20% de los artículos del almacén son de tipo A y son responsables del 80% de los costes.
- El 30% de los artículos son de tipo B y representan el 15% de los costes.
- El 50% de los artículos son de tipo C pero solo son responsables del 5% de los costes de inventario.

Podemos ver esta relación porcentual en la ilustración 4.5. Debemos planificar el inventario teniendo en cuenta los costes de almacenamiento, el coste de capital, los impuestos y seguros, el coste de lanzamiento de una orden de pedido, los de preparación del pedido, el coste de la mano de obra implicada, el coste del transporte, el de pago a proveedores y el de no servicio al cliente o ruptura.

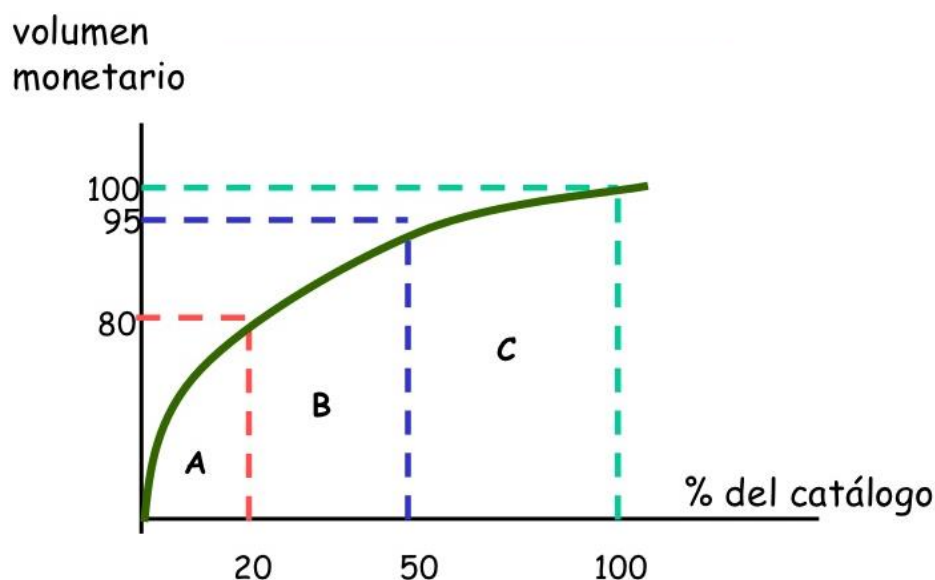


Ilustración 4.5 Porcentaje de productos del catálogo en relación al volumen monetario según el análisis ABC. Fuente: <http://technologies.gxpsites.com/>

Con el análisis ABC estamos teniendo en cuenta el coste de ruptura (no dar servicio al cliente, por eso se necesita un nivel de almacenamiento para evitar atrasar órdenes de trabajo y no perder ventas) y el de almacenamiento (los productos ocupan un espacio y deben moverse dentro y fuera del almacén, por ello buscamos el mínimo inventario). Como vemos debemos equilibrar ambos conceptos para tener la cantidad exacta de producto con el que cumplir eficientemente los objetivos estratégicos de la empresa.

Por tanto, del análisis ABC deducimos que en cuanto al control que se debe ejercer sobre cada tipo de producto, los C no requieren apenas ya que podemos mantener niveles de stock amplios para evitar la ruptura. Los de tipo B requieren un control medio. Sin embargo, los de tipo A son muy costosos por lo que solo debemos tener almacenado lo necesario y requieren un control muy elevado.

4.3.1.2 MÉTODO ABC APLICADO AL CONTROL DE COSTES EN MANTENIMIENTO.

Gracias al análisis ABC identificamos la mano de obra, los repuestos y los servicios de cada actividad llevada a cabo por el departamento. También cuantificamos el coste por separado de cada uno de estos recursos y ayudamos a identificar en qué grado añade valor cada actividad. Buscamos determinar qué actividades del departamento corresponden con el tipo de producto A visto en el apartado anterior para volcar en ellas el mayor esfuerzo.

Para ello identificamos qué recursos se consumen en la generación de un producto. También identificamos y priorizamos todas las actividades que intervienen en su producción. Con ello logramos que prevalezcan aquellas que aportan mayor valor añadido y con las que menos valor aportan se buscan alternativas como su externalización, su eliminación o su optimización dentro del sistema.

Los costes indirectos del mantenimiento son muy altos y por tanto debemos controlarlos y reducirlos por su enorme repercusión, gracias al análisis ABC determinamos cuáles aportan valor y cuáles no.

Para realizar este control de coste indirecto es de vital importancia realizar una correcta planificación del preventivo, que recordemos que incluye el predictivo, el sistemático y el de seguridad.

Una buena planificación del mantenimiento sería como la que se presenta en la ilustración 4.6, donde los flujos se realimentan con el objetivo de ir corrigiendo los posibles fallos.

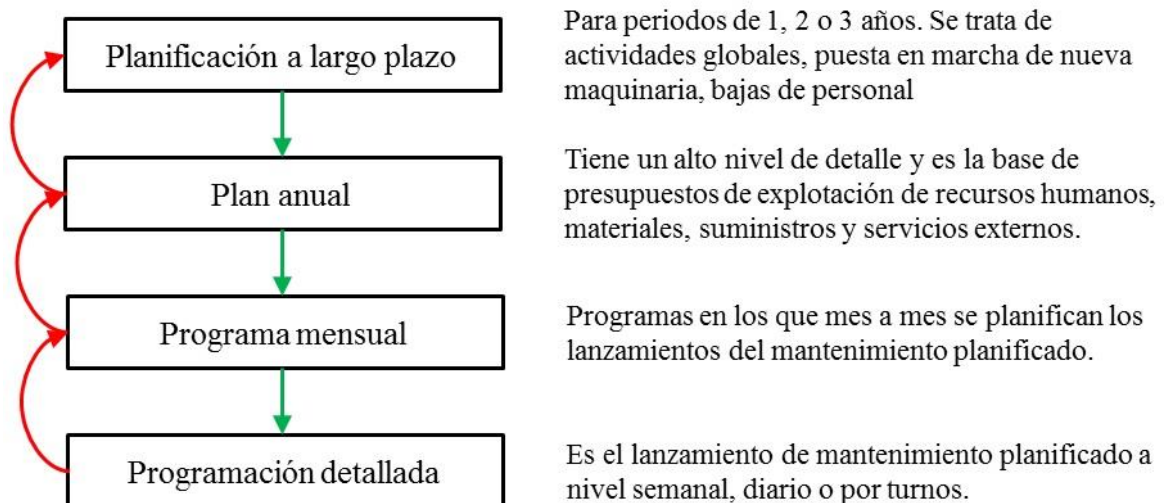


Ilustración 4.6 Planificación del mantenimiento predictivo. Fuente: elaboración propia a partir de *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (González Fernández, Francisco Javier).

Esta mejora continua del plan por medio de la realimentación permite acumular experiencia gracias a la cual se aumenta el conocimiento de los equipos. También nos facilita el detalle sobre las averías potenciales. Todo ello provoca variaciones en el plan de mantenimiento, siendo las más habituales:

- Cambios en la estructura para facilitar la ejecución de las tareas programadas. Estos cambios son referentes a la frecuencia, a adjudicar ciertas operaciones a producción en lugar del equipo de mantenimiento.
- Adición de tareas al plan, aparecen nuevas tareas que antes no se consideraba necesario realizar.
- Eliminación de tareas que consumen recursos y que a su vez aportan poco valor o no sirven para evitar fallos.

- Agrupación de tareas en una sola por ser similares o realizarse en equipos cercanos.

Estas mejoras en el plan de mantenimiento se deben realizar desde el enfoque de la propia empresa, con mejoras en la optimización de sistemas de planificación y control e implantando nuevas técnicas y métodos; también debemos tener en cuenta el factor de los recursos humanos, realizando mejoras en la formación y selección.

Respecto a lo que nos compete en el presente estudio, el mantenimiento correctivo, lo esencial desde el punto de vista del plan de mantenimiento es minimizar el tiempo entre el cierre de una Orden de Trabajo y el inicio de la siguiente intervención. Es decir, debemos acumular el histórico suficiente para tener una base que nos permita definir los tiempos de cada intervención. Como hemos visto en apartados anteriores, gracias a la aplicación el histórico de datos queda aún más completo y fiable gracias al contraste de información.

4.3.2 LOS COSTES DIRECTOS EN EL MANTENIMIENTO

Por último, pese a haber indicado que el factor crítico de la gestión de costes del mantenimiento recae sobre los indirectos, hagamos un pequeño análisis sobre los costes directos. Los costes directos, por ser fácilmente identificables son un buen punto sobre el que actuar de cara a la disminución de costes en el departamento.

Personal:

Aquí se incluyen tanto las nóminas de los operarios y las cotizaciones a la seguridad social como las inversiones que realice la empresa en formaciones que se amortizarán a lo largo de los años.

Repuestos fungibles e inventariables y otros materiales:

Aquí se incluyen materiales tales como: materias primas, elementos incorporables al producto, materiales auxiliares y productos terminados, semiterminados o en curso.

También tenemos en esta parte los fungibles, recursos que se consumen con el uso, los tenemos como gasto en sustitución de otros que son considerados residuos. Hacemos referencia a grasas, tornillería o aceites.

Por otra parte aparecen los materiales inventariables, que se diferencian de los fungibles en que se consideran inversiones y por tanto llevan asociada la amortización. Son aquellos con un coste significativo y que se pueden reparar.

Hay situaciones de duda en las que no se sabe si un recurso es fungible o inventariable, en esos casos decidiremos en función del valor de su reparación. Tendremos en cuenta tanto el precio de compra como los gastos de aprovisionamiento, de almacén y los costes generales.

En este apartado también es interesante mencionar el coste de los almacenes, más complejo a la hora de ser estimado como vimos anteriormente.

Costes de servicios externos.

Aquí nos referimos a aquellos servicios proporcionados por otra empresa que son considerados como actividades del propio departamento. Debemos exigir a la empresa exterior un desglose tal como el que realizamos a nivel interno pero recordemos que no se puede intervenir en su plantilla como si fuera nuestra ya que es ilegal, incurriríamos en prestamismo laboral.

Con esta reseña a la gestión económica del departamento de mantenimiento damos por finalizado el estudio del taller de ensamblado de turismo.

4.4 EXTENSIÓN DEL ESTUDIO A LA PARTE DE REGLADORES DEL ENSAMBLADO DE TURISMO

Como ya adelantamos en capítulos anteriores, tras la puesta en marcha de la aplicación inicial para las averías de mantenimiento se llevó a cabo su extensión a la parte de regladores. Las mejoras en una y otra se llevaron a cabo de manera paralela. Este equipo se encarga de reglar los puestos para que funcionen correctamente. Es habitual que en una avería se necesite la actuación tanto de mantenimiento como de regladores en la puesta a punto de la máquina.

4.4.1 SITUACIÓN DE PARTIDA

Esta extensión se lleva a cabo en el mismo entorno que el estudio previo, la situación es similar a la que había entonces. Los avisos a regladores se realizaban incorrectamente, sin seguir el método operativo, llamando al reglador sin utilizar la aplicación informática debida.

Los interlocutores de fabricación son, lógicamente, los mismos que los ya estudiados en anteriores apartados y que por tanto no vamos a volver a describir.

Por su parte, los equipos de regladores son distintos, hay 10 regladores trabajando de 8.00 a 17.00 los días de diario y cuatro personas que trabajan a turnos, cada uno sería como un equipo a efectos prácticos.

Las aplicaciones informáticas utilizadas en esta parte del estudio son MCA y BMA, tal como las conocemos para mantenimiento. Sin embargo, hay que añadir que los regladores tienen dos tipos de intervenciones en BMA, unas que requieren aviso por parte de fabricación y su correspondiente Solicitud de Servicio y otras, conocidas como técnicas, que el reglador hace sin Solicitud previa. Estas intervenciones técnicas tienen lugar cuando el reglador detecta alguna desviación en la máquina y decide intervenir sin provocar tiempo de parada en la misma.

La aplicación propuesta es similar a la ya conocida para mantenimiento, los intervalos temporales y de puestos fueron definidos exactamente igual que en esta. La aplicación fue muy levemente modificada para que incluyera, en una segunda vuelta, lo correspondiente a los reglajes. Todos los informes generados por ella corresponden a los ya estudiados, la única diferencia es la indicación en cada Orden de Trabajo al tipo de la misma.

4.4.2 PROBLEMÁTICA ENCONTRADA

El primer problema encontrado fue en la información obtenida mediante BMA. Al estar un solo reglador a turnos y debido a su alta ocupación, la precisión con la que este completa sus intervenciones en la aplicación informática es menor a la que tiene un mantenedor.

El segundo problema encontrado es debido al tipo de intervención que el reglador considera que está llevando a cabo, quedando esto reflejado en BMA. Recordemos que hay dos tipos de intervención, una para atender la llamada del operario de la línea y otra para hacer algún ajuste en la máquina sin aviso previo. Al analizar minuciosamente la actuación de los regladores se vio que en la realidad lo que se da es que siempre que interviene el reglador que está a turnos es por aviso de fabricación y por tanto la intervención es del primer tipo. En cambio, cuando interviene personal con horario fijo puede ser por aviso de fabricación o por iniciativa propia. Sin embargo, estos últimos tienen tendencia a marcar siempre su intervención como técnica y no señalar el tiempo de parada de máquina.

Finalmente existe desacuerdo entre mantenedores y regladores cuando ambos intervienen en la máquina al mismo tiempo. La aplicación MCA de fabricación permite desglosar el tiempo de parada entre varios conceptos, pero es complicado discernir entre qué tiempo pertenece a unos y a otros. El desacuerdo entre trabajadores termina con cada uno imputando el tiempo que considera en su intervención, que como vemos difícilmente va a coincidir con el tiempo imputado por el operario de fabricación en MCA. Además, cabe destacar que el mantenedor tiene acceso a la aplicación de fabricación y puede consultar el tiempo que finalmente le ha sido imputado para así completar su intervención. Sin embargo, el reglador no accede a MCA y coloca el tiempo que considera oportuno al rellenar su Orden de Trabajo.

Esto implica que los datos que vamos a manejar en esta parte del estudio son menos exactos que los de la parte de mantenedores y las conclusiones a las que podamos llegar no van a ser de tanto peso.

4.4.3 RESULTADOS OBTENIDOS

La parte central del estudio fue la referente a mantenimiento. La aplicación para la parte de regladores se realizó pero no se siguió con tanta intensidad debido a que no se consideraba primordial. Se perseguían los mismos objetivos que en la parte de mantenimiento, como vemos a continuación:

- Seguimiento de la realización de Órdenes de Trabajo, podemos seguirlo mediante el uso de la aplicación.
- Calcular el tiempo que tarda el operario de fabricación en dar el aviso tras la parada de máquina. Este objetivo, al igual que en la parte anterior, se cumple. Se pone un límite de 3 minutos (5 en el caso de las BNS).
- Calcular el tiempo que tarda el reglador en acudir tras la llamada. Este objetivo también se puede seguir correctamente con la aplicación. El límite es de 3 minutos.
- Conseguir que los tiempos de parada de la aplicación de fabricación coincidan con los de la aplicación de mantenimiento. Como hemos visto, es complicado en muchas ocasiones que esto se cumpla.
- Correcto uso del cronómetro. Se evidenció, al igual que sucedió con los mantenedores, la modificación de los datos por parte del reglador y el incorrecto uso de la aplicación informática.
- Comentarios precisos en las Órdenes de Trabajo. Al tener menos efectivos, en este caso los comentarios son mucho más breves y sin detalle. Tampoco se considera necesaria una mayor extensión en los mismos.

Las conclusiones a las que se llegaron con la inclusión de los regladores en el estudio fueron que como primer paso se debía exigir un mayor compromiso con la utilización de la aplicación de mantenimiento tanto con el uso del cronómetro como con la escritura detallada de las descripciones realizadas por los trabajadores. Para ello, el primer paso es que esto sea exigido y no asumir que debido al menor número de efectivos se puede consentir la incorrecta utilización de los procedimientos.

4.5 EXTENSIÓN DEL ESTUDIO AL TALLER DE PREPARACIÓN DE TURISMO

Una vez realizada la aplicación y el análisis de la parte del ensamblado, se consideró interesante extender el estudio a otras partes de la fábrica, en concreto se realizó para la parte de preparación de la goma de turismo. Uno de los objetivos perseguidos era involucrar a la mayor cantidad de personas en el estudio y tratar de extender el uso de la aplicación. Además se pensó que al ser una zona tradicionalmente algo desatendida por mantenimiento, al estar más alejada y no ser prioritaria frente al ensamblado, convenía llevar a cabo un seguimiento de las paradas. Otro motivo es que mantenimiento se quejaba de que tras la resolución de la avería, el operario de fabricación no ponía en funcionamiento la máquina con prontitud si no que esperaba un tiempo y lo imputaba a la avería, lo cual no es correcto.

4.5.1 SITUACIÓN DE PARTIDA

Recordemos que la parte de preparación de turismo está bastante alejada de la central de mantenimiento, ya que el cuello de botella es la parte del ensamblado. Por tanto es más importante atender con urgencia las averías en aquella parte. Sin embargo, la zona de

preparación también tiene paradas y se quería averiguar el tiempo real que se tarda en atenderlas, esto se podía hallar mediante la aplicación.

Como primer paso, vamos a detallar cómo es la parte de preparación. Podemos consultar de nuevo el plano esquemático del taller en la ilustración 1 del Anexo 1.

En la preparación tenemos, principalmente, dos tipos de máquinas a las que repercutiría el estudio, en la ilustración 4.7 podemos ver una aproximación de las operaciones que realizan estas máquinas.

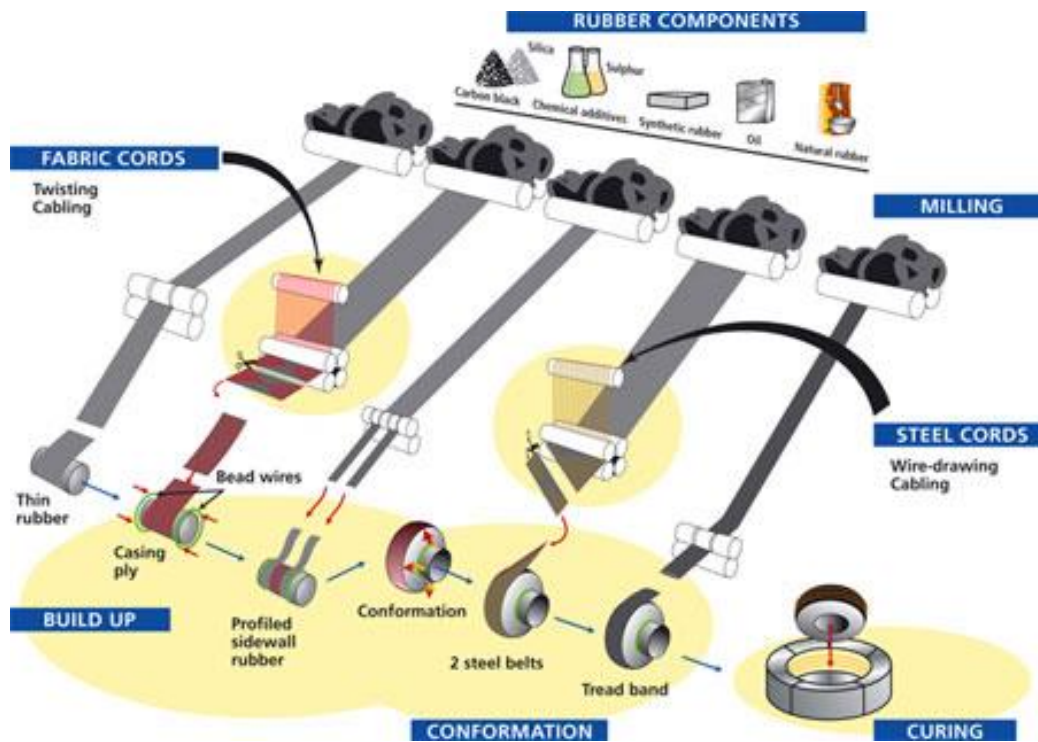


Ilustración 4.7 Proceso completo de fabricación del neumático. Fuente: myhomeimprovement.org

- Budinadoras: son unas grandes máquinas en las que entran paletas de goma directamente de la fabricación. En la máquina se combinan varias paletas, se calienta de nuevo la goma para que quede de una mezcla homogénea y se le dan las dimensiones adecuadas para su posterior uso. La salida de esta máquina es una bobina de goma preparada para ir directamente al ensamblado. La budinadora está a cargo de un operario de fabricación que se encarga de hacer los cambios de paletas cuando estas se acaban, hacer los cambios de bobina cuando ésta se completa, solucionar los atascos que se pueden dar en la máquina... en definitiva, velar porque la máquina cumpla su función. Los tiempos de ciclo de la máquina son mucho más dilatados que en la parte de ensamblado y presentan grandes variaciones en su duración en función de la calidad que se esté fabricando.
- Cortadoras: a estas máquinas llega producto, goma con tejido metálico, en una bobina. Esta mezcla se corta con un determinado ángulo y se vuelve a empalmar, generando otra bobina. Este proceso se puede realizar de varias

formas, mediante un operario que hace la unión de forma manual o también mediante un operario que lo supervisa en lo que sería una operación semiautomática. El operario también se encarga de los cambios de bobina.

En la ilustración 4.7, la primera línea está representando como en la parte de fabricación de goma esta se obtiene a una determinada anchura. La segunda también sería de la parte de fabricación (en este caso esto no se hace en la fábrica de Valladolid) y representa como se realiza la mezcla de hilos textiles y goma, la siguiente parte representa el corte y eso sí que pertenece a la parte de preparación. La tercera línea sería lo correspondiente a una budinadora de la preparación. La siguiente, la cuarta, representa como se hace la mezcla de hilos metálicos y goma, esto no se hace en la fábrica de Valladolid, sin embargo la siguiente etapa de corte en un determinado ángulo sí que se lleva a cabo. Estas son las partes de la ilustración que nos interesa analizar en esta parte del texto. La imagen representa el proceso global que ya hemos ido conociendo en otros capítulos.

4.5.1.1 MOTIVOS DE PARADA DE MÁQUINA

La máquina se puede parar por diversos motivos, estos son:

- Descansos de personal, establecidos en el convenio.
- Relevo, momento en el que se produce el cambio de operario.
- Fin de pedido, cuando se termina de producir una determinada calidad de goma, por ejemplo.
- Mantenimiento preventivo, como limpiezas de la máquina.
- Ensayos, diferentes pruebas de fabricación para industrializar nuevas calidades que posteriormente se fabricarán de modo normal en la máquina.
- Atascos en la máquina, al tratarse de una operación continua con goma, esta se puede atascar en alguna de las partes de la máquina.
- Producto no conforme, alguna de las gomas que se está utilizando no es adecuada, bien por un fallo al elegirla o bien porque no está en buenas condiciones.
- Producto fabricado en marcha degradada, cuando la máquina no está parada pero tampoco está produciendo al ritmo óptimo.
- Toma de puesto, tras el relevo, el tiempo que tarda el operario en tomar los mandos.
- Intercalador defectuoso, el intercalador es la lámina en la que se va colocando la goma para que al enrollarla en la bobina las capas de goma no se queden pegadas unas a otras, si este da defecto se ha de cambiar.
- Avería de máquina, la máquina sufre una parada no programada por causas internas. Son el objeto de análisis.
- Falta de carretilla, cuando la bobina está terminada debe ser transportada al almacén por medio de una carretilla.
- Falta material, no se dispone de alguno de los útiles necesarios para realizar la operación.

- Falta de goma/tejido, al ir a comenzar la preparación no se dispone de alguno de los productos necesarios.
- Cambio de dimensión, si se tiene que cambiar la anchura por ejemplo, requiere algunos reajustes de la máquina.
- Cambio de calidad, si se va a comenzar a fabricar otro tipo de goma, también hay que realizar ajustes.
- Arranque, tras un tiempo de parada de máquina esta tarda en volver a estar lista para producir.

4.5.1.2 FICHEROS DISPONIBLES

Vamos a analizar la información de la que disponemos para realizar el análisis. La de BMA es similar a la ya vista para el ensamblado, sin embargo la de fabricación es totalmente distinta.

El nivel de detalle de la aplicación de fabricación es mucho menor que en el ensamblado y además se encuentran muchas diferencias entre la propia producción en una y otra zona. A diferencia de la parte de ensamblado en la que la salida de producto tenía unos tiempos de ciclo muy cortos y en caso de parada se determinaba la causa exacta incluso pudiendo dividir una misma parada entre dos motivos, en la parte de preparación esto no es así. En este caso los tiempos de ciclo son mayores y si hay parada esta se imputa a una sola causa, la que mayor tiempo haya supuesto. Veámoslo con un ejemplo gráfico, ilustración 4.8.

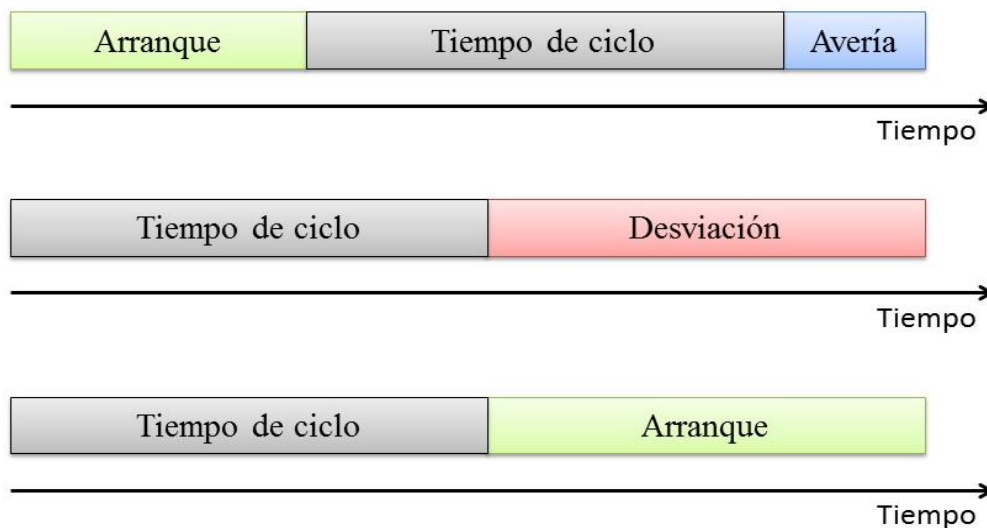


Ilustración 4.8 Ejemplo de imputación de paradas en Flujos y Traza de la parte de preparación.
Fuente: elaboración propia.

Como vemos en la imagen, ha habido un tiempo de parada de máquina debido al arranque y otro debido a una avería. En este caso, como el nivel de detalle es menor que en la parte de ensamblado, lo que se tiene de información es que ha habido una desviación (suma de las dos paradas) sobre el tiempo de ciclo. Esta desviación se ha de achacar a un motivo, el mayor de entre los posibles, en este caso el arranque. Por tanto vemos que en la aplicación de fabricación ni siquiera vamos a tener registrada la avería

que ha tenido lugar. Esto nos lleva al primer problema, si el operario avisa a mantenimiento tendremos un registro respecto a esta avería, pero si no realiza el aviso por una parte se está penalizando el tiempo de parada debido al arranque (creemos que es mayor de lo que es en realidad) y además no se deja traza de esta avería en ningún sitio.

4.5.1.3 APLICACIÓN PROPUESTA

Se continuó con el estudio manual de las paradas y se hizo una nueva aplicación de análisis de los tiempos de atención en base a la ya existente para ensamblado aun sabiendo que no se obtendrían unos resultados tan detallados como en aquella. Al igual que en la parte de ensamblado, el objetivo de la aplicación es contrastar la información entre la aplicación de fabricación (Flujos y traza) y la de mantenimiento (BMA) en base a la relación temporal y de localización de las averías. Se requieren los siguientes datos para la realización de la comparativa:

- De flujos y traza:
 - Inicio de fabricación.
 - Fin de fabricación.
 - Inicio de la desviación, coincide con el fin de fabricación.
 - Fin de la desviación.
 - Máquina en la que se da la avería.
- De BMA:
 - Momento de realización de la Solicitud de Servicio
 - Momento de Inicio de Mantenimiento
 - Momento de Fin de Mantenimiento
 - Código de la Orden de Trabajo
 - Puesto en el que se realiza la intervención
 - Tiempo de parada de máquina
 - Operario de fabricación que realiza la Solicitud de Servicio
 - Operario de mantenimiento que lleva a cabo la intervención
- Del calendario de la actividad:
 - Equipo de trabajo
 - Turno

Los contrastes son comparación entre equipos, entre turnos de trabajo y entre averías en máquinas similares.

4.5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA

Se comenzó por una observación de la maquinaria implicada y un estudio en detalle de los ficheros a utilizar, principalmente el de fabricación que es el que tiene otras características. En este caso, al existir ya la aplicación para el ensamblado, se optó por reajustar esta para la parte de preparación a la vez que se llevaba a cabo el contraste de datos manual. Veamos la arquitectura de la aplicación en la ilustración 4.9.

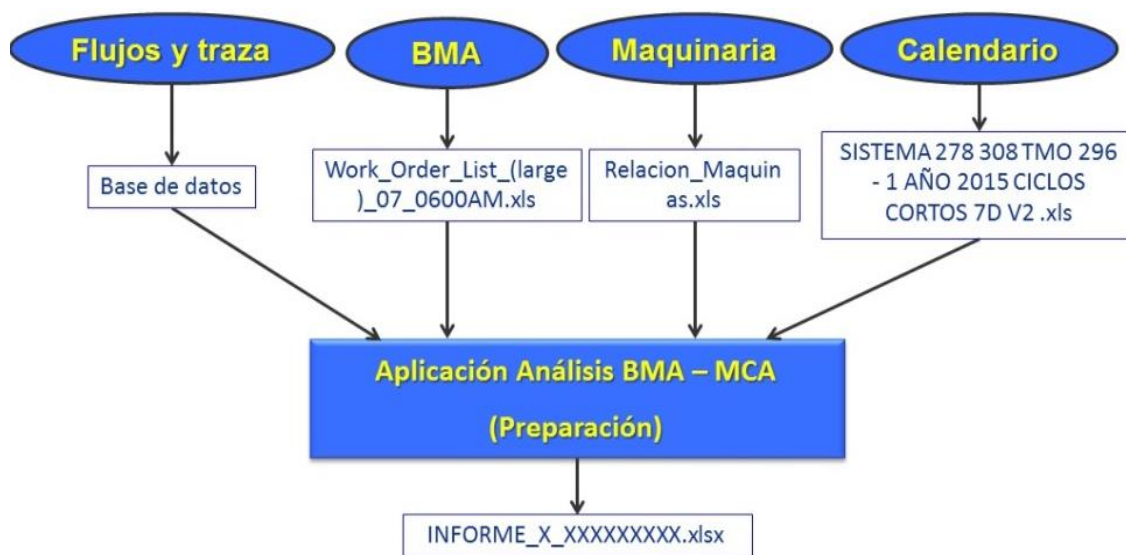


Ilustración 4.9 Arquitectura básica de la aplicación para la parte de preparación. Fuente: elaboración propia.

Como vemos, necesitamos los siguientes ficheros:

- Flujos y traza, base de datos de todo el taller de turismo que contiene toda la información referente al mismo como puede ser productos almacenados, el calendario de la actividad, relación de proveedores, compras, trabajadores por turnos... y lo que nos interesa para el análisis que es la traza de la fabricación. En dicha traza tenemos el momento de inicio y el de fin de fabricación, el producto, la máquina en la que se está produciendo, la calidad que se fabrica y diferentes códigos. Además también se registran las desviaciones sobre el tiempo de ciclo para cada producto fabricado y mediante el código identificamos a qué ha sido asignada dicha desviación.
- BMA, tal como la conocemos para el ensamblado.
- Maquinaria, en este caso no existe el nivel de detalle del puesto en la aplicación de fabricación, por tanto la relación entre esta y la de BMA se hace mediante la máquina donde ha tenido lugar la reparación. Es en BMA donde encontraremos la asignación a un lugar exacto dentro de la máquina donde se llevó a cabo la reparación.
- Calendario de la actividad, se utiliza modificado tal como se vio para el ensamblado.

4.5.2.1 PLANTEAMIENTO LÓGICO

En la parte de preparación se dan muchas menos averías que en ensamblado. El planteamiento de la herramienta por tanto es algo distinto. En este caso no es necesario definir intervalo de puestos, ya que no se tienen en cuenta. Si se dan varias averías en la misma máquina durante la fabricación de una misma bobina en la aplicación de fabricación solo tendremos una imputación. En BMA tendremos tantas imputaciones como intervenciones hayan tenido lugar, podría haber varias si se han realizado diferentes reparaciones.

Tenemos el inicio de fabricación de la bobina, el de fin de la misma así como el inicio y fin de la desviación, con todo ello definimos el intervalo de tiempo en el que situaremos la avería para imputársela a una u otra bobina. Veámoslo en la ilustración 4.10. Con lo cual todas aquellas intervenciones de mantenimiento que tengan su Inicio de mantenimiento o Solicitud de Servicio (la más temprana de las dos) entre el Inicio de fabricación de la bobina y el Fin de la desviación serán asignadas a esta bobina.

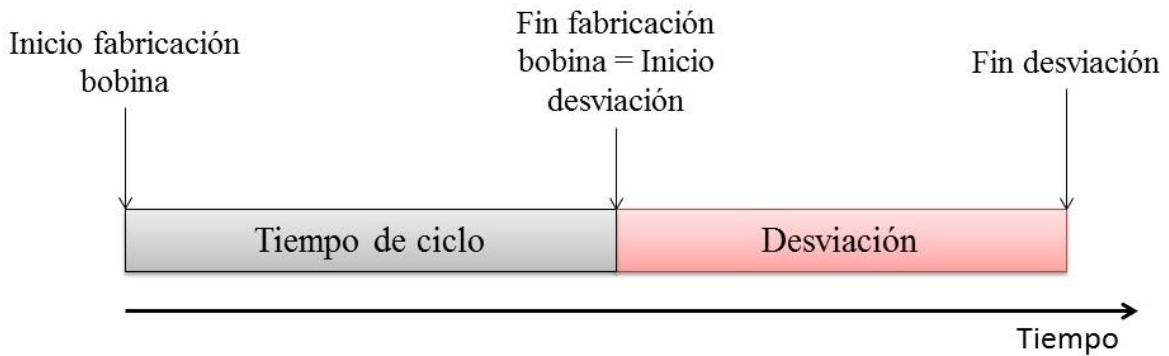


Ilustración 4.10 Diferentes momentos registrados en Flujos y Traza. Fuente: elaboración propia.

4.5.2.2 PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN

La herramienta se creó mediante programación en Visual Basic, en el presente trabajo se omite el código generado pero se indican las tareas que se llevaban a cabo:

1. Al comienzo de la aplicación, se vuelcan en Excel todos los documentos necesarios para hacer el análisis, es decir, la hoja correspondiente de BMA, el calendario y la relación de maquinaria. Además se filtra la base de datos de Flujos y Traza según la fecha del análisis y las máquinas correspondientes a la preparación.
2. Se crean todas las hojas del libro necesarias para llevar a cabo la comparación. En estas hojas se irán realizando los filtrados, copiando datos, realizando cálculos...
3. Para cada una de las máquinas analizadas se busca la información disponible en la aplicación de fabricación. Para cada imputación de avería se marca el inicio y el fin tal como hemos visto en el apartado anterior. De Flujos y Traza obtenemos la máquina, el inicio y fin de la fabricación en la que se detectó avería, la duración de la desviación imputada a avería y el conductor de la máquina presente en el momento de la avería.
4. En cuanto a las intervenciones de mantenimiento, tal como hacíamos para el ensamblado, obtenemos para cada una de ellas el código de la Orden de Trabajo, el momento de Solicitud de Servicio, el de Inicio y Fin de Mantenimiento, el tiempo de parada de máquina, los mantenedores que acudieron a la intervención, el puesto en el que se llevó a cabo la parada y la descripción de las operaciones que se realizaron para solucionar la avería. Se calcula también la desviación del Inicio de mantenimiento respecto del momento de Solicitud de Servicio.
5. Con toda la información preparada se lleva a cabo el análisis tal como se ha explicado anteriormente. Se busca la coincidencia entre máquina y periodo de

- tiempo, si se encuentra, se asigna esa Orden de Trabajo a esa avería de máquina. Se combina la información y se va generando una tabla con toda la comparativa.
6. Si quedan intervenciones de mantenimiento sin asignar o bien paradas de máquina sin correspondencia, se añaden incompletas a la tabla de las comparativas.
 7. Se asigna el turno en función del momento de parada de máquina o de inicio de mantenimiento, según la información que se tenga.
 8. Derivado del turno se asigna el equipo de mantenimiento y el operario de fabricación.
 9. Se asigna el máximo permitido de tiempo de parada de máquina sin aviso a mantenimiento. También se imputa el máximo de tiempo permitido para la desviación de Inicio de Mantenimiento. Ambos se establecen en cinco minutos.
 10. La tabla generada se formatea para que quede adecuada para su lectura y a partir de estos datos se saca el gráfico de comparación de tiempos y el de desviaciones para cada parada.

En el caso de la preparación se dan muchas menos paradas que en el ensamblado. Por eso se recoge toda la información en un solo documento, similar al detallado del ensamblado, donde se puede encontrar la comparativa referente a toda la maquinaria de esta parte del taller de turismo. Este documento se realiza con la intención de ser enviado al Responsable de fabricación de la preparación, al Jefe de Mantenimiento de turismo y al Jefe del Taller.

4.5.2.3 PROBLEMÁTICA ENCONTRADA

Ya conocemos el problema de la imposibilidad de dividir las paradas de máquina entre varias causas. Veamos ahora un caso de avería en el que sí que se impute como tal en la aplicación de fabricación. En la ilustración 4.11 se compara lo sucedido en la realidad con la información obtenida mediante la aplicación de producción.

Como vemos en la ilustración, la primera fila representa lo sucedido en realidad: primero la máquina estuvo parada debido a que se estaba llevando a cabo el relevo de operarios, después durante la fabricación normal se produjo una parada por avería, esta se resolvió y continuó la fabricación. Sin embargo, lo que la aplicación de fabricación detecta es un tiempo de ciclo que lleva programado por la calidad que está fabricando y una desviación sobre ese tiempo de ciclo. En la tercera fila se representa como quedaría el registro final al que tenemos acceso. Como la mayor de las paradas tuvo como causa una avería toda la desviación es imputada a este motivo.

Por tanto, de aquí derivan varios problemas:

- No sabemos el momento en el que se ha parado la máquina realmente, ya que el momento de inicio de la avería según la aplicación de fabricación es el momento en el que teóricamente debería haber salido la bobina y no lo hizo. Como vemos, dicho inicio no coincide con el real representado en la primera fila. Debido a esto, no podemos determinar el tiempo que tarda el operario de fabricación en llamar a mantenimiento.

- El tiempo de parada de la máquina imputado como avería no es correcto puesto que la avería es menor. Por tanto si el tiempo entre BMA y esta aplicación no coincide no podemos determinar si es porque hubo varios motivos de parada, como sería este ejemplo, por un desacuerdo entre mantenimiento y fabricación o por una mala imputación de mantenimiento.
- No se conoce el momento de fin de la avería, por tanto tampoco podemos determinar si el mantenedor se queda hasta que esta se resuelve y en caso de ser así tampoco podemos medir ese tiempo para su posterior análisis.

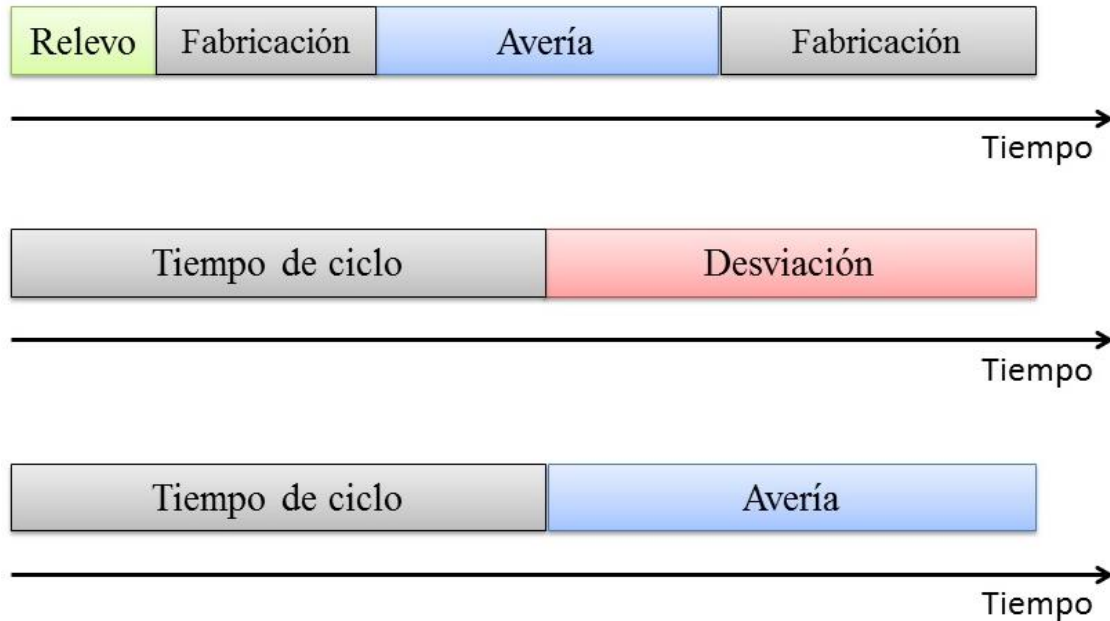


Ilustración 4.11 Ejemplo de imputación de paradas como avería en la aplicación de Flujos y Traza de la parte de preparación. Fuente: elaboración propia.

Como vemos la potencia del análisis que se lleva a cabo mediante la aplicación que queremos instalara queda bastante mermada. En cuanto al operario de fabricación apenas hay datos para determinar si está actuando con corrección o no y en cuanto a mantenimiento el análisis no aporta nada que no se tenga ya con la aplicación de BMA.

4.5.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Como conclusión a esta parte del estudio, no se implantó la herramienta ni se enviaron informes a los responsables debido a la escasa utilidad de estos. Lo que sí se hizo fue dejar la herramienta construida como guía para futuras aplicaciones con su correspondiente documentación de uso.

También se llevaron a cabo entrevistas y reuniones con las partes implicadas para tratar de encontrar una solución. Sin embargo, no existe otra vía para obtener los datos necesarios para realizar la comparativa.

ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo vamos a analizar los costes que supone la realización del proyecto y definiremos su precio de venta final. Para ello nos basaremos en el estudio del alcance, el tiempo y el tipo de proyecto. Posteriormente, elaboraremos el presupuesto en base a los recursos, plazos y condiciones dadas.

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

En el análisis económico del proyecto tenemos que incluir todas las acciones requeridas para planificar, supervisar y controlar los costes durante el ciclo de vida del mismo. En este caso el estudio ya se ha realizado y el análisis es posterior. Sin embargo, utilizaremos la metodología clásica de gestión de proyectos como guía para establecer el coste final del presente trabajo, ya que este es el objetivo del capítulo.

En la gestión de costes del proyecto hay que considerar tres dimensiones importantes: alcance, tiempo y tipo de proyecto. Veremos su definición en los siguientes apartados.

ALCANCE

El alcance del proyecto es el trabajo que se debe realizar para lograr los objetivos del mismo. Definiendo el alcance, nos aseguramos de que el trabajo incluya todo lo requerido para completar satisfactoriamente el proyecto. Además, con el alcance definimos los límites del mismo. Debemos definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto.

El alcance debe ser claro, debe incluir todo el trabajo necesario y debe ser compartido con todas las partes implicadas para evitar malos entendidos. Si se produce algún cambio en el alcance debe gestionarse mediante un procedimiento de cambios formal para tener siempre bajo control el proyecto.

En este caso, el alcance del proyecto vino determinado por la propia empresa. Sin embargo, se incluye en el presente documento un resumen de los pasos a seguir en la elaboración del alcance, como parte del conocimiento para el posterior análisis económico.

1. Planificar la gestión del alcance: crear un plan en el que se documente cómo se va a definir, validar y controlar el alcance del proyecto.
2. Recopilar requisitos: determinar, documentar y gestionar las necesidades y requisitos de los implicados en el proyecto para cumplir con los objetivos del mismo.
3. Definir el alcance: realizar la descripción detallada y describir los límites del proyecto.
4. Crear la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT): proceso de subdividir el trabajo en partes más pequeñas y manejables. La EDT es una descomposición jerárquica del alcance total del proyecto a realizar para cumplir con los objetivos y generar los entregables. Al descomponer el alcance en paquetes podemos estimar el costo y duración de cada uno de ellos y asignarles un responsable. A partir de cada paquete se definen actividades concretas a realizar para lograr el éxito del proyecto, estas actividades deben recoger todo el trabajo de modo que no se omita nada y que no se efectúe ningún trabajo extra.
5. Validar el alcance: formalizar la aceptación de los entregables que se hayan completado.

- Controlar el alcance: monitorear el estado del proyecto y gestionar posibles cambios para conseguir los objetivos.

El alcance de nuestro proyecto es el siguiente: Construcción e implantación de una herramienta informática en la factoría vallisoletana de Michelin creada mediante programación en Visual Basic. La finalidad de la herramienta es realizar el seguimiento, control, análisis y gestión del mantenimiento correctivo. Se debe incluir en el estudio el análisis de los diferentes tiempos de atención al mantenimiento en el taller de turismo y la creación de reglas de acción a seguir por los trabajadores.

Veamos a continuación la EDT generada para este proyecto en particular. Existen dos aproximaciones para crear la EDT:

- La descomposición por fases (en función del ciclo de vida del proyecto).
- La descomposición por entregables (en función de la definición del alcance).

Lo más habitual es combinar ambas técnicas, así es como hemos realizado la EDT del proyecto que podemos ver en la ilustración 5.1.

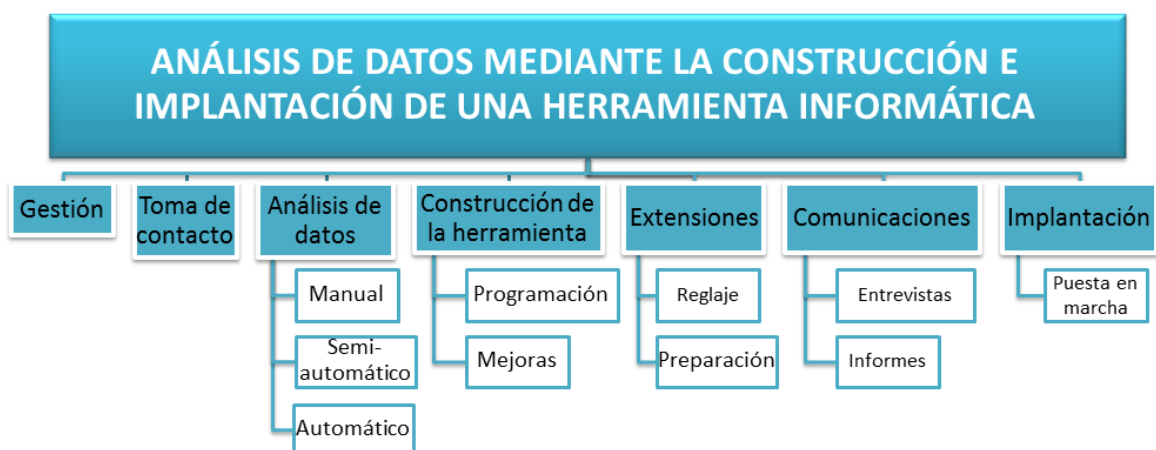


Ilustración 5.1 Estructura de Desglose del Trabajo del proyecto. Fuente: elaboración propia.

TIEMPO

La gestión del tiempo incluye los procesos requeridos para gestionar la terminación del proyecto en su plazo correspondiente. En este caso el plazo del proyecto se establece en 21 semanas. Veamos los pasos a seguir para lograr una correcta gestión del tiempo:

1. Planificar la gestión del cronograma: se establecen las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma.
2. Definir las actividades: identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para lograr el éxito del proyecto.
3. Secuenciar las actividades: identificar y documentar las relaciones existentes entre las actividades del proyecto.

4. Estimar los recursos de las actividades: estimar el tipo y la cantidad de materiales, recursos, equipos o suministros.
5. Estimar la duración de las actividades: estimar la cantidad de periodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades a tiempo.
6. Desarrollar el cronograma: analizar las secuencias, duraciones, requisitos de recursos y restricciones para crear el modelo de programación del proyecto.
7. Controlar el cronograma: monitorear el estado de las actividades para actualizar el avance del mismo y realizar los cambios necesarios para cumplir el plan.

En el plan de gestión del cronograma del proyecto establecemos:

- Desarrollo del modelo de programación del proyecto, determinando la metodología y la herramienta que utilizaremos. En este caso se ha optado por el diagrama de Gantt. El diagrama de Gantt es un gráfico de barras donde las actividades se encuentran en el eje vertical y las fechas en el horizontal, puede contener además información sobre el número y tipo de recursos correspondientes a cada actividad. La duración de las actividades se representa con rectángulos cuyas dimensiones abarcan desde el inicio hasta el fin de la misma. Son diagramas sencillos de entender y en los que se pueden representar gran cantidad de matices.
- Nivel de exactitud, especificamos el rango aceptable utilizado para hacer las estimaciones.
- Unidad de medida, en este caso la unidad de medida serán las semanas de trabajo.
- Umbrales de control, las desviaciones permitidas respecto del plan inicial. En este caso se establecen en 2-3 días.

Las actividades se definen a partir del nivel más bajo de la EDT (ilustración 5.1). Son acciones específicas a realizar y sirven de base para estimar recursos, duraciones y costes. Son las siguientes:

- Realizar la toma de contacto con los interlocutores, procedimientos y ficheros relacionados con el estudio.
- Realizar el análisis manual de los datos, establecer la comparativa entre las aplicaciones.
- Realizar el análisis semiautomático de los datos.
- Realizar el análisis automático de los datos mediante el uso de la aplicación.
- Mejorar los conocimientos de Visual Basic.
- Programar la aplicación.
- Buscar mejoras para la aplicación y reprogramar la misma teniéndolas en cuenta.
- Realizar la extensión a la parte de regladores del ensamblado de turismo.
- Realizar la extensión al taller de preparación de la goma para turismo.
- Tener entrevistas y reuniones con las partes implicadas.
- Generar los informes pertinentes como las guías de utilización de la aplicación.

- Llevar a cabo la puesta en marcha de la aplicación en el sistema automático de la fábrica.
- Supervisar los resultados.
- Hacer una presentación final del trabajo.

Una vez definidas las actividades han de ser secuenciadas, lo habitual es generar tablas de precedencia y diagramas de nodos. En este caso se ha optado por la tabla de precedencias, tal como vemos en la tabla 5.1.

Actividad	Descripción	Actividad precedente
A	Realizar la toma de contacto	-
B	Realizar el análisis manual	A
C	Realizar el análisis semiautomático	B – E
D	Realizar el análisis automático	G
E	Mejorar conocimientos de programación	A
F	Programar	B – E
G	Buscar mejoras	F
H	Realizar la extensión a regladores	G
I	Realizar la extensión a la preparación	G
J	Tener entrevistas	I
K	Generar informes	I
L	Poner la aplicación en el sistema automático	I
M	Supervisar los resultados	A
N	Hacer la presentación	I

Tabla 5.1 Tabla de precedencias entre las actividades del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Existen tres tipos de dependencias en función del origen de la limitación:

- Dependencia obligatoria: Inherentes a la naturaleza del trabajo que se está realizando.
- Dependencia discrecional: Definidas por el equipo de Dirección del Proyecto. Basadas en buenas prácticas o experiencia previa.
- Dependencia externa: Independiente de las actividades del proyecto.

Existen cuatro tipos de dependencias en función de la relación entre las actividades:

- Relación de precedencia final a comienzo: La actividad sucesora puede comenzar una vez haya finalizado la actividad predecesora. El tipo utilizado en la tabla 5.2
- Relación de precedencia comienzo a comienzo: La actividad sucesora puede comenzar después de que haya comenzado la predecesora
- Relación de precedencia final a final: La actividad sucesora puede finalizar una vez haya finalizado la actividad predecesora.
- Relación de precedencia comienzo a final: la actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya comenzado la sucesora.

A continuación vamos a estimar los recursos necesarios para cada actividad. Estos recursos son las personas, máquinas o instalaciones necesarias para la realización de cada actividad. Para gestionar eficientemente los recursos primero los debemos definir (debemos saber de qué recursos disponemos y si estos son consumibles o no). A continuación debemos asignarlos. Tenemos que considerar que la cantidad de recursos y la duración de la tarea no siempre mantienen una relación inversa. Debemos comprender la naturaleza del trabajo y el tamaño del equipo necesario para hacerlo. Por último, hay que pensar cuántas unidades de cada recurso están disponibles para su uso en el proyecto en un momento dado. Después debemos agregar los recursos, es decir, realizar la suma periodo a periodo de los recursos necesarios para completar el proyecto. Por último, hay que nivelar los recursos comparando las necesidades y la disponibilidad y estableciendo un equilibrio. Con todo esto, establecemos la asignación de recursos a las actividades definidas tal como vemos en la tabla 5.2.

Actividad	Recursos (personas)	Recursos (materiales)
A	Ingeniero en organización y supervisor (ingeniero)	-
B	Ingeniero en organización	Ordenador, Excel
C	Ingeniero en organización	Ordenador, Excel
D	Ingeniero en organización	Ordenador, Excel
E	Ingeniero en organización	Curso formativo
F	Ingeniero en organización	Ordenador, Excel
G	Ingeniero en organización	Ordenador, Excel
H	Ingeniero en organización	Ordenador, Excel
I	Ingeniero en organización	Ordenador, Excel
J	Ingeniero en organización, supervisor y director del proyecto	Ordenador, Excel, sala de reunión
K	Ingeniero en organización, supervisor y director del proyecto	Ordenador, Excel, papel, tinta, impresora
L	Ingeniero en organización e ingeniero informático	Ordenador, Excel
M	Supervisor (ingeniero)	Ordenador, Excel
N	Ingeniero en organización, supervisor y director del proyecto	Ordenador, Excel, proyector, sala de reunión

Tabla 5.2 Tabla de relación de recursos con actividades. Fuente: elaboración propia.

El siguiente paso es la estimación de la duración de cada actividad, toda la información correspondiente a este punto aparece recogida en la tabla 5.3. Cabe destacar en relación a la tabla 5.3 que no todas las actividades requieren dedicación a tiempo total. Por ejemplo, las marcadas con duración 20 semanas indican que se realizan durante el proyecto de manera continua pero no durante toda la jornada de trabajo.

Actividad	Descripción	Duración (semanas)
A	Realizar la toma de contacto	1
B	Realizar el análisis manual	8
C	Realizar el análisis semiautomático	2
D	Realizar el análisis automático	10
E	Mejorar conocimientos de programación	2
F	Programar	5
G	Buscar mejoras	4
H	Realizar la extensión a regladores	1
I	Realizar la extensión a la preparación	2
J	Tener entrevistas	20
K	Generar informes	20
L	Poner la aplicación en el sistema automático	2
M	Supervisar los resultados	20
N	Hacer la presentación	2

Tabla 5.3 Relación entre la duración en semanas y las actividades. Fuente: elaboración propia.

A continuación se desarrollará el cronograma, en este caso utilizando para ello el diagrama de Gantt, tal como vemos en la ilustración 5.2. Una vez que disponemos de toda la información sobre las actividades, duración y recursos podemos llevarlo a cabo. Además de las relaciones de precedencia ya conocidas, se pueden dar adelantos y retrasos en las actividades. Estos adelantos y retrasos no deben efectuarse sin seguir los procedimientos documentados. El desarrollo del cronograma es un proceso iterativo que requiere modificaciones y que muchas veces provoca cambios en las estimaciones de recursos y duraciones.

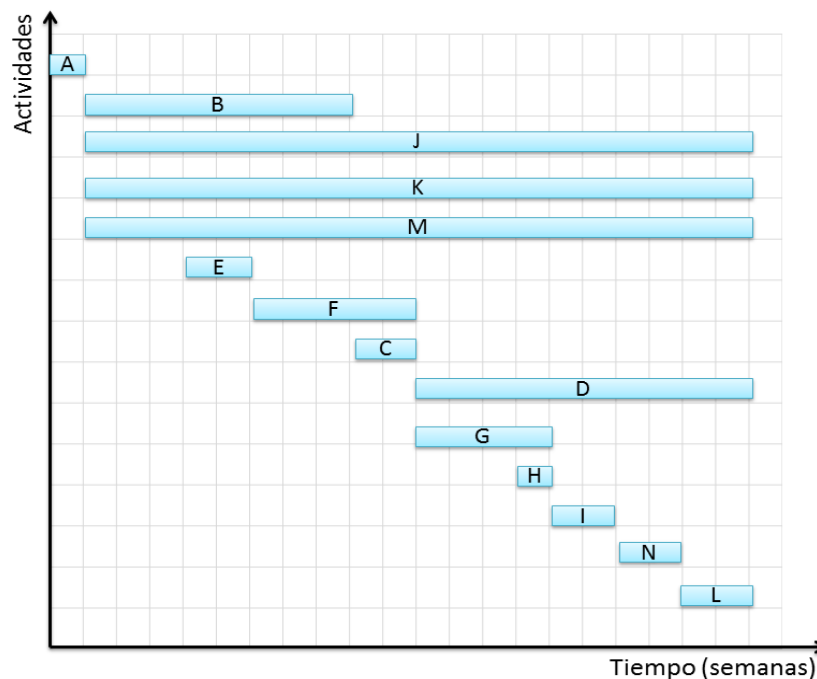


Ilustración 5.2 Gráfico de Gantt del proyecto. Fuente: elaboración propia.

TIPO DE PROYECTO

Podemos clasificar los proyectos en función de múltiples criterios, tales como:

- Según la procedencia del capital:
 - Proyectos públicos.
 - Proyectos privados.
 - Proyectos mixtos.
- Según el sector:
 - Proyectos de construcción.
 - Proyectos de energía.
 - Proyectos de minería.
 - Proyectos de transformación.
 - Proyectos de medio ambiente.
 - Proyectos industriales.
 - Proyectos de servicios.
- Según el ámbito:
 - Proyectos de ingeniería.
 - Proyectos económicos.
 - Proyectos fiscales.
 - Proyectos legales.
 - Proyectos médicos.
 - Proyectos matemáticos.
 - Proyectos artísticos.
 - Proyectos literarios.
 - Proyectos tecnológicos.
 - Proyectos informáticos.
- Según su área de influencia:
 - Proyectos supranacionales.
 - Proyectos internacionales.
 - Proyectos nacionales.
 - Proyectos regionales.
 - Proyectos locales.

Según esta clasificación nuestro proyecto, al tratar sobre la construcción de una herramienta, análisis y gestión de la información correspondiente al área de organización de la empresa, es de tipo:

- Privado: ya que el capital proviene de una empresa.
- Industrial: ya que la empresa es manufacturera.
- De ingeniería: ya que pertenece al área de la ingeniería en organización industrial.
- Local: en un principio su área de influencia es la fábrica vallisoletana. Sin embargo, hay que mencionar que muchas de las fábricas de Michelin utilizan las

mismas aplicaciones que esta y por tanto la herramienta creada podría ser aplicada también en ellas.

GESTIÓN DE LOS COSTES DEL PROYECTO

Para realizar una adecuada gestión de los costes debemos seguir los siguientes pasos:

1. Planificar los costes: proceso que establece las políticas, procedimientos y documentación para planificar, gestionar, ejecutar el gasto y controlar los costes del proyecto. En este caso es sencillo puesto que el proyecto llevado a cabo no conlleva grandes inversiones. El único riesgo que se corre es no cumplir con los plazos establecidos, vistos en la ilustración 5.2 Diagrama de Gantt. Sería interesante controlar el cumplimiento de dichos plazos mediante reuniones o presentaciones en las que se expusieran los resultados hasta el momento. Por ejemplo, se podría señalar como hito el fin de cada actividad del diagrama de Gantt y celebrar un encuentro entre el Director del Proyecto, el ejecutante y el supervisor para intercambiar opiniones y comprobar la marcha del estudio.
2. Estimar los costes: proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos necesarios para completar cada actividad. Como en el apartado *Tiempo* del presente capítulo llevamos a cabo la estimación de recursos, es sencillo saber qué necesitamos. En la tabla 5.4 se presenta el coste de cada recurso utilizado. Los sueldos brutos, tal como se indica abajo, están calculados en base a la encuesta de salarios realizada durante 2015 entre los colegiados de Álava, Bizkaia, Gipuzkoa y Navarra, en la que han participado más de 800 ingenieros.

Recurso	Coste estimado
Ingeniero en Organización	20,75 €/h*
Ingeniero industrial (supervisor)	35,5 €/h*
Director del Proyecto	35,5 €/h*
Ingeniero informático	21,22 €/h*
Ordenador	Ya pertenece a la empresa
Programa Excel	Ya pertenece a la empresa
Curso formativo	175 €
Gastos variados (papel, tinta, impresora, luz...)	Supondremos un % sobre el gasto total.

* La estimación se ha hecho en base a un sueldo bruto de 43.168 €/año para el ingeniero en organización, 44.146 €/año para el ingeniero informático, 73.842 €/año para el ingeniero industrial (supervisor) y 73.842 €/año para el Director del Proyecto. Todos en 14 pagas. Fuente: Colegio de Ingenieros Industriales de Gipuzkoa.

Tabla 5.4 Coste de cada recurso. Fuente: elaboración propia

3. Determinar el presupuesto: proceso que consiste en sumar los costes estimados de las actividades. En el presupuesto se suelen incluir reservas para contingencias (a partir de los posibles riesgos que tenga el proyecto en cuestión) y de gestión (por si se realizan cambios en el alcance). En este caso hubo un importante cambio en el alcance que en un inicio se refería solo a las MAC del ensamblado de turismo, como hemos visto este alcance se modificó hasta incluir toda la maquinaria del taller, los reglajes y el taller de preparación. Como este análisis se realiza con posterioridad a la realización del trabajo, incluimos en el cálculo del presupuesto todo lo referente a la versión final del alcance del mismo. En base a lo anterior el presupuesto para el presente proyecto aparece reflejado en la tabla 5.5

Recurso	Coste estimado	Cantidad	Total
Ingeniero en Organización	20,75 €/h	808 horas	16.766 €
Ingeniero industrial (supervisor)	35,5 €/h	210 horas	7.455 €
Director del Proyecto	35,5 €/h	105 horas	3.727,5 €
Ingeniero informático	21,22 €/h	20 horas	424,4 €
Curso formativo	175 €	1 unidad	175 €
SUBTOTAL			28.547,9 €
Gastos variados	10 % del subtotal	-	2.854,79
TOTAL			31.402,69 €

Tabla 5.5 Cálculo del presupuesto del proyecto. Fuente: elaboración propia

4. Controlar los costes: monitorear el estado del proyecto para gestionar posibles cambios.

La gestión de los costes se encarga principalmente del coste de los recursos necesarios para completar el proyecto. Al gestionar los costes no se debe tratar de ahorrar sin antes analizar las consecuencias finales de eliminar algunas actividades.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

En el presente capítulo vamos a exponer las conclusiones a las que se ha llegado con la elaboración del trabajo, tanto del tema central, la parte de mantenimiento del ensamblado de turismo, como de las dos extensiones llevadas a cabo, reglaje y preparación de turismo. A continuación, se detallan las posibles líneas de trabajo para el futuro en base al presente estudio.

CONCLUSIONES

En este apartado vamos a tratar de resumir el trabajo realizado y lo que se ha conseguido con su ejecución. Lo dividiremos en tres partes, una correspondiente al tema central del trabajo: mantenimiento correctivo en el ensamblado. Las otras dos tratan sobre las extensiones del estudio: reglajes y taller de preparación de turismo.

MANTENIMIENTO EN EL ENSAMBLADO DE TURISMO

El mantenimiento se ha definido como el conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es restaurar un ítem a las condiciones que le permitan realizar su función. Tenemos diferentes tipos de mantenimiento:

- Preventivo, dentro del cual encontramos predictivo, sistemático y reglamentario.
- Correctivo, que puede ser a su vez inmediato o programado.
- Mantenimiento en producción.

El mantenimiento sobre el que se ha actuado en el presente trabajo ha sido, en gran medida, el correctivo inmediato. Sin embargo, cabe destacar, que también el mantenimiento en producción ha sido tenido en cuenta.

En cuanto al entorno donde se ha desarrollado el estudio, ya que este ha tenido lugar en lugar en la factoría vallisoletana de Michelin, tenemos que tener presente el neumático y su modo de fabricación. Como firma, Michelin se define como una empresa que busca soluciones eficientes para satisfacer las necesidades de clientes, tales como la socialización y el intercambio, y accionistas. Exige cumplir con ello respetando el medio ambiente, las personas, los accionistas, los clientes y los hechos. Pretende asegurar siempre la viabilidad económica de la empresa. A lo largo del texto ya ha sido expuesto con detalle todo lo referente a las partes del neumático y su utilidad, del mismo modo que se han explicado las actividades realizadas en el taller de ensamblado de turismo.

El ensamblado es el cuello de botella de la actividad de turismo, por ello en un comienzo el estudio se centra ahí. Además, este es el momento idóneo para la realización del proyecto, dado que es cuando se dispone de gran cantidad de datos para la consecución de información útil. En el momento de hacer el trabajo se cuenta con la aplicación de fabricación con un nivel de detalle que nos permite conocer, para cada carcasa concreta, toda la posible problemática que se encuentra tras ella. Es decir, tenemos datos que nos indican qué tipo de problema surgió en su fabricación para que el tiempo de producción de la misma sea superior al previsto. Por otra parte, en la aplicación de mantenimiento, se cuenta con información suficiente para saber los diferentes momentos de intervención y detalles sobre la misma.

En el taller, diariamente, se ve que una y otra aplicación arrojan información que no es coherente entre sí. Esto se percibe claramente con los tiempos de parada de máquina por avería. Nos encontramos con días en los que según la aplicación de fabricación ha

habido 90 minutos de parada en una máquina por fallo, mientras que la aplicación de mantenimiento solo tiene registro de 4 minutos. Esto provoca grandes desacuerdos entre los trabajadores y la discusión diaria en el taller. Por parte de producción, hay quejas sobre que mantenimiento tarda mucho en acudir cuando es avisado y que por eso en ocasiones deciden intervenir ellos en la máquina para evitar la acumulación de grandes tiempos de parada. En cambio, según mantenimiento, no les avisan y utilizan la imputación de avería cuando la máquina se para por otras causas.

Con todo ello se apuesta por la realización de un útil informático que permita la unión de los datos de ambas aplicaciones con dos objetivos claros:

- Aumentar la coherencia entre los datos ofrecidos por MCA, aplicación de fabricación y BMA, aplicación de mantenimiento.
- Aportar datos más fiables sobre las paradas de mantenimiento.

La finalidad perseguida con esta aplicación es, por una parte, la resolución de los problemas diarios sobre la imputación de tiempos y por otro lado, la acumulación de un histórico de datos para su posterior análisis. En definitiva, buscamos estudiar los datos de tal forma que nos sea posible la extracción de información útil para la toma de decisiones. A partir de los datos mostrados en la tabla 1 podemos establecer dicha comparación.

BMA	MCA	CALENDARIO
Momento Solicitud de Servicio	Inicio avería	Equipo de trabajo
Momento Inicio Mantenimiento	Fin avería	
Momento Fin Mantenimiento	Duración avería	
Tiempo de parada de máquina	Máquina	
Máquina	Puesto	
Puesto		
Descripción Orden de Trabajo		
Operario de fabricación		
Operario de mantenimiento		

Tabla 1 Datos obtenidos de cada fuente. Fuente: elaboración propia.

Con ello y una serie de condicionantes en función de cada máquina con los que establecemos un intervalo temporal y de puestos dentro de la misma, podemos determinar:

- La asignación de paradas en MCA a intervenciones en BMA.
- La concatenación de paradas en MCA.

Durante la realización del estudio, se pudieron determinar objetivamente los malos hábitos existentes en cuanto a seguimiento de los procedimientos. El cambio principal se logró gracias al seguimiento del uso del cronómetro. Este cronómetro es un útil dentro de la herramienta BMA que permite que el mantenedor marque exactamente el momento de inicio y fin de sus intervenciones de una manera sencilla. Era un elemento que no se utilizaba adecuadamente. Esto necesitaba ser cambiado para conseguir datos

fiables con los que poder llevar a cabo el análisis mediante la aplicación propuesta. También se detectaron cambios en los tipos de intervención, de lo que se dio el pertinente aviso. Por último, salió a la luz la problemática en relación al fallo en las imputaciones dentro de MCA en relación a los almacenes intermedios. Se consiguió la realización de una aplicación robusta que contemplara todas las posibles actuaciones de los operarios y se amoldara a ellas. Es decir, se logró que la aplicación detectara los errores reales del día a día.

Con la comparativa efectuada y procesada se realizaron diversos informes:

- De carácter diario, generados de manera automática, para solucionar los problemas de la jornada anterior mediante datos fiables. Con esto evitamos las discusiones saldadas con un “tu palabra contra la mía”. Hay datos e información sobre la actuación concreta de cada trabajador en todos los momentos del día. Hay una doble versión de este tipo de informe:
 - La detallada: en la que aparece la comparación entre todas las averías del día y las intervenciones. Se presenta la información en una gran tabla con todos los datos que vimos en la tabla 1 y alguno más como las desviaciones en minutos entre la parada y el aviso a mantenimiento y entre el aviso y la llegada del mantenedor a la máquina. Esta versión detallada está ideada para la consulta concreta de alguna actuación sobre la que nos queden dudas o que interese conocer en profundidad tras el análisis de la versión resumida que explicamos a continuación.
 - La resumida: en este informe, de una cara, se incluye la información más importante de toda la maquinaria tratada en el análisis. La información se organiza en base a tres criterios:
 - Puestos con mayor tiempo de parada según MCA.
 - Puestos con mayor número de paradas según MCA.
 - Grandes desacuerdos puntuales del día.

La información se detalla con datos de ambas aplicaciones. Además se incluye un gráfico sobre la actuación general en cada máquina separada por líneas.

- De carácter mensual, un análisis exhaustivo de los datos para determinar las diferencias entre equipos, máquinas, turnos de trabajo o puestos dentro de la misma máquina y en comparación a las otras líneas. Este contraste se realiza en cuanto a las desviaciones en los avisos y en la llegada del mantenedor, la duración de las paradas y de las intervenciones o el tiempo que pasa el mantenedor en la máquina tras la avería. Aquí es donde está la verdadera potencia del estudio, ya que no se trata solo de la obtención de datos si no que se consigue el análisis de los mismos para obtener información con la que se pueden tomar decisiones.

En base a toda esta información recopilada gracias al análisis manual de los datos, de su tratamiento y gestión, de la construcción de la herramienta y todo el aprendizaje derivado de ello, se establece la necesidad del cumplimiento del método operativo por parte de todos los implicados. Esto se traduce en hacer un buen uso de las herramientas ya disponibles.

- El mantenedor debe pulsar el cronómetro y llegar con prontitud a la máquina. Debe permanecer todo el tiempo necesario en la misma y solo el necesario. Debe contar con la ayuda de sus compañeros cuando así lo precise pero tratando de trabajar de forma autónoma. Además, es importante que ponga especial cuidado al completar sus intervenciones en la aplicación BMA detallando todas las acciones que lleva a cabo en la máquina.
- El operario de fabricación debe poner atención en la imputación de las paradas de máquina a su causa correcta y avisar a mantenimiento cuando así lo requiera. Además, tiene que tener la suficiente formación para tratar las pequeñas averías de manera autónoma y adecuada. Se deben poner a su disposición procedimientos claros que detallen en qué casos debe intervenir en la máquina y en cuales está obligado a avisar a mantenimiento.

Con todo, concluimos que en cuanto a mejoras en el registro del tiempo de parada de avería con su correspondiente Orden de Trabajo se pasó de imputar solo el 50% del tiempo de parada en BMA al 64% con lo que los datos obtenidos sobre las paradas son cada vez más fiables y la utilización de la herramienta también aumenta. Además, gracias al correcto uso del cronómetro y los comentarios cada vez más detallados en la aplicación de mantenimiento BMA, la información obtenida es veraz.

Por otra parte, con el análisis de los datos, se obtuvo información suficiente para determinar modos de actuación en el taller. Se determina un máximo de 3 minutos entre la parada de máquina y el aviso a mantenimiento (5 en el caso de las BNS) y un máximo de 3 minutos desde que mantenimiento es avisado hasta que se presenta en la máquina. También se determinan que solo son admisibles las paradas de hasta 3 minutos sin aviso a mantenimiento (5 en caso de BNS).

Por último, como vimos con el caso práctico del puesto de aros, gracias a la información obtenida mediante la aplicación se pueden encontrar diferencias entre líneas que nos sirvan de guía para aumentar la productividad de las máquinas. Además, queda claramente demostrado que prestando una mayor accesibilidad a los diferentes puestos de las máquinas estamos dando al operario de fabricación mayor autonomía en la resolución de averías. Gracias a lo cual se consigue un menor tiempo de parada en la máquina, acercándonos cada vez más al mantenimiento productivo total.

Para finalizar prestemos atención al gráfico 1, en el que se muestran los tres últimos meses del estudio y como ha descendido el tiempo de parada de máquina por avería según MCA manteniéndose constante el de BMA. En el gráfico 2, también para los últimos tres meses, se presenta esta vez la información sobre el número de paradas de

máquina según MCA e intervenciones de mantenimiento según BMA. Como vemos el tiempo de parada de MCA entre mayo y junio permanece constante, al igual que el número de paradas de máquina. Sin embargo, entre mayo y junio hay un aumento significativo del número de intervenciones de mantenimiento. Recordemos que a mediados de junio se produjo el aviso formal a los trabajadores sobre la necesidad de cumplir de una vez por todas con el método operativo. Si prestamos atención a los gráficos entre junio y julio vemos un claro descenso tanto del tiempo de parada de máquina en MCA como del número de paradas, no tan acusado en BMA. Esto se debe a que gracias al cumplimiento del método y a la mejora en las actuaciones comenzamos a obtener un menor tiempo de parada de la máquina. Por tanto conseguimos el objetivo principal de aumentar la productividad de la máquina al estar esta más tiempo funcionando a pleno rendimiento.

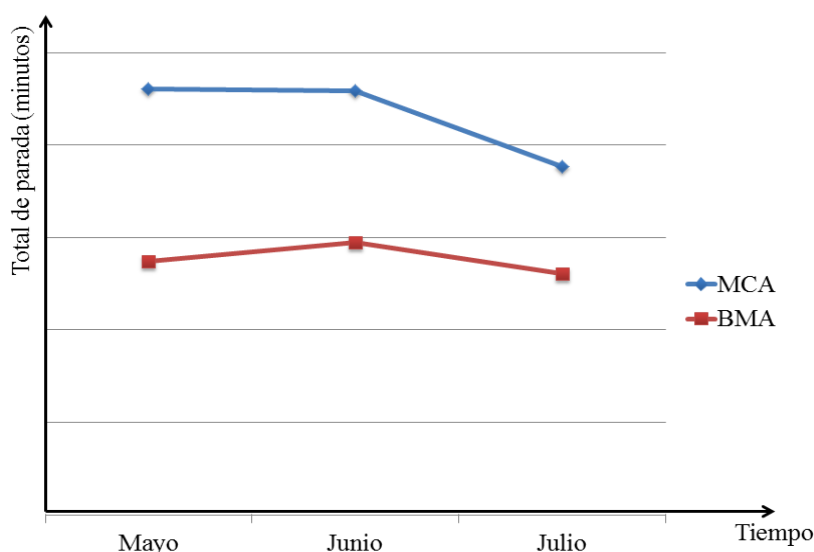


Gráfico 1 Comparación del tiempo de parada de máquina por avería según MCA y BMA en mayo, junio y julio. Fuente: elaboración propia.

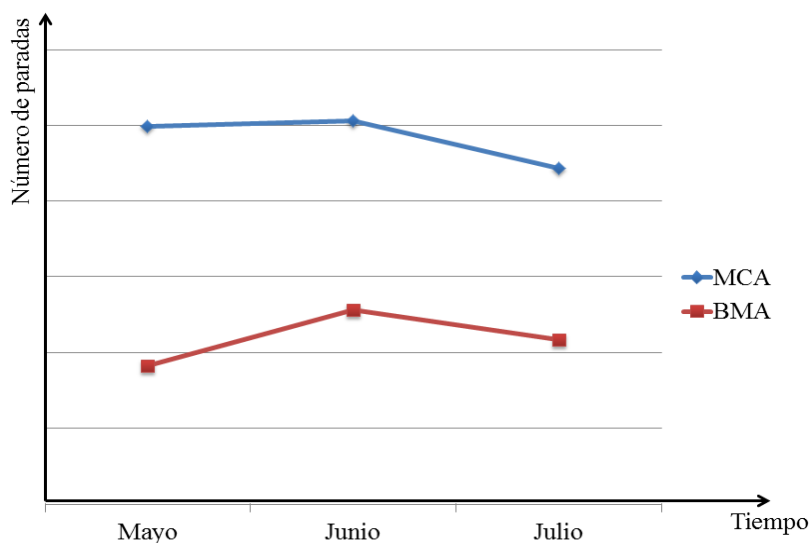


Gráfico 2 Comparación del tiempo de parada de máquina por avería según MCA y BMA en mayo, junio y julio. Fuente: elaboración propia.

Destacamos también que del tiempo de parada de máquina según MCA, un 36% no está registrado en BMA. Ese 36% se compone de un 7% en el que el mantenedor ha acudido a la máquina y no ha registrado correctamente el tiempo de parada, por desacuerdo, por olvido u otro motivo. Del 29% de tiempo restante, un 18% debió tener aviso a mantenimiento según las nuevas normas impuestas en el taller. Es decir, un 18% del tiempo de parada de máquina corresponde a paradas de más de 3 minutos (5 en el caso de las BNS) en las que no se ha avisado a mantenimiento. El 11% restante son paradas cortas en las que no avisar es correcto puesto que son reparaciones sencillas que puede realizar el operario. El siguiente paso por tanto es actuar sobre ese 18% sin aviso a mantenimiento para disminuirlo, esto se puede conseguir gracias al informe diario. El informe diario permite una rápida actuación sobre el trabajador concreto que no ha realizado el pertinente aviso, esto lo convierte en una herramienta útil en el día a día del taller.

REGLAJE

Como ya adelantamos durante el texto, una vez concluida la herramienta para mantenimiento se llevó a cabo su extensión a la parte de regladores. La aplicación, los objetivos y el modo de actuar fueron similares a los explicados en el apartado anterior. Sin embargo, el menor compromiso y la menor urgencia de conseguir resultados exactos e implementar cambios en el modo de actuar llevaron a que lo obtenido en esta parte nada tenga que ver con la anterior. Se pospuso la aplicación de reglas de acción a los trabajadores hasta estabilizar la parte de mantenimiento. Esto se debe a que ya que los operarios de fabricación son los mismos actores en uno y otro momento una vez que asuman el modo de actuar con los mantenedores, será sencillo cumplirlo también con los regladores. Por tanto, la aplicación se deja funcionando en el sistema automático de la fábrica donde genera informes al igual que la del ensamblado pero estos no son enviados. Las reglas se dejan indicadas y son similares a las de la parte de mantenimiento pero no se realiza la comunicación formal de las mismas.

PREPARACIÓN

La otra extensión se llevó a cabo para el taller de preparación de turismo. No se trata de una extensión tan obvia y sencilla como la de reglaje ya que involucra a otros trabajadores de fabricación, otros modos de producción y otro concepto en general en cuanto a la parada de la máquina.

En caso de parada de máquina, el operario debe imputar el mayor de los motivos de la misma en la aplicación de fabricación puesta a su servicio. Esto significa que los tiempos registrados no son exactos ya que el motivo principal se ve penalizado por los secundarios. No obstante, es suficiente esta aproximación para el análisis de las paradas que se lleva a cabo con anterioridad al presente estudio.

Sin embargo, en el momento de implantar la herramienta no contamos con los datos requeridos y esa aproximación no nos basta para tomar decisiones puesto que el nivel de detalle exigido es muy alto. Por ello se abandona la puesta en marcha de la aplicación para este taller, determinándose que esta solo será realizable con datos fiables y exactos de fabricación, lo que en el momento de realización del estudio es imposible dado el

bajo nivel de detalle de la aplicación de Flujos y Traza. Solo será posible la realización de esta extensión cuando se modifique la aplicación de fabricación, lo cual es costoso y de momento no se considera necesario.

LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

A continuación se exponen una serie de posibles líneas de trabajo para un futuro a partir del presente estudio.

Mantenimiento en el ensamblado de turismo:

En cuanto al ensamblado, queda pendiente el seguimiento del método los próximos meses. Como hemos visto, se nota una mejoría clara en el tiempo de parada de máquina, sin embargo con solo un mes no podemos determinar el nivel de disminución de parada de máquina que el presente estudio ha supuesto en realidad.

Además, con el histórico suficiente se pueden tomar decisiones más precisas y a nivel muy detallado como sería el de equipo, operario, turno o puesto de la máquina. Por tanto otra vía por la que dar continuidad al estudio es esta de análisis de los datos obtenidos. Pueden resultar muy interesantes las conclusiones halladas respecto al modo de hacer de cada operario en las mismas condiciones para obtener cuál es la actuación idónea con datos objetivos. También podemos averiguar si hay diferencias entre distintos turnos en cuanto al modo de actuación y entre distintos días de la semana. Con los datos suficientes podríamos llegar a establecer un patrón de algo tan complejo como es el comportamiento de los distintos trabajadores en función del día, la máquina y el turno de trabajo. Esto nos serviría para una planificación mejor y más completa tanto de la producción a realizar como del propio mantenimiento. Todo ello proporciona información útil que puede servir de base en la toma de decisiones tales como la variación del número de efectivos en mantenimiento o su distribución.

Como hemos visto también podemos establecer diferencias entre puestos de las mismas máquinas y estudiar las causas de las mismas lo que nos permitirá encontrar la situación ideal para cada puesto, identificando si las diferencias se deben al modo de hacer de los operarios, a la accesibilidad de la máquina u otros motivos. Debemos tener en cuenta en este último punto que las dos primeras líneas son exactamente iguales y la tercera es diferente.

Regladores en el ensamblado de turismo:

Por otra parte, como ya se ha planteado en el apartado anterior, la parte de regladores queda pendiente de aplicarse formalmente. Con lo cual otra de las líneas de trabajo sería esta. Como la aplicación ha quedado en funcionamiento también para regladores, la parte de construcción y modificaciones está realizada. Con el histórico obtenido durante estos meses se cuenta con una buena base para continuar con el estudio en lo referente al reglaje. También se ha presentado la herramienta a algunos de los responsables implicados, el jefe de regladores y los responsables de cada línea, estos últimos ya conocen la herramienta de cara al mantenimiento. Sería la parte de comunicación con

los trabajadores y seguimiento del modo de actuación de los operarios con los correspondientes avisos la que habría que realizar. Una vez hecho esto, la explotación de los datos obtenidos mediante la aplicación y la concreción de reglas de acción exclusivas para reglaje sería el último punto a considerar.

Extensión de la aplicación al taller de agrícola

El taller de agrícola de la factoría vallisoletana se encarga de la fabricación de neumáticos de grandes dimensiones para tractores, cosechadoras o remolques. La fabricación de estas cubiertas es un proceso largo y laborioso. Por eso se considera interesante la realización de una aplicación que compare los datos de fabricación con los de mantenimiento para poder hacer las intervenciones lo más eficientes posibles, disminuyendo con ello la parada de máquina por este motivo. El modo de operar en el ensamblado de agrícola no es similar al de turismo ya que una parte es prácticamente manual, pero hay otra serie de máquinas bastante automáticas. Es en estas máquinas donde se podría implantar la herramienta explicada en el presente trabajo.

La aplicación se podría reprogramar fácilmente para el taller de ensamblado de neumáticos agrícolas. En este caso, estaríamos en una extensión parecida a la de la preparación de turismo en cuanto a las aplicaciones que intervienen, ya que la correspondiente a la fabricación guarda más similitud con Flujos y Traza que con MCA. Sin embargo, la aplicación podría tener un éxito mayor que en la preparación de turismo en base a diversos factores.

Las máquinas a las que estamos haciendo referencia son parecidas a las MAC de turismo. En este caso, es un único tambor el que se mueve y va pasando por los diferentes puestos. El tambor, de grandes dimensiones, va unido a una plataforma en la que se coloca un operario. Este operario se encarga de posicionar la goma, aplicar disoluciones y cambiar las bobinas de material. Por tanto, es un sistema de producción semiautomático en el que la máquina coloca las capas de goma tras ser previamente fijada en el punto exacto por el operario. Una vez que la carcasa está fabricada, la unión con la cima se hace mediante maquinaria parecida a la BNS de turismo. Los tiempos de ciclo dependen de la dimensión de la cubierta que se esté fabricando.

Pese a estas notables diferencias, tenemos información y datos para llevar a cabo el análisis de correspondencia entre la aplicación de fabricación y mantenimiento. La de mantenimiento continua siendo BMA tal y como lo conocemos para el taller de turismo. En cuanto a los datos de fabricación, no es directamente Flujos y Traza si no un archivo generado a partir de dicha base de datos en el que para cada cubierta generada tenemos información sobre momento de inicio, de fin, problemas surgidos durante la fabricación, operarios implicados, tiempos de parada, etc. Como vemos, sin tener el nivel de detalle del ensamblado de turismo, sí que hay datos para poder llevar a cabo esta extensión.

Antes de lanzarnos a la realización de la aplicación y para evitar la utilización de horas de trabajo en vano convendría estudiar con detalle tanto la maquinaria implicada como las aplicaciones y realizar entrevistas con las diversas partes que se verán afectadas por

el estudio para obtener ideas e información sobre todo lo referente al taller. Por ejemplo, aunque BMA sea la misma aplicación que ya hemos estudiado para las otras partes de la fábrica, quizás no es utilizada del modo correcto. Aprendiendo del trabajo realizado, deberíamos comenzar por un estudio minucioso de los datos que hay en cada aplicación y comprobar la fiabilidad y veracidad de los mismos. Así, por ejemplo, podríamos lograr el cumplimiento del método operativo mientras nos encargamos de la reprogramación de la aplicación, con lo que ahorraríamos tiempo. Tenemos que tener en cuenta que, tal como hemos visto en la parte de turismo, hay un tiempo de reacción desde que se dan las comunicaciones formales de los cambios hasta que estos son aceptados y seguidos por todos.

Una vez realizada la aplicación, el sistema de análisis de histórico, los objetivos y las reglas de acción seguirían el mismo camino que los ya determinados para la parte de mantenimiento del ensamblado de turismo. Podríamos utilizar los resultados de dicho taller en un principio como guía y luego, con la información correspondiente a agrícola, determinar las nuevas directrices.

Extensión de la aplicación a otros conceptos

Esta extensión está pensada para el taller de ensamblado de turismo que ya conocemos. Como sabemos hay distintos motivos de parada de máquina que se pueden registrar en la aplicación de fabricación. También tenemos que tener en cuenta que la factoría al completo está muy informatizada y que, actualmente, tenemos diversas aplicaciones con diferente nivel de detalle y con información sobre cada parte de cada actividad.

El primer paso sería establecer cuál de los posibles motivos es el que mayor tiempo de parada está provocando y consultar la información disponible en las aplicaciones informáticas implicadas. Gracias al detallado análisis que hemos hecho para mantenimiento, es sencillo saber qué información requerimos de esas aplicaciones hasta ahora desconocidas. Es decir, nos basaríamos en el presente estudio para seguir los pasos que nos lleven a conseguir el éxito con la comparación de otras aplicaciones.

Pongamos un ejemplo sencillo, supongamos que la máquina se ha parado por falta de material. Uniendo la información que proviene de MCA, donde encontraríamos una parada imputada a este motivo, con la aplicación correspondiente a la gestión de almacén, podríamos lograr coordinar ambas de manera más eficiente para evitar el paro de la máquina. Podríamos determinar la causa de la parada y hallar el motivo de la falta de este material en nuestro almacén. Con esto obtenemos más información para la planificación de la producción ya que recordemos que la parte de ensamblado depende directamente de la de preparación. Como hemos visto, esta parte de preparación se rige con la aplicación de Flujos y traza. Si consiguiéramos unir la aplicación de Flujos y Traza de la preparación, la del almacén y MCA de fabricación de ensamblado tendríamos la cadena completa de la actividad de turismo. Podríamos determinar las causas de parada en cualquier puesto de la maquinaria del ensamblado y gracias a este estudio detallado determinar nuevos modos de actuación que eviten su repetición.

Gracias a esta extensión, podríamos determinar la causa de parada de la máquina y no solo eso sino que podríamos actuar en consecuencia, con datos concretos y contrastados sobre lo que ha sucedido.

Otras posibilidades

Por una parte tendríamos la implementación directa de la aplicación y sus análisis tal como los conocemos en otras fábricas del grupo puesto que Michelin utiliza BMA y MCA en otras factorías. Por tanto, de una manera sencilla se podría implantar el estudio en muchas de ellas. Además se podría establecer una comparativa más, en cuanto al análisis en función de la localización de la factoría, teniendo más vías de mejora y más posibilidades de encontrar el método operativo ideal.

Por otro lado, no la aplicación en sí si no el trasfondo y el análisis establecido, así como el nuevo enfoque de tratamiento de los datos pueden ser aplicados en otras empresas. En la actualidad prácticamente la totalidad de las empresas españolas cuentan con sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador, como sería el BMA. También es habitual que tengan sistemas informáticos de control de la producción. Por tanto tenemos todo lo necesario para llevar a cabo el análisis propuesto en el presente trabajo en otro tipo de empresas de manufactura industrial.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, J. y Orosa, J.A (2009) “Using VBA corrective maintenance to improve plan reability.” Colección: *Mathematics and Computers in Science and Engineering*. Páginas: 39-41.

Asociación Española del Mantenimiento (2010). *El mantenimiento en España: encuesta sobre su situación en las empresas españolas*. Asociación Española del Mantenimiento.

Costa, A.M., Orosa, J.A. y Santos, R. (2011). “Development of VBA Based Ship Technical Corrective Management System for Marine Engineers”. *Applications and Experiences of Quality Control*. Capítulo: 22

Domínguez Machuca, J.A., García González, S., Domínguez Machuca, M.A., Ruiz Jiménez, A., Álvarez Gil, M.J. (2005) *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. S.A. Mcgraw-Hill / Interamericana de España.

García Garrido, S. (2010). *La contratación del mantenimiento industrial*. Díaz de Santos.

Gento, A. (2015) Apuntes de la asignatura: *Métodos matemáticos en ingeniería de organización II*.

González Fernández, F.J. (2003). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Fund. Confemetal.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. «BOE» núm. 269, de 10/11/1995.

Michelin España Portugal S.A. (2014) “Modo proyecto”. Documentación del curso *Gestión de Proyectos*. Formación en colaboración académica Michelin – Universidad de Valladolid

Pérez Vázquez, M.E. (2014) Apuntes de la asignatura: *Diseño de sistemas productivos y logísticos*.

Poza García, D. (2014) Apuntes de la asignatura: *Dirección de Proyectos*.

Project Management Institute (2013) *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Guía del PMBOK*. Project Management Institute.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. «BOE» núm. 27, de 31 de enero de 1997, páginas 3031 a 3045.

Colegio de ingenieros industriales de Gipuzkoa. En <http://www.coiig.com/COIIG/> Última visita: agosto 2015.

Documental “El mundo según Michelin”, del programa Documenta2 de RTVE, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=qOcgrOLHmP4> Última visita: agosto 2015

Documental “Elaboración del neumático”, del programa Fabricando Made in Spain de RTVE, disponible en: <http://www.rtve.es/alacarta/videos/fabricando-made-in-spain/fabricando-made-in-spain-elaboracion-del-neumatico/1901796/>

Escuela de ingenierías industriales de Valladolid. En <http://www.eii.uva.es/>. Última visita: agosto 2015.

Manual de uso de Visual Basic, disponible en la Ayuda de Microsoft Excel.

Michelin. En <http://www.michelin.es/>. Última visita: agosto 2015.

Microsoft office, consulta de manual de Visual Basic for Applications. En <http://dev.office.com/> Última visita: julio de 2015.

RENOVETEC, disponible en: <http://www.ingenieriadelmantenimiento.com/> donde se pueden encontrar tanto artículos extraídos del libro *Ingeniería del Mantenimiento* de García Garrido, S. como secciones del mismo en formato audiovisual.

Zabiski Duardo, E.I. “¿Preventivo, predictivo o correctivo?” Artículo disponible en <http://confiabilidad.net/articulos/preventivo-predictivo-o-correctivo/>

ANEXO 1: PLANOS

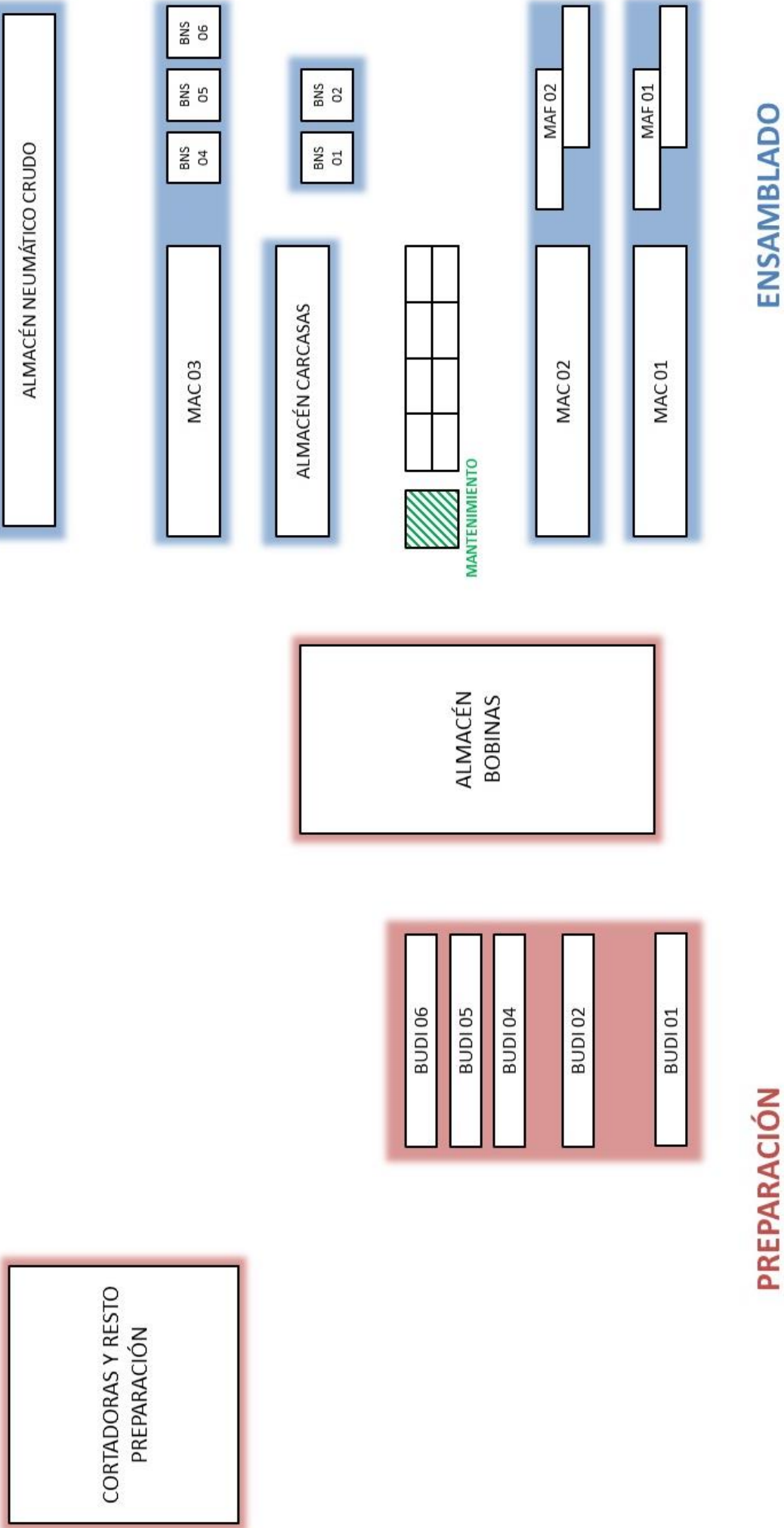


Ilustración 1, Taller de Turismo. Fuente: elaboración propia.

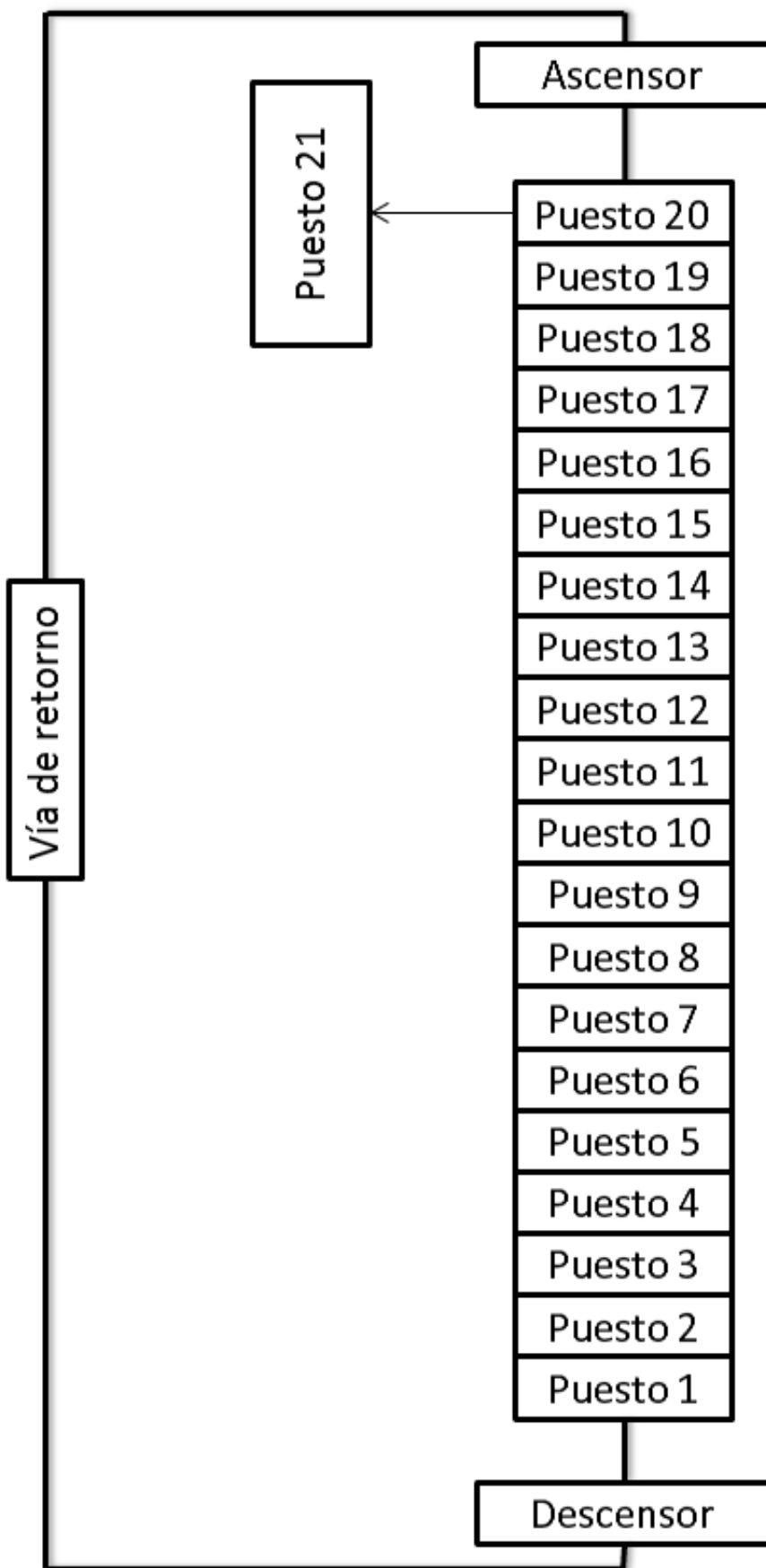


Ilustración 2, MAC. Fuente: elaboración propia.

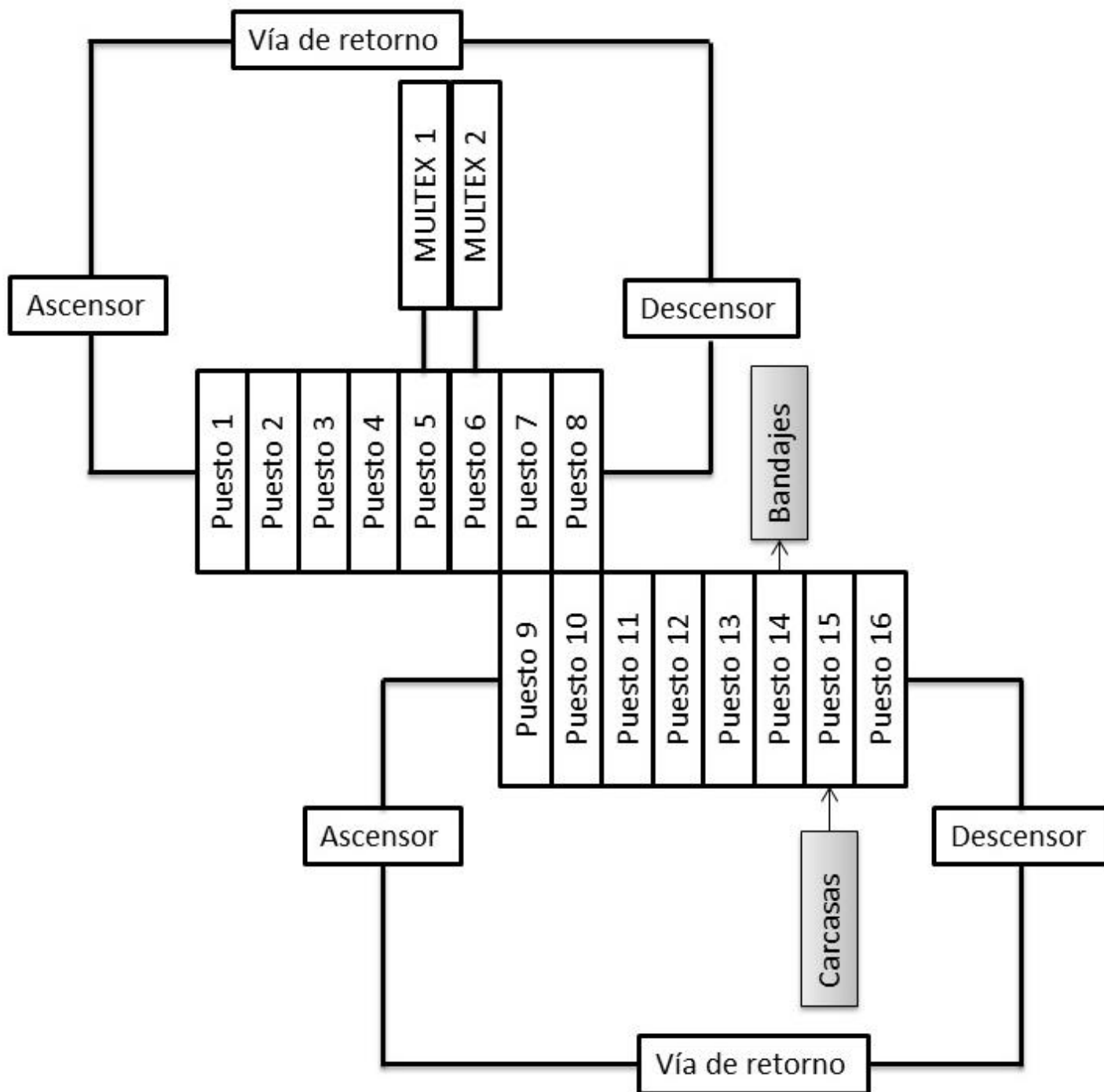


Ilustración 3, MAF. Fuente: elaboración propia.

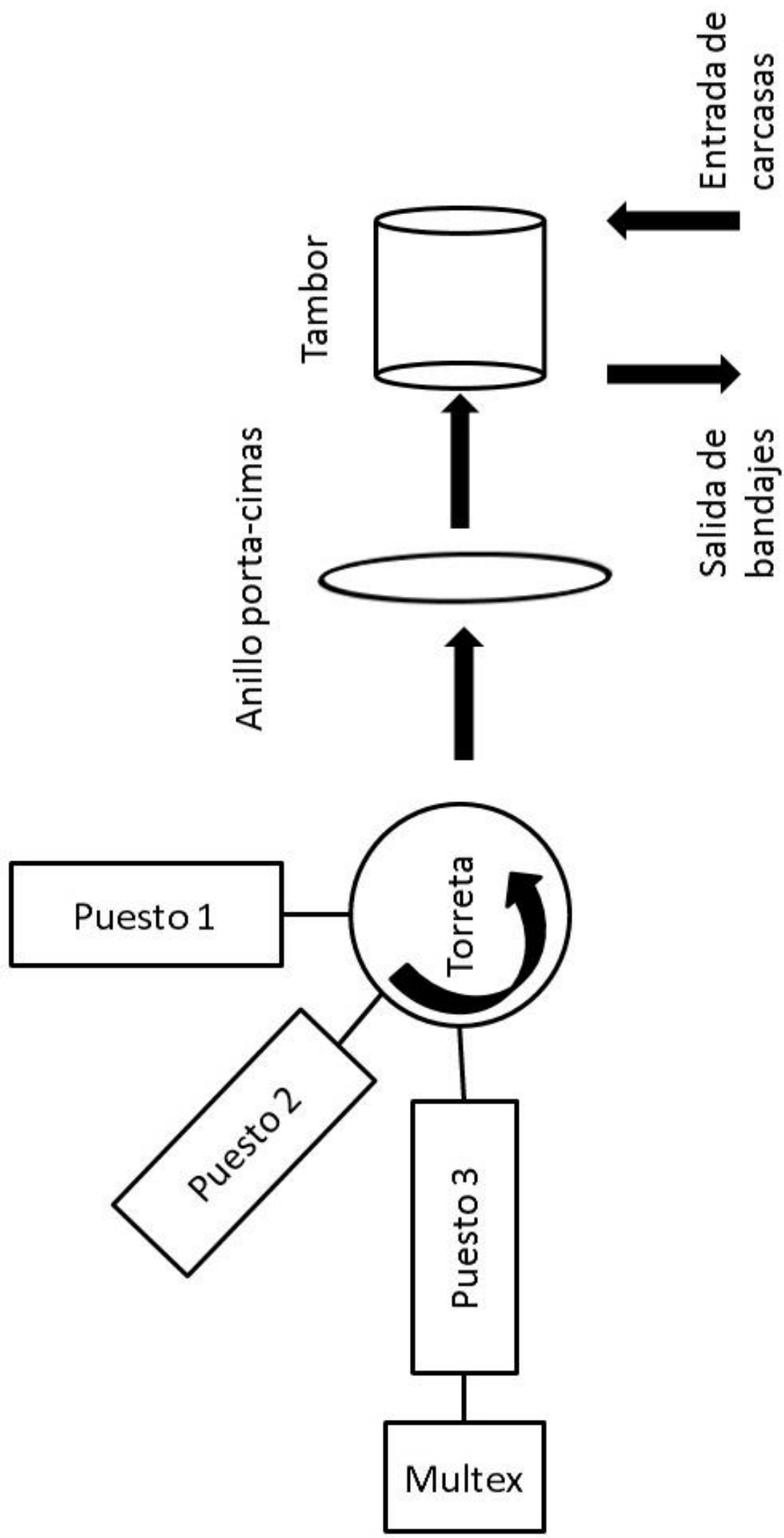


Ilustración 4, BNS. Fuente: elaboración propia.