



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ÁREA DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS

**ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS ASOCIADOS A
LA LOGÍSTICA INTERNA DEL TALLER DE GAM. DISEÑO E
IMPLANTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL AD-HOC.**

AUTOR: ÁLVARO SAHELICES PUGA

TUTORA: MARÍA ISABEL FERNÁNDEZ QUESADA

FECHA: JUNIO 2020

Índice de la memoria

1. Introducción.....	8
1.1.- Hipótesis de partida	8
1.2.- Objetivos y metodología	9
1.3.- Justificación e interés	10
1.4.- GAM	11
1.4.1.- Descripción de la empresa	11
1.4.2.- Historia.....	12
1.4.3.- Servicios ofrecidos.....	14
1.4.4.- Proyectos	15
2. Recursos y equipos utilizados	17
1.1.- SAP	17
1.1.- Microsoft Excel	18
3. Funcionamiento actual de GAM.....	20
3.1.- Funcionamiento del taller.....	20
3.1.1.- Participantes	21
3.2.- Metodología de trabajo	23
3.2.1.- Llegada de la máquina tras el alquiler	24
3.2.2.- Subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos	25
3.2.3.- Salida de la máquina al alquiler.....	33
4. Estudio de tiempos.....	35
4.1.- Procedimiento.....	35
4.2.- Resultados	43
4.2.1.- Resultados generales.....	43
4.2.2.- Resultados circunscritos a las máquinas industriales grandes	48
4.2.3.- Resultados circunscritos a las máquinas industriales pequeñas	52
4.2.4.- Resultados circunscritos a los grupos electrógenos.....	56
4.3.- Conclusiones.....	60
5. Análisis de productividad.....	62
5.1.- Procedimiento.....	62
5.2.- Resultados	63
5.2.1.- Resultados generales.....	64

5.2.2.-	Resultados circunscritos a las máquinas industriales grandes	66
5.2.3.-	Resultados circunscritos a la máquinas industriales pequeñas.....	67
5.2.4.-	Resultados circunscritos a los grupos electrógenos.....	68
5.3.-	Conclusiones.....	69
6.	Metodología propuesta para el taller de GAM.....	71
6.1.-	Nueva labor participantes.....	71
6.2.-	Metodología general	72
6.2.1.-	Llegada de la máquina tras el alquiler	74
6.2.2.-	Subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos	75
6.2.3.-	Salida de la máquina al alquiler.....	76
7.	Formularios de SAP móvil.....	77
7.1.-	Objetivo.....	77
7.2.-	Plantilla derivada de revisión de estados	78
7.2.1.-	Código de máquina	79
7.2.2.-	Formularios redactados derivados de la revisión de estados	79
7.2.3.-	Estructura del formulario derivado de la revisión de estados	80
7.3.-	Plantilla derivada del checklist de seguridad	85
8.	Diseño de aplicación.....	87
8.1.-	Objetivo.....	87
8.2.-	Boceto Inicial.....	87
8.3.-	Expectativas de futuro.....	91
9.	Conclusiones.....	92
10.	Líneas futuras.....	93
11.	Diagrama de Gantt	94
12.	Presupuesto	96
12.1.-	Equipamiento.....	96
12.2.-	Desplazamientos	96
12.3.-	Personal investigador	96
12.4.-	Coste total.....	97
13.	Bibliografía	98

Índice de figuras

Figura 1.1.- Industria 4.0. Digitalización de la industria.	8
Figura 1.2.- Sede central de GAM en Meres, Asturias.	11
Figura 1.3.- GALQ debutó en bolsa durante 2006.	12
Figura 1.4.- Maquinaria de GAM lista para ser alquilada.....	13
Figura 1.5.- Delegaciones de GAM en todo el mundo.	14
Figura 1.6.- Elevadora de GAM remolcando un coche de F1 en el Gran Premio de Cataluña.....	16
Figura 2.1.- Logo de software SAP.	17
Figura 2.2.- Logo de software Microsoft Excel.....	18
Figura 3.1.- Flujo de información en el taller actual.....	22
Figura 3.2.- Diagrama de bloques del funcionamiento general del taller en GAM.....	23
Figura 3.3.- Diagrama de bloques: Llegada de la máquina tras alquiler.	25
Figura 3.4.- Explicación del concepto de intervención.....	26
Figura 3.5.- Tipos de OTs en una intervención.	28
Figura 3.6.- Diagrama de bloques: Subsanación de incidencias y realización de mantenimientos.....	30
Figura 3.7.- Diagrama de bloques: Introducción de operaciones en una intervención.....	32
Figura 3.8.- Diagrama de bloques: Salida de máquina a alquiler.....	34
Figura 4.1.- Plataforma articulada diésel de menos de 26 metros.	36
Figura 4.2.- Plataforma articulada diésel de más de 26 metros.....	36
Figura 4.3.- Tijera diésel.	37
Figura 4.4.- Manipulador telescópico.	37
Figura 4.5.- Transpaleta eléctrica.	38
Figura 4.6.- Carretilla industrial eléctrica.	38
Figura 4.7.- Grupo electrógeno.....	39
Figura 4.8.- Aspecto hoja de Excel para toma de tiempo de un trabajador.	42
Figura 6.1.- Flujo de información en el taller propuesto.....	72
Figura 6.2.- Diagrama de bloques del funcionamiento propuesto para el taller en GAM. ..	73

Figura 6.3.- Diagrama de bloques (metodología propuesta): Llegada de la máquina tras alquiler.....	74
Figura 6.4.- Diagrama de bloques (metodología propuesta): Subsanación de incidencias y realización de mantenimiento.....	75
Figura 6.5.- Diagrama de bloques (metodología propuesta): Introducción de operaciones en una intervención.....	76
Figura 7.1.- Formulario diseñado para grupos electrógenos de 45 KVAs de potencia.	84
Figura 7.2.- Formulario diseñado para carretillas eléctricas de carga máxima 1300 Kg.....	86
Figura 8.1.- Diagrama de bloques del primer boceto de la aplicación.	90
Figura 11.1.- Diagrama de Gantt, planificación del trabajo fin de máster.....	95

Índice de tablas

Tabla 4.1.- Resultados del estudio de tiempos. Diferenciación por grupo de máquina.	43
Tabla 4.2.- Resultados del estudio de tiempos. Diferenciación por tipo de tarea.	43
Tabla 4.3.- Resultados estudio de tiempo para las máquinas industriales grandes.	48
Tabla 4.4.- Resultados estudio de tiempo para las máquinas industriales pequeñas.	52
Tabla 4.5.- Resultados estudio de tiempo para los grupos electrógenos.	56
Tabla 5.1.- Resultados del estudio de productividad: Diferenciación por grupo de máquina.	64
Tabla 5.2.- Resultados del estudio de productividad. Diferenciación por tipo de tarea	64
Tabla 5.3.- Productividad. Industriales grandes.	66
Tabla 5.4.- Resultados estudio de productividad. Industriales pequeñas.	67
Tabla 5.5.- Resultados estudio de productividad para los grupos electrógenos.	68
Tabla 12.1.- Coste total equipamiento.	96
Tabla 12.2.- Coste total desplazamientos.	96
Tabla 12.3.- Coste total personal investigador.	96
Tabla 12.4.- Coste total.	97

Índice de gráficos

Gráfico 4.1.- Distribución de tiempo empleado por todas las máquinas según el tipo de tiempo.....	45
Gráfico 4.2.- Distribución del tiempo por categorías de las máquinas.	46
Gráfico 4.3.- Distribución del tiempo según las tareas realizadas.....	47
Gráfico 4.4.- Distribución de tiempo empleado por las máquinas industriales grandes según el tipo de tiempo.	49
Gráfico 4.5.- Distribución del tiempo por categorías de las máquinas industriales grandes.	50
Gráfico 4.6.- Distribución del tiempo según las tareas realizadas de las máquinas industriales grandes.....	51
Gráfico 4.7.- Distribución de tiempo empleado por las máquinas industriales pequeñas según el tipo de tiempo.	53
Gráfico 4.8.- Distribución del tiempo por categorías de las máquinas industriales pequeñas.	54
Gráfico 4.9.- Distribución del tiempo según las tareas realizadas de las máquinas industriales pequeñas.	55
Gráfico 4.10.- Distribución de tiempo empleado por los grupos electrógenos según el tipo de tiempo.	57
Gráfico 4.11.- Distribución del tiempo por categorías de los grupos electrógenos.....	58
Gráfico 4.12.- Distribución del tiempo según las tareas realizadas de los grupos electrógenos.	59

1. Introducción

1.1.- HIPÓTESIS DE PARTIDA

Uno de los pilares fundamentales para conseguir el éxito de las empresas consiste en tener claros los objetivos y, consecuentemente, la manera de lograrlos. En el momento que una empresa empieza a aumentar de tamaño y los servicios o productos que ofrece se vuelven mucho más variados y complejos, los objetivos fijados inicialmente pueden empezar a interpretarse como demasiado poco ambiciosos e incluso, puede llegar el momento en el que cumplirlos no sea suficiente. Ante esta problemática, surge la llamada “4ª revolución industrial”, también conocida como “industria 4.0”; ésta consiste en la digitalización de la industria y de todos los servicios relacionados con la empresa [1, 2].



Figura 1.1.- Industria 4.0. Digitalización de la industria.

El alto coste que conlleva implantar en una empresa el concepto de Industria 4.0 implica que no sea un proceso que se consiga de un día para otro. Además, la impresión popular instaurada en los trabajadores por la que creen que la digitalización de una empresa sirve para sustituirlos y no para ayudarles en las tareas propias de la jornada laboral, influye muy negativamente en las empresas que buscan adaptarse a esta nueva revolución industrial [2].

Uno de los mayores problemas que presentan las industrias que trabajan con un gran número de empleados y recursos es la falta de conocimiento sobre el stock actual de cada recurso en la empresa, siendo una fuente muy voluminosa de pérdidas a final de año. Así, por ejemplo, la imposibilidad de una empresa de conocer el tiempo invertido en cada actividad por un trabajador junto a los recursos que se han utilizado en cada operación representa una de las razones de más peso en la reducción de la eficiencia total de ese empleado en su puesto, reduciendo también notablemente la eficiencia de la empresa en su conjunto [1].

Como consecuencia de lo anterior, uno de los principales objetivos a cumplir actualmente por muchas empresas consiste en digitalizar todos los movimientos de los empleados, así como, los recursos utilizados en sus labores para conseguir optimizar en todo lo posible la labor de éstos.

1.2.- OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo fundamental de este trabajo fin de máster consiste en diseñar una metodología informatizada y digitalizada que permita optimizar los procesos asociados a la logística interna del taller de GAM¹. En otras palabras, el trabajo fin de máster consiste en diseñar una aplicación (o app) que permita al mecánico introducir, en tiempo real, las incidencias registradas en cada máquina, posibilitando al gestor del taller la recepción y disponibilidad de la información del mecánico al momento, evitando así el tiempo no productivo invertido en el traspaso de información por otros canales y mejorando la productividad del tiempo de ambos empleados.

¹ GAM: General Asturiana de Maquinaria S.L.

La metodología del trabajo de fin de máster será la siguiente:

- Analizar de forma exhaustiva el método de trabajo instaurado actualmente en el taller, elaborando un estudio básico de tiempos y un análisis de productividad de éste.
- Confeccionar mediante Microsoft Excel varios formularios donde recoger y poder consultar todos los mantenimientos correctivos llevados a cabo para los grupos de máquinas con más rotación en el taller junto al tiempo estimado en la ejecución de cada uno de ellos. Dividir esos mantenimientos correctivos en varios niveles de subcategorías (categoría principal, 1º subcategoría, 2º subcategoría...) para mejorar la accesibilidad de la app.
- Diseñar la versión inicial de la aplicación en conjunto con una empresa externa especializada en la implantación de software de vanguardia. Implementación de esta versión *Alpha* en el taller de GAM. *

*Debido a las condiciones actuales derivadas del COVID-19 no ha sido posible llegar a la conclusión de esta última parte del trabajo fin de máster en virtud de la imposibilidad de trabajar junto a la empresa externa en el desarrollo de la aplicación. El trabajo fin de máster desarrollado en este documento expondrá el primer boceto que se hubiese enviado a la empresa subcontratada si las circunstancias actuales no se hubiesen visto alteradas.

1.3.- JUSTIFICACIÓN E INTERÉS

El principal motivo para escoger este trabajo fin de máster es mi gran interés personal por las tecnologías que implica la industria 4.0 y la posibilidad de hacerlo conjuntamente con una empresa de ámbito internacional como es GAM, tal y como se explica en el apartado 1.2.- Otro de mis motivos más influyentes a la hora de escoger este trabajo fin de máster fue la posibilidad de dar una solución a un problema real de una empresa que actualmente se encuentre trabajando en mejorar su productividad mediante la digitalización de sus procesos y servicios.

1.4.- GAM

1.4.1.- Descripción de la empresa

GAM es una compañía multinacional especializada en servicios relacionados principalmente con la maquinaria, además de otras ramas. Estando especializados en sistemas de elevación, manipulación, industria y energía, la compañía oferta cualquier tipo de máquina que el cliente necesite [3].

Desde su fundación en el año 2003, la compañía se ha expandido por diferentes países, siendo en la actualidad la empresa de referencia de su sector en España y una de las de mayor presencia a nivel internacional.



Figura 1.2.- Sede central de GAM en Meres, Asturias.

Con más de un millar de trabajadores en su plantilla y más de 300 mil millones de euros en equipamiento, GAM cuenta con más de 75 delegaciones distribuidas en 10 países diferentes para atender a sus más de 15.000 clientes en todo el mundo [3].

El objetivo fundamental de GAM está enfocado a dar una respuesta eficaz y eficiente a las necesidades de sus clientes. Entre todos los servicios que desempeña destaca el alquiler de equipos, el mantenimiento y la venta de máquinas nuevas y usadas [4].

1.4.2.- Historia

GAM es una compañía española fundada en el año 2003. Siguiendo una estrategia de expansión mediante la adquisición de varias empresas en el sector del alquiler, GAM ha incrementado su presencia a nivel nacional e internacional [5].

En el año 2003, se produjo la constitución de la sociedad “General de Alquiler de Maquinaria, S.A.” en Asturias mediante la integración de tres grandes empresas: “Alquioviedo”, “Aldaiturriaga” y “T. Cabrera” [5].

Durante los años 2004 y 2005, adquirió múltiples empresas de referencia en el sector del alquiler de maquinaria en diferentes zonas de España y Portugal, siguiendo una estrategia de crecimiento externo. [5].

En 2006, la empresa salió a bolsa en Madrid bajo el símbolo GALQ, convirtiéndose en ese momento en la única empresa de ese sector con cotización en bolsa en España [5, 6].



Figura 1.3.- GALQ debutó en bolsa durante 2006.

En el año 2007, comenzó con su expansión internacional fuera de la península Ibérica con la apertura de delegaciones en Rumanía, Bulgaria y Polonia [5].

Entre el año 2008 y 2010, continuó su proyecto de internacionalización abriendo delegaciones en Perú, Brasil, Panamá, Colombia, Chile, México, Marruecos y Arabia Saudí [5].

En el 2011, la empresa ya contaba con más de un centenar de delegaciones ubicadas en 13 países distintos. En ese mismo año, la compañía entró a formar parte de los “*Top 15 Global Players*”, según IRN² y amplió su oferta de servicios relacionados con la maquinaria; además del servicio de alquiler de maquinaria incluyó en su portfolio la compraventa y el mantenimiento; por otra parte, también empezó a desempeñar servicios de venta de repuestos y formación de empleados [5].

En el año 2016 comenzó la digitalización de la empresa implantando en toda la compañía el sistema informático SAP³, comenzando así su adaptación a la Industria 4.0. [5].

En la actualidad, GAM sigue siendo la empresa referencia en el sector de alquiler de maquinaria, al contar, como ya se apuntó anteriormente, con 75 delegaciones distribuidas por España, Portugal, Arabia Saudí, Marruecos y numerosos países de Latinoamérica. En la Figura 1.5.- Delegaciones de GAM en todo el mundo. se representan los países en los que la compañía tiene presencia [5].



Figura 1.4.- Maquinaria de GAM lista para ser alquilada.

² *Independent Radio News*

³ Sistemas, Aplicaciones y Procesos

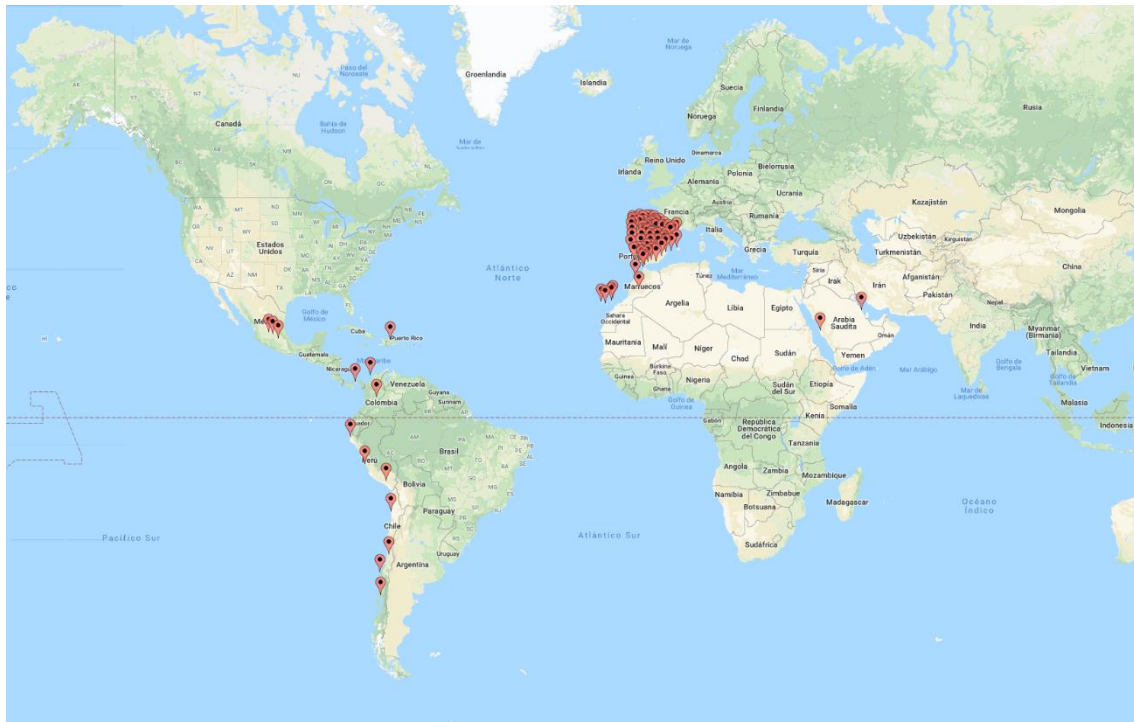


Figura 1.5.- Delegaciones de GAM en todo el mundo.

Como se puede ver, el mayor número de delegaciones se concentra en la península ibérica, donde es la empresa líder del sector.

La delegación central se encuentra ubicada en la localidad de Meres, Asturias, siendo ésta en la que se encuentran concentrados los servicios principales de la compañía [3].

1.4.3.- Servicios ofrecidos

Como ha quedado expuesto en los apartados anteriores, GAM es una compañía multinacional especializada en servicios globales de maquinaria. Entre los servicios que presta, el de mayor peso en su volumen de negocio es el alquiler de equipos. Para poder satisfacer este servicio cuenta con una flota superior a las 20.000 unidades de muy variada tipología [4].

Para cumplir con las exigencias de los clientes en lo referente al alquiler de maquinaria, GAM cuenta también con una gran variedad de maquinaria: elevación, energía, manipulación, movimiento de tierras, compactación, maquinaria pesada, para vías y

aeropuertos, eventos... Una de las ventajas que presenta GAM frente a sus competidores reside en la posibilidad que tienen los clientes de poder solucionar cualquier necesidad de alquiler con un único proveedor [4].

Entre la maquinaria de la que dispone cabría destacar:

- Plataformas elevadoras.
- Mantenimiento y manipulación de cargas.
- Grupos electrógenos.
- Maquinaria para movimiento de tierras.
- Equipos de aire comprimido.
- Equipos de hormigón.
- Grúas y camiones grúa.
- Transportes, vehículos industriales y tractores de arrastre.
- Construcciones modulares, casetas y contenedores.
- *Handling* aéreo.
- Otros equipos.

1.4.4.- Proyectos

GAM ha tenido mucha incidencia en numerosos proyectos de gran repercusión internacional. Trabajando junto a grandes compañías españolas que desarrollan su actividad en esos países, ha conseguido crear lazos de colaboración con empresas de carácter local.

Su actividad se desarrolla en diferentes sectores, desde los industriales a servicios. Algunos ejemplos de éstos pueden ser: la construcción de la línea 2 del metro de Panamá y el centro de convenciones Amador en la misma ciudad, la construcción de una fábrica de Toyota en México, la construcción de la red de vías e instalaciones para el AVE, la instalación, montaje y mantenimiento de un parque eólico en Almería o el montaje de

eventos como el Premio de Fórmula 1 de Cataluña, el festival BBK Live, el Gran Premio de Moto GP en Jerez o la Copa Davis, entre muchos otros [7].



Figura 1.6.- Elevadora de GAM remolcando un coche de F1 en el Gran Premio de Cataluña.

GAM también ofrece soluciones de alquiler para el suministro temporal de energía de forma integral, incluyendo el asesoramiento técnico, los equipos, los accesorios, una asistencia técnica 24 horas, la legalización de instalaciones, el combustible, el mantenimiento y la gestión de residuos producidos. Este tipo de soluciones se desarrollan habitualmente en lugares que precisan de suministro urgente, correspondiendo en la mayoría de ellos a localizaciones de difícil acceso, como ocurre en el caso del abastecimiento de la subestación de EDP en Quirós, zona de alta montaña [7].

2. Recursos y equipos utilizados

Los equipos y recursos utilizados en la investigación y desarrollo del trabajo de fin de máster se describen en sus apartados específicos, como se detalla a continuación:

- SAP: apartado 1.1.-
- Software Microsoft Excel: apartado 1.1.-

1.1.- SAP

SAP es uno de los principales softwares que utilizan las empresas españolas para organizar y gestionar sus recursos. Significa: "Sistemas, Aplicaciones y Procesos", se resume en un software ERP ("Enterprise Resource Planning"), que permite planificar y gestionar los recursos de todas las áreas de la empresa: desde logística a contabilidad, pasando por el departamento comercial y de marketing, finanzas, producción, gestión de proyectos, de la calidad, mantenimiento o dirección y administración general [8, 9].

SAP es un sistema informático que sirve para brindar información. En SAP se cargan los datos y el sistema se encargará de mostrar toda la información útil necesaria para la correcta toma de decisiones, junto a la exposición de esos datos de forma tal que puedan ser interpretados por los usuarios interesados [8].



Figura 2.1.- Logo de software SAP.

SAP es el software que se utiliza en GAM para el total control de los datos de la empresa, incluyendo el almacenamiento y traslado de información entre distintos departamentos y entre distintas delegaciones.

1.1.- MICROSOFT EXCEL

Microsoft Excel es un programa integrado en el paquete de Microsoft Office. Este programa es capaz de crear y editar hojas de cálculo que son guardadas en archivos con extensión “.XLS.” Sus usos generales incluyen cálculos de celdas, tablas dinámicas y varias herramientas de gráficos. Excel se utiliza principalmente en cualquier actividad relacionada con finanzas, aunque no se limita solo a esto ya que literalmente puede tener usos ilimitados. Tiene la capacidad para crear hojas de cálculo nuevas donde los usuarios pueden definir fórmulas personalizadas para cualquier tipo de cálculo [10].



Figura 2.2.- Logo de software Microsoft Excel.

Excel también se usa ampliamente para la organización y seguimiento de información común como una lista de ventas, informes de estado de un proyecto, listas de contacto, actividades de facturación, creación de Macros Excel, entre otros. Además, Excel es una herramienta útil para el análisis estadístico y científico con grandes conjuntos de datos. La amplia variedad de fórmulas que incorpora Excel y su capacidad de crear gráficos pueden ayudar a desempeñar investigaciones de análisis de varianza, pruebas de chi-cuadrada, y el gráfico de datos complejos, entre otros [10].

En este trabajo fin de máster se ha utilizado Microsoft Excel para sistematizar la información y efectuar los cálculos necesarios relacionados con los estudios de tiempo y productividad. La gran capacidad para poder combinar celdas para los cálculos hace de Excel el programa perfecto para este tipo de operaciones. Además, también se ha utilizado Microsoft Excel para reunir todos los mantenimientos correctivos que van a ser subidos posteriormente a la aplicación en una serie de formularios.

3. Funcionamiento actual de GAM

3.1.- FUNCIONAMIENTO DEL TALLER

En la actualidad, el funcionamiento que sigue el taller de GAM para el control de las máquinas que son recibidas tras la finalización de un alquiler hasta que son recogidas por otro cliente se basa en tres pilares fundamentales:

- **Revisión de defectos:** Consiste en la primera toma de contacto con la máquina tras la devolución. Se lleva a cabo justo en el momento en el que la máquina es devuelta por el cliente tras su período de alquiler. Se realizan las comprobaciones necesarias en una inspección rápida. El tiempo estimado en hacer una revisión de defectos es de aproximadamente menos de 30 minutos. Durante ese tiempo se acometen las siguientes operaciones: se revisa el nivel de limpieza de la máquina, la existencia de daños en la carrocería o pinchazos en los neumáticos, la ausencia de algún componente básico (herramientas mecánicas, luces, retrovisores...). También, se deben comprobar los valores del horómetro, kilometraje y gasoil.
- **Revisión de estados:** Consiste en efectuar una comprobación muy minuciosa de la máquina donde se comprueban al detalle todos sus componentes (el nivel de aceite, el filtro de aire, la presión de los neumáticos...). Si durante la revisión de estados se aprecia alguna anomalía en algún componente, la subsanación de éste se lleva a cabo durante esta revisión ya que el verdadero objetivo de esta etapa consiste en conseguir que tras la finalización de la revisión de estados la máquina se encuentre en unas condiciones óptimas para el siguiente alquiler. Si se precisa de acometer algún mantenimiento preventivo, también se lleva a cabo durante esta etapa. Por todas las razones antes mencionadas, la revisión de estados junto a la ejecución de todos los mantenimientos tiene una duración muy elevada, de entre 1 y 10 horas. Esta segunda revisión no exige ser llevada a cabo en el momento de la devolución de la máquina por lo que se puede llevar a efecto tiempo después.

- *Checklist* de seguridad: Consiste en llevar a cabo una comprobación momentos antes de entregar una máquina a un cliente para un alquiler. Se efectúa un chequeo rápido para comprobar todo esté en orden. Se apuntan los valores del horómetro, kilometraje y gasoil. Adicionalmente, se toman las fotografías necesarias al estado de la máquina en el momento de la entrega para evitar posibles futuras reclamaciones.

3.1.1.- Participantes

En todas estas operaciones podemos diferenciar tres participantes según la función que desempeñan durante el proceso. Estos son los siguientes:

- El departamento de Logística Interna: Dentro del taller lleva a cabo varias funciones. Es siempre el encargado de decidir la prioridad de las tareas a efectuar en las máquinas atendiendo a los siguientes parámetros: 1) la necesidad de que la máquina sea entregada a un cliente en fechas próximas, 2) la disponibilidad de máquinas que desempeñan mismas funciones, 3) la rotación de la máquina junto con su carga de horas, 4) los mantenimientos programados, 5) la existencia de averías y gravedad de éstas, 6) la duración de operaciones a acometer en la máquina... También se encarga de avisar al Gestor de Taller cuando se precisa la ejecución de alguna tarea en una máquina. Por último, lleva el registro de todas las máquinas que se encuentran en el taller y no se encuentran asignadas a un mecánico, decidiendo dónde estacionar cada una de ellas durante los tiempos de espera entre las fases anteriormente mencionadas.
- Gestor de Taller: Es la pieza fundamental en la coordinación del taller, su función principal consiste en ser el nexo de unión entre el departamento de Logística y los mecánicos. El Gestor de Taller recibe la información correspondiente sobre las necesidades de revisar o comprobar una máquina y es el encargado de asignar el un mecánico a ésta. También es el responsable de recibir las incidencias apreciadas por los mecánicos, sacar las respectivas fotos necesarias y poner toda esta información en conocimiento del departamento de Logística Interna. A la hora de designar un mecánico a una máquina debe de tener en cuenta la especialización de éste en máquinas de ese estilo, sobre todo si es un mantenimiento correctivo que precisa de un conocimiento técnico muy elevado.

- **Mecánico:** Su función principal en el taller consiste en llevar a efecto las tareas asignadas por el Gestor de Taller. Éstas pueden ser tareas de revisión de defectos, puestas a punto, traslados de máquinas, mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos... Si el mecánico se encuentra ejecutando una revisión y detecta alguna incidencia, debe ponerla en conocimiento del Gestor de Taller. Hay que tener en cuenta que en el taller de GAM existen mecánicos especializados en algún tipo de maquinaria, desde grupos electrógenos a maquinaria pesada. Incluso en el caso de maquinaria pesada, solo algunos mecánicos especializados tienen permitido trasladarlas a su puesto de trabajo e interactuar con ellas, ya que, según la normativa actual, se necesita una licencia especial para este tipo de máquinas. Los mecánicos siempre efectuarán la tarea con la prioridad más elevada de entre las que tengan asignadas, incluso llegando a interrumpir la actividad que se esté desarrollando en ese momento si se ha asignado otra tarea con más importancia.

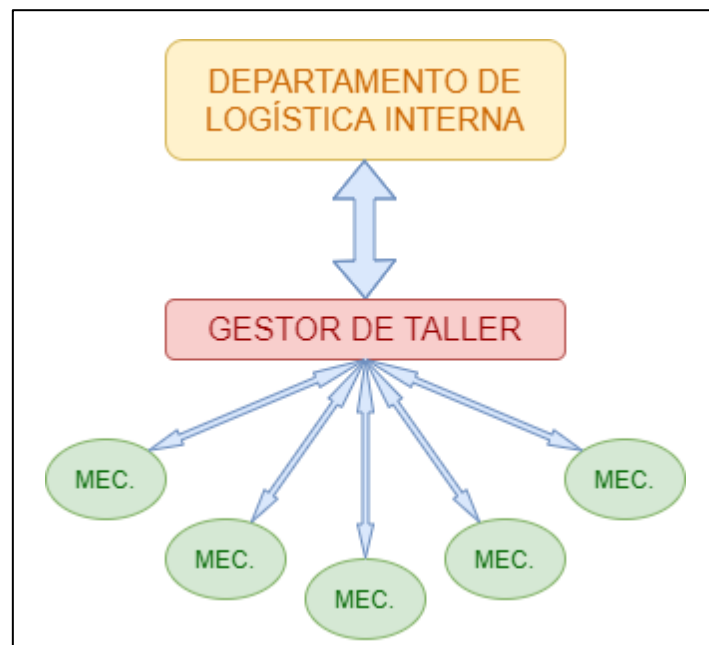


Figura 3.1.- Flujo de información en el taller actual.

3.2.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

El sistema implantado en GAM actualmente sigue tres pasos generales, que, de forma resumida, se puede describir de la siguiente forma:

- Llegada de la máquina tras el alquiler: Cuando la máquina llega al taller tras un alquiler, el departamento de Logística Interna recibe esa información del cliente. A continuación, avisa al Gestor de Taller para que se lleve a cabo la revisión de defectos. Cuando ésta ha finalizado y tras recibir los defectos apreciados, el departamento de Logística Interna indicará la prioridad de la máquina.
- Subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos: Cuando la máquina aparece la primera en la lista de prioridades de máquinas, se le efectuará la revisión de estados, incluyendo en esta tarea la ejecución de los mantenimientos correctivos y preventivos necesarios. Cuando todas las incidencias hayan sido subsanadas, la máquina quedará a la espera de que un cliente solicite su alquiler.
- Salida de la máquina al alquiler: Cuando el cliente solicita el alquiler de una máquina, el departamento de Logística Interna se encarga de avisar al Gestor de Taller de que la máquina necesita su puesta a punto final. Se llevará a cabo el *checklist* de seguridad y la máquina estará lista para ser recogida por el cliente.

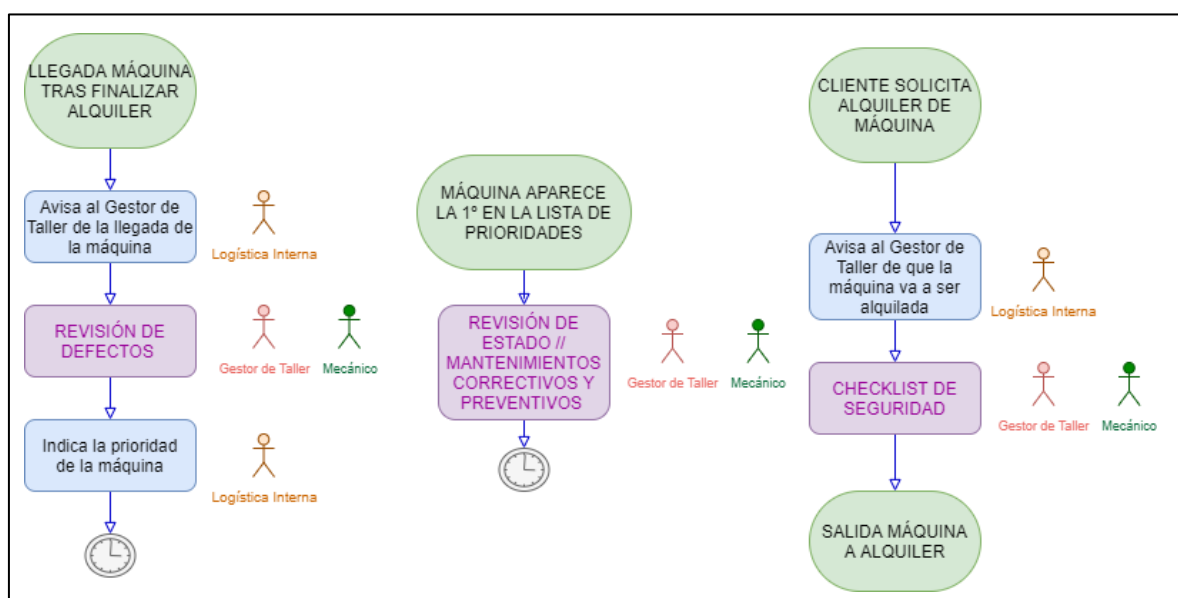


Figura 3.2.- Diagrama de bloques del funcionamiento general del taller en GAM.

La metodología de trabajo de estos tres pasos se encuentra exhaustivamente explicada en los siguientes tres apartados.

3.2.1.- Llegada de la máquina tras el alquiler

En este apartado se recoge de forma detallada el procedimiento a seguir desde el instante en el que la máquina ha regresado al taller tras la finalización de su alquiler hasta que se le realiza la revisión de defectos, este procedimiento se encuentra esquematizado en la Figura 3.3.

En el momento en que el período de alquiler de una máquina llega a su fin, el cliente debe hacer entrega de la máquina en las instalaciones de GAM. Cuando esto ocurre, el encargado del departamento de Logística Interna debe introducir la llegada de la máquina en el sistema SAP para que pase a formar parte del “listado de máquinas pendientes de revisión de defectos”. Dicho listado contiene todas las máquinas que se encuentran actualmente en la sede de GAM sin que todavía se les haya efectuado dicha revisión. El Gestor de Taller recibe en su portal de SAP una actualización de dicha lista y asigna un mecánico la función de acometer la pertinente “revisión de defectos” a todas las máquinas nuevas en ésta. El mecánico recibe esta información mediante una alerta en la pantalla visual del SAP asignada a su puesto de trabajo.

Finalizada la revisión de defectos, se abren dos posibilidades. A) Si se apreció alguna incidencia, el mecánico entregará al Gestor de Taller (en un papel escrito manualmente) un resumen sobre todos los desperfectos o incidencias que se han registrado. El Gestor de Taller debe de tomar fotografías a todos estos incidentes y enviar, mediante el sistema SAP, la información recopilada por el mecánico junto a las fotografías tomadas al departamento de Costes y Garantías. Este departamento se encargará de recopilar las medidas correspondientes contra el cliente según estime necesario. B) Si no se apreció ninguna incidencia durante la revisión de defectos, el mecánico trasladará la ausencia de éstas al gestor del taller.

Existan o no desperfectos en la máquina, el Gestor de Taller será el encargado en trasladar esa información a Logística Interna para que asignen la prioridad correspondiente a la revisión de estados de la máquina.

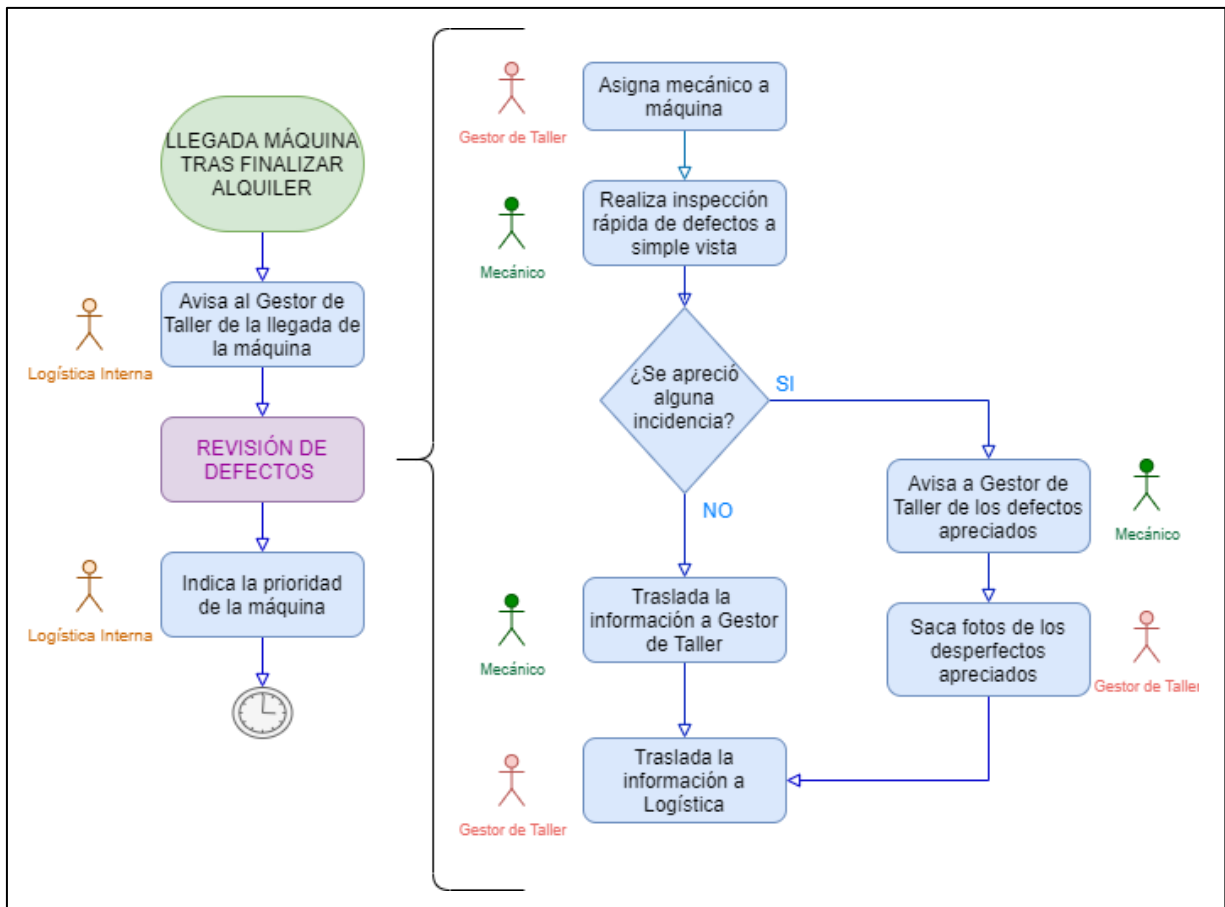


Figura 3.3.- Diagrama de bloques: Llegada de la máquina tras el alquiler.

3.2.2.- Subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos

En este apartado se expone detalladamente la tarea de subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos. Pero, para poder llevar a cabo una labor de este tipo en el taller es necesario que previamente el Gestor de Taller cree una intervención y se la asigne al mecánico correspondiente.

3.2.2.1 Concepto de Intervención

Una intervención es un formulario de SAP donde se incorporan todas las órdenes de trabajo (OTs) que se deben ejecutar en una máquina. Para que una máquina aparezca como disponible para alquiler no debe de tener ninguna intervención abierta. Por otra parte, para cerrar una intervención es necesario que todas sus OTs sean completadas. Dentro de cada OT aparecerán todas las operaciones que se deben efectuar para que ésta se cierre [11].

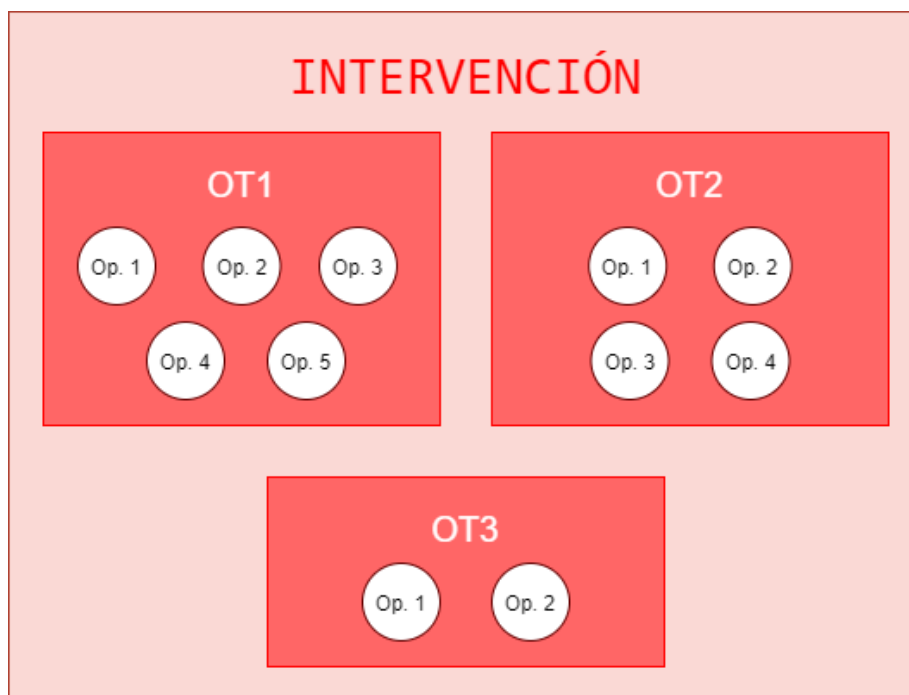


Figura 3.4.- Explicación del concepto de intervención.

Dentro de una intervención podremos encontrarnos cuatro tipos distintos de OT (órdenes de trabajo):

- Revisión Básica Seguridad (ZPRE): Es la revisión obligatoria que se acomete a una máquina que va a ser entregada a un cliente; también se denomina *checklist* de seguridad. Solo puede existir una OT de este tipo por intervención y ésta engloba todas las operaciones que se deben ejecutar a la máquina para asegurar su correcto funcionamiento en el futuro alquiler. Esta OT se crea sola en el momento que el

cliente solicita el alquiler de una máquina para así asegurar que se lleva a efecto siempre el *checklist* de seguridad [11].

- OT Correctiva Taller (ZCT1-ZCT2): Se corresponde con la revisión de estados. El código ZCT1 contiene todas las operaciones que conllevan la revisión de algún componente en busca de incidencias y el código ZCT2 contiene todas las operaciones que se necesitan para subsanar las incidencias apreciadas. Todas las máquinas van a precisar siempre de una OT de código ZCT1, ya que es imprescindible acometer una revisión de estados en la máquina antes de que ésta se encuentre disponible para el alquiler. En cambio, las OT de código ZCT2 pueden ser o no necesarias, ya que dependen de las incidencias apreciadas. Por cada incidencia apreciada durante la OT de código ZCT1 es necesario crear una OT de tipo ZCT2 para llevar a cabo la subsanación de ésta, si no se aprecia ningún defecto en la máquina no será necesario crear nada [11].
- OT Preventiva (ZPRG): Incluye todos los mantenimientos preventivos que se han de ejecutar a la máquina para garantizar su correcto funcionamiento. Estos mantenimientos suelen venir indicados por el fabricante y se introducen a SAP como recordatorios en el momento de compra de la máquina. Cada mantenimiento preventivo corresponde a una OT distinta en la que se encuentran todas las operaciones necesarias para su ejecución [11].
- OT Correctiva Fuera (ZCF1-ZCF2): Posee el mismo funcionamiento que la “OT Correctiva Taller” pero la diferencia reside en que se produce en el lugar de trabajo del cliente y se ejecuta por un técnico de mantenimiento. Al no llevarse a cabo nunca dentro de las instalaciones de GAM, no tienen ninguna influencia en el funcionamiento del departamento de taller de GAM [11].

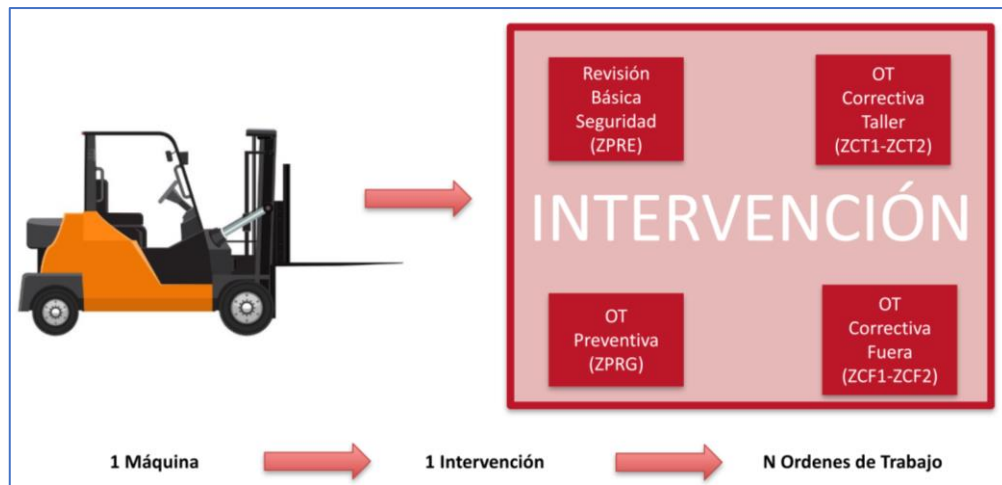


Figura 3.5.- Tipos de OTs en una intervención.

3.2.2.2 Procedimiento de subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos

A partir de este momento se expone de forma detallada el procedimiento a seguir durante la tarea de subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos, éste se encuentra esquematizado en la Figura 3.6.- Diagrama de bloques: Subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

- 1.- Cuando a un mecánico se le asigna una intervención de una máquina que contiene una revisión de estados (OT de tipo ZCT1), se debe primero introducir la máquina en el puesto de trabajo del mecánico para que posteriormente se realice la revisión de estados.
- 2a.- Si durante la revisión de estados, se aprecian una o más incidencias, éstas se recogen en una hoja de papel por el mecánico que será entregada al Gestor de Taller. Este último actualizará la intervención añadiendo las nuevas OTs necesarias para subsanar esas incidencias detectadas (OTs de tipo ZCT2).
- 2b.- Si, en cambio, no hay ninguna incidencia y la máquina no tiene ningún problema, el mecánico deberá también avisar al Gestor de Taller de este hecho.
- 3.- El Gestor de Taller es el encargado de introducir en SAP todas las OTs que se necesiten para poder subsanar todas las incidencias y permitir que la máquina vuelva a

estar disponible para el alquiler. Cada una de las operaciones contenidas en las OTs debe introducirse de manera manual en el sistema junto al tiempo estimado de duración de ésta, el procedimiento se encuentra debidamente explicado en el apartado 3.2.2.3

4.- Cuando todas las OTs se encuentren debidamente introducidas en el sistema SAP, el Gestor de Taller actualizará la intervención creada para que éstas aparezcan en la pantalla del mecánico y este último pueda proceder a efectuar todas las operaciones.

5.- En el momento que el mecánico finaliza una operación, indicará que ésta se ha llevado a cabo correctamente mediante la terminal de SAP de su puesto de trabajo. Cuando todas las OTs estén completadas, el mismo SAP avisará al departamento de Logística Interna que la máquina pasa a estar disponible para su alquiler.

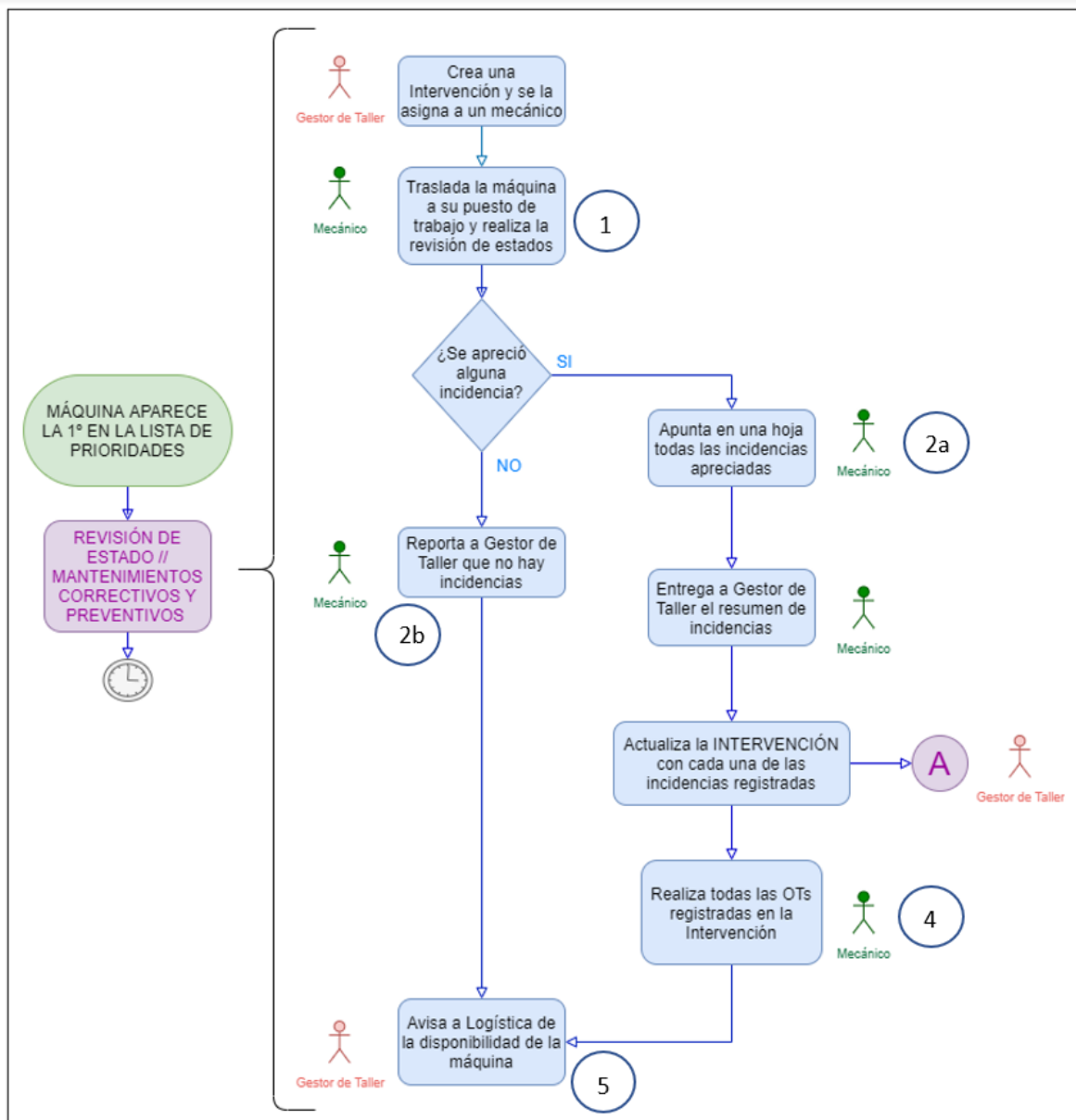


Figura 3.6.- Diagrama de bloques: Subsanción de las incidencias y realización de los mantenimientos

3.2.2.3 Método actual de actualización de Intervención

La norma a seguir por el Gestor de Taller para introducir las incidencias apreciadas en el sistema SAP se encuentra desarrollado en este apartado. En la Figura 3.7 se encuentra un esquema de este sistema.

La metodología actual consiste en que el Gestor de Taller debe introducir manualmente la operación asignada a su OT y el tiempo previsto en su realización, para esa estimación de tiempo existen actualmente dos alternativas: 1) Actualmente en GAM existe una tabla de tiempos donde se indica la duración aproximada en desempeñar algunas operaciones a razón de tipo de operación, características y marca de la máquina. 2) Si no hay constancia del tiempo estimado para desempeñar esa operación en la tabla, el Gestor de Taller debe de elaborar hacer una suposición de esa duración para introducirla en SAP.

Este proceso, al realizarse de forma manual, debe repetirse para todas las operaciones necesarias llegando a ser bastante elevado el tiempo invertido, especialmente si la máquina necesita de varios mantenimientos correctivos para su puesta a punto.

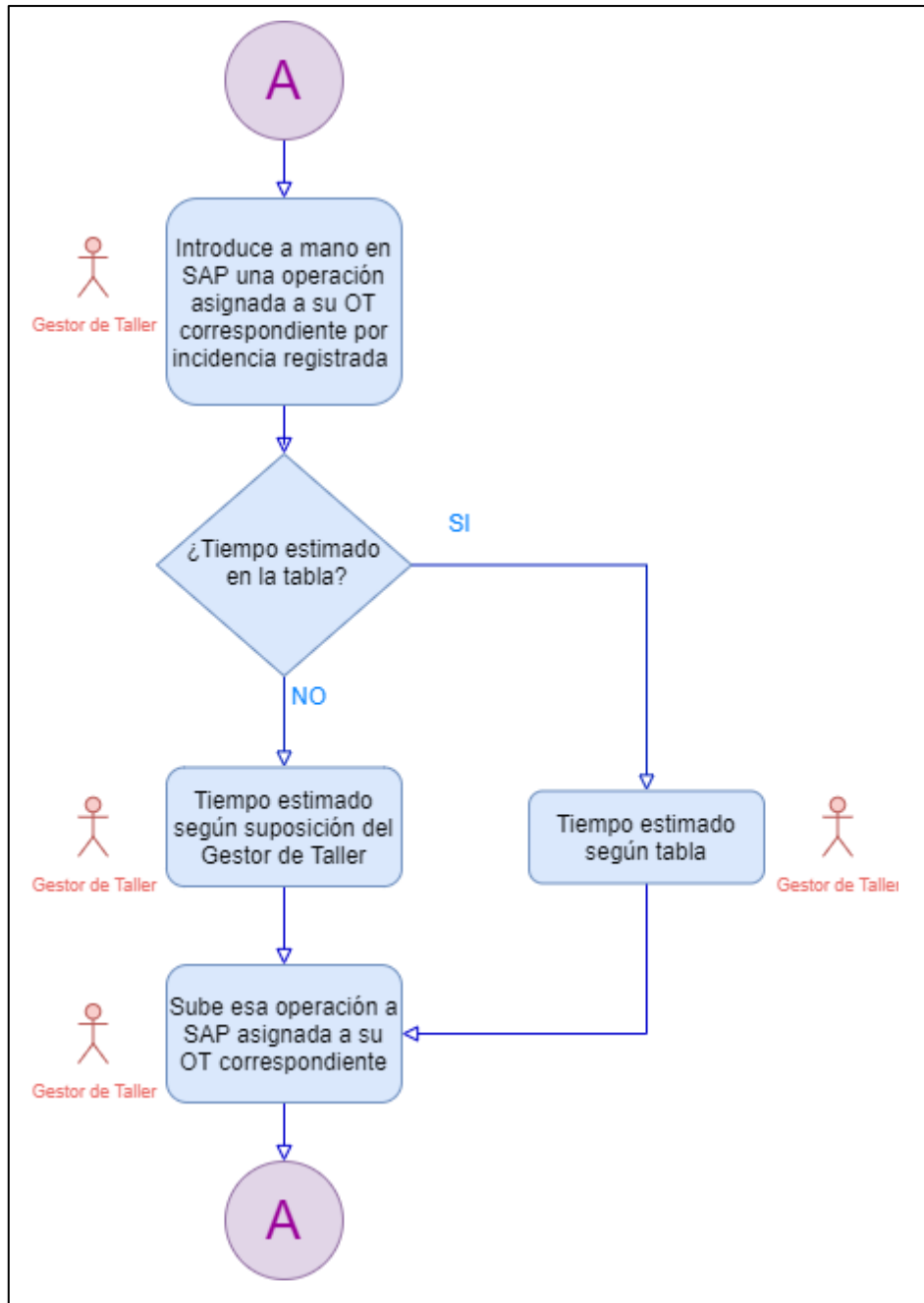


Figura 3.7.- Diagrama de bloques: Introducción de operaciones en una intervención.

3.2.3.- Salida de la máquina al alquiler

En este apartado se recoge de forma detallada el procedimiento a seguir desde el momento que un cliente solicita el alquiler hasta que se procede a la entrega de ésta. Durante esta etapa se realiza el *checklist* de seguridad, este método de trabajo se encuentra esquematizado en la Figura 3.8Figura 3.3.

En el momento en que un cliente solicita una máquina, el departamento de Logística Interna actualiza el listado de máquinas pendiente de entrega con esa nueva solicitud. En ese momento, se crea una nueva intervención en dicha máquina que incluye la OT de revisión básica de seguridad (ZPRE). El Gestor de Taller asignará esa intervención a un mecánico que acometerá el *checklist* de seguridad y trasladará la máquina a la zona de salida. Por último, en el momento que la máquina se entrega al cliente, el Gestor de Taller tomará fotografías al estado de ésta para poder elaborar una comparación del aspecto de la máquina antes y después del alquiler.

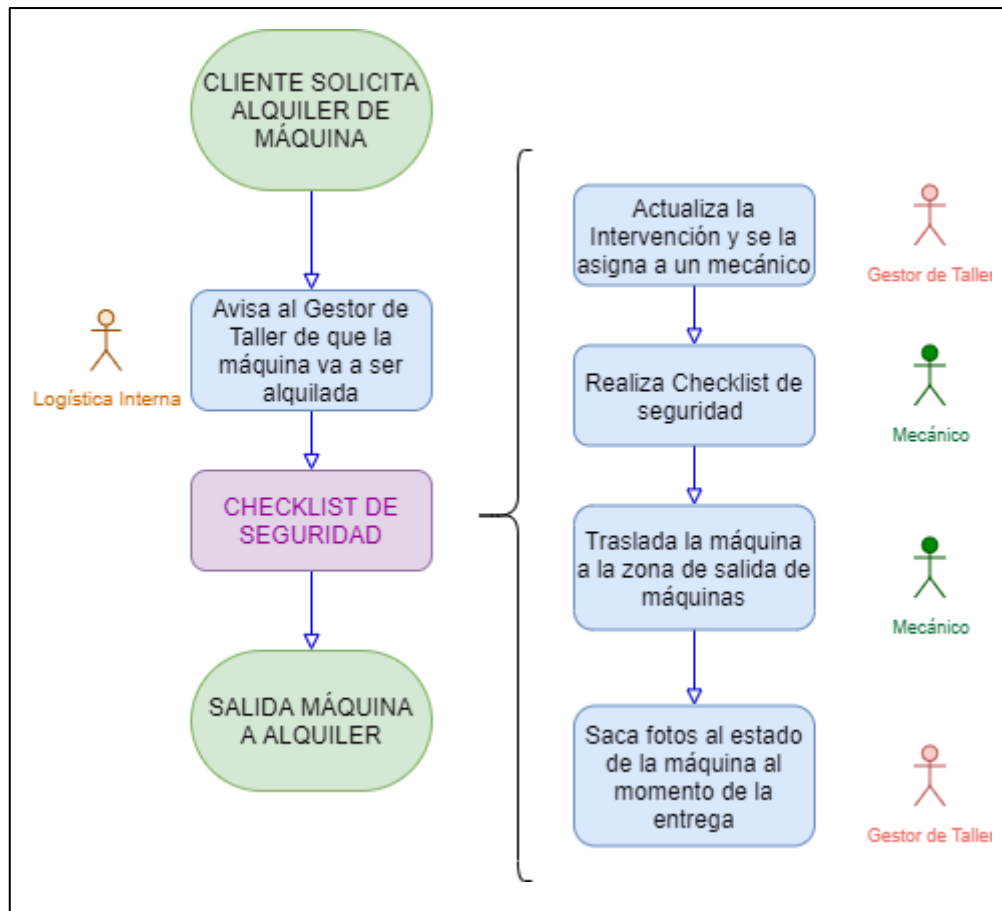


Figura 3.8.- Diagrama de bloques: Salida de la máquina al alquiler.

4. Estudio de tiempos

En este apartado se expone el procedimiento que se ha seguido para la toma de datos, los resultados recabados y las conclusiones obtenidas del análisis de éstos.

4.1.- PROCEDIMIENTO

En el desarrollo de este estudio de tiempos se analizaron 12 trabajadores de la empresa GAM durante 10 jornadas diarias de 8 horas cada una, lo que debería resultar en un total de 80 horas por trabajador y 960 horas totales. Durante la toma de datos se han tenido en cuenta las paradas de quince minutos por jornada de 8 horas que se encuentran incluidas en el convenio laboral, junto al tiempo extra que se destinó en la 11ª jornada laboral para poder finalizar la tarea que se estaba llevando a cabo. La suma del tiempo real estudiado asciende a 914.74 horas lo que supone una media de 76.22 horas por trabajador.

Para la selección de la muestra se han escogido los tres grupos con mayor volumen de facturación en GAM, buscando que el porcentaje de mecánicos asignados a cada grupo sea similar en la muestra (los trabajadores estudiados) y la población (todo el taller de GAM). Por lo que, de los doce trabajadores estudiados, seis trabajan en máquinas industriales grandes, cuatro en máquinas industriales pequeñas y los dos últimos están especializados únicamente en grupos electrógenos.

En el grupo de máquinas industriales grandes se encuentran plataformas articuladas diésel de menos de 26 metros (Figura 4.1), plataformas articuladas diésel de más de 26 metros (Figura 4.2) y tijeras diésel, independientemente de su altura (Figura 4.3). Los fabricantes disponibles para este grupo de máquinas son “JLG”, “Genie”, “Manitou” y “Haulotte”.



Figura 4.1.- Plataforma articulada diésel de menos de 26 metros.



Figura 4.2.- Plataforma articulada diésel de más de 26 metros.



Figura 4.3.- Tijera diésel.

Al grupo de máquinas industriales pequeñas pertenecen los manipuladores telescópicos (Figura 4.4), las transpaletas eléctricas (Figura 4.5) y las carretillas industriales eléctricas (Figura 4.6). Los fabricantes de este tipo de maquinaria son “Nissan”, “Still”, “CAT” y “Hyster”.



Figura 4.4.- Manipulador telescópico.



Figura 4.5.- Transpaleta eléctrica.



Figura 4.6.- Carretilla industrial eléctrica.

Por último, los grupos electrógenos están divididos según su valor de KVAs⁴ (Figura 4.7), existiendo los modelos de “Atlas”, “Gesam”, “Olympian” y “Pramac”.



Figura 4.7.- Grupo electrógeno.

Según la actividad que haya desarrollado el mecánico distinguiremos tres posibilidades:

- Revisión de defectos.
- Revisión de estados / Mantenimiento correctivo o preventivo.
- *Checklist* de seguridad.

A la hora de tomar los tiempos se ha dividido la duración de cada operación en cuatro partes atendiendo a cuál era la función del mecánico durante ese intervalo. Estas son las siguientes:

- Tiempo de Operación Productivo (“Op P”)⁵: Se corresponde con el intervalo de tiempo que se ha utilizado para llevar a cabo alguna labor a la máquina que genera valor añadido a ésta. Incluye tanto la ejecución de cualquier revisión, mantenimiento

⁴ KVAs: Unidad de medida para la potencia aparente.

⁵ Se utilizarán las abreviaturas de cada tiempo a la hora de visualizar éstos en las posteriores tablas.

correctivo, mantenimiento preventivo y el *checklist* de seguridad. Además, incluye todo el tiempo empleado en las interacciones del operario con el sistema SAP que no pueden ser evitadas implementando un alto nivel de digitalización en GAM.

- Tiempo de Operación No Productivo (“Op NP”): Se corresponde con el intervalo de tiempo que se ha utilizado para efectuar alguna labor a la máquina pero que no genera ningún valor añadido a ésta. Contiene todas las interacciones con SAP que no se incluyen en el párrafo anterior, es decir, interacciones de SAP evitables. También incluye el tiempo utilizado para apuntar en el papel las incidencias registradas en una revisión.
- Tiempo de Traslados Productivo (“T P”): Se corresponde con el tiempo invertido en los desplazamientos obligatorios del mecánico entre las diferentes zonas del taller, entendiendo por desplazamiento obligatorio aquel que deba ejecutarse de cualquier manera y que no sea posible evitarlo. Incluye los desplazamientos de la zona de trabajo a la máquina junto a su retorno y los movimientos de máquina entre las zonas del taller.
- Tiempo de Traslados No Productivo (“T NP”): Se corresponde con todo el tiempo utilizado en llevar a cabo desplazamientos que pueden ser evitables si se consigue un alto grado de digitalización de la empresa. Por ejemplo, el tiempo empleado en trasladarse de la zona donde se encuentre la máquina al puesto del Gestor de Taller para comunicarle las incidencias apreciadas.

Para el posterior cálculo de las productividades se tuvieron en cuenta además otros valores de tiempo que resultan de operar con los cuatro tiempos anteriores. Estos son los siguientes:

- Tiempo total de operaciones (“Op”): Suma del tiempo de operaciones productivas y operaciones no productivas.
- Tiempo total de traslados (“T”): Suma del tiempo de traslados productivos y traslados no productivos.
- Tiempo total productivo (“P”): Suma de tiempo de operaciones productivas y traslados productivos.

- Tiempo total no productivo (“NP”): Suma de tiempo de operaciones no productivas y traslados no productivos.
- Tiempo total (“TOTAL”): Suma de todos los tiempos tenidos en cuenta para el estudio. Incluye todos los traslados y operaciones, en ambos tanto productivos como no productivos.

ESTUDIO DE TIEMPOS			NOMBRE EMPLEADO: INDUS GRANDES 1									
*Los tiempos se encuentran reflejados en horas												
Tipo Máquina	Marca/Modelo	Incidencia	Op P	Op NP	T P	T NP	Op	T	P	NP	TOTAL	
PLAT ART DIESEL <26 M	JLG	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	4.39	0.08	0.49	0.13	4.47	0.62	4.88	0.21	5.09	
PLAT ART DIESEL <26 M	Genie	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	7.68	0.14	0.47	0.10	7.82	0.57	8.15	0.24	8.39	
TIJERAS DIESEL	Genie	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	6.57	0.11	0.58	0.11	6.68	0.69	7.15	0.22	7.37	
TIJERAS DIESEL	Genie	Checklist	0.54	0.11	0.34	0.00	0.65	0.34	0.88	0.11	0.99	
PLAT ART DIESEL <26 M	Haulotte	Revisión de defectos	0.32	0.05	0.04	0.09	0.37	0.13	0.36	0.14	0.50	
PLAT ART DIESEL <26 M	Manitou	Checklist	0.52	0.05	0.28	0.00	0.57	0.28	0.80	0.05	0.85	
TIJERAS DIESEL	Manitou	Checklist	0.46	0.15	0.32	0.00	0.61	0.32	0.78	0.15	0.93	
TIJERAS DIESEL	Haulotte	Revisión de defectos	0.48	0.13	0.06	0.11	0.61	0.17	0.54	0.24	0.78	
PLAT ART DIESEL <26 M	Haulotte	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	4.88	0.15	0.43	0.13	5.03	0.56	5.31	0.28	5.59	
TIJERAS DIESEL	Manitou	Checklist	0.41	0.12	0.37	0.00	0.53	0.37	0.78	0.12	0.90	
PLAT ART DIESEL <26 M	JLG	Checklist	0.46	0.07	0.37	0.00	0.53	0.37	0.83	0.07	0.90	
TIJERAS DIESEL	Genie	Revisión de defectos	0.63	0.12	0.05	0.12	0.75	0.17	0.68	0.24	0.92	
TIJERAS DIESEL	Haulotte	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	6.40	0.07	0.48	0.13	6.47	0.61	6.88	0.20	7.08	
PLATAFORMAS ARTICULADAS DIESEL >26 M	Manitou	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	6.58	0.09	0.59	0.15	6.67	0.74	7.17	0.24	7.41	
PLAT ART DIESEL <26 M	Manitou	Revisión de defectos	0.49	0.10	0.04	0.11	0.59	0.15	0.53	0.21	0.74	
PLAT ART DIESEL <26 M	Haulotte	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	6.86	0.13	0.58	0.17	6.99	0.75	7.44	0.30	7.74	
TIJERAS DIESEL	JLG	Revisión de defectos	0.66	0.06	0.06	0.10	0.72	0.16	0.72	0.16	0.88	
TIJERAS DIESEL	Manitou	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	6.41	0.05	0.44	0.12	6.46	0.56	6.85	0.17	7.02	
PLATAFORMAS ARTICULADAS DIESEL >26 M	Genie	Revisión de defectos	0.56	0.12	0.04	0.12	0.68	0.16	0.60	0.24	0.84	
PLAT ART DIESEL <26 M	Genie	Revisión de defectos	0.49	0.15	0.06	0.12	0.64	0.18	0.55	0.27	0.82	
PLAT ART DIESEL <26 M	Manitou	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	2.33	0.12	0.48	0.10	2.45	0.58	2.81	0.22	3.03	
TIJERAS DIESEL	Manitou	Revisión de defectos	0.24	0.13	0.04	0.12	0.37	0.16	0.28	0.25	0.53	
TIJERAS DIESEL	JLG	Revisión de estados / Mant. correctivo o preventivo	8.00	0.14	0.40	0.14	8.14	0.54	8.40	0.28	8.68	
PLATAFORMAS ARTICULADAS DIESEL >26 M	Haulotte	Revisión de defectos	0.49	0.06	0.04	0.11	0.55	0.15	0.53	0.17	0.70	

Figura 4.8.- Aspecto hoja de Excel para toma de tiempo de un trabajador.

4.2.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan utilizando como unidad base de tiempo la hora, presentando un error de ± 0.5 horas por posibles errores humanos a la hora de la toma de los datos. En los cálculos realizados y en la posterior visualización de los datos, estos errores serán omitidos para simplificar el posterior análisis.

4.2.1.- Resultados generales

Las Tabla 4.1.- Resultados del estudio de tiempos. Diferenciación por grupo de máquina. y Tabla 4.2 recogen de manera general, los resultados obtenidos.

	Op P	Op NP	T P	T NP	Op	T	P	NP	TOTAL
TOTAL	718.42	40.67	123.58	32.07	759.09	155.65	842	72.74	914.74
INDUSTRIALES GRANDES	382.83	19.87	59.87	14.86	402.7	74.73	442.7	34.73	477.43
INDUSTRIALES PEQUEÑAS	246.45	14.06	43.86	12.38	260.51	56.24	290.31	26.44	316.75
ELECTRÓGENOS	89.14	6.74	19.85	4.83	95.88	24.68	108.99	11.57	120.56

Tabla 4.1.- Resultados del estudio de tiempos. Diferenciación por grupo de máquina.

	Op P	Op NP	T P	T NP	Op	T	P	NP	TOTAL
TOTAL	718.42	40.67	123.58	32.07	759.09	155.65	842	72.74	914.74
Revisión de defectos	56.1	11.74	5.85	12.22	67.84	18.07	61.95	23.96	85.91
Revisión de estados	585.91	13.59	68.61	19.85	599.5	88.46	654.52	33.44	687.96
Checklist	76.41	15.34	49.12	0	91.75	49.12	125.53	15.34	140.87

Tabla 4.2.- Resultados del estudio de tiempos. Diferenciación por tipo de tarea.

En una visión global de los resultados se puede apreciar que el tiempo total observado por los 12 trabajadores asciende a 914.74 horas debido a las razones antes mencionadas en el apartado 4.1.- .

Cabe destacar que las tareas de *checklist* no presentan traslados no productivos debido a que todos éstos son considerados como necesarios y no hay posibilidad de omitirlos. Estos traslados obligatorios son tres y son los siguientes: la ruta desde el puesto del mecánico a la máquina, el traslado de la máquina a la zona de entrega y el retorno al puesto de origen.

De las Tabla 4.1 y Tabla 4.2 se han obtenidos los siguientes gráficos:

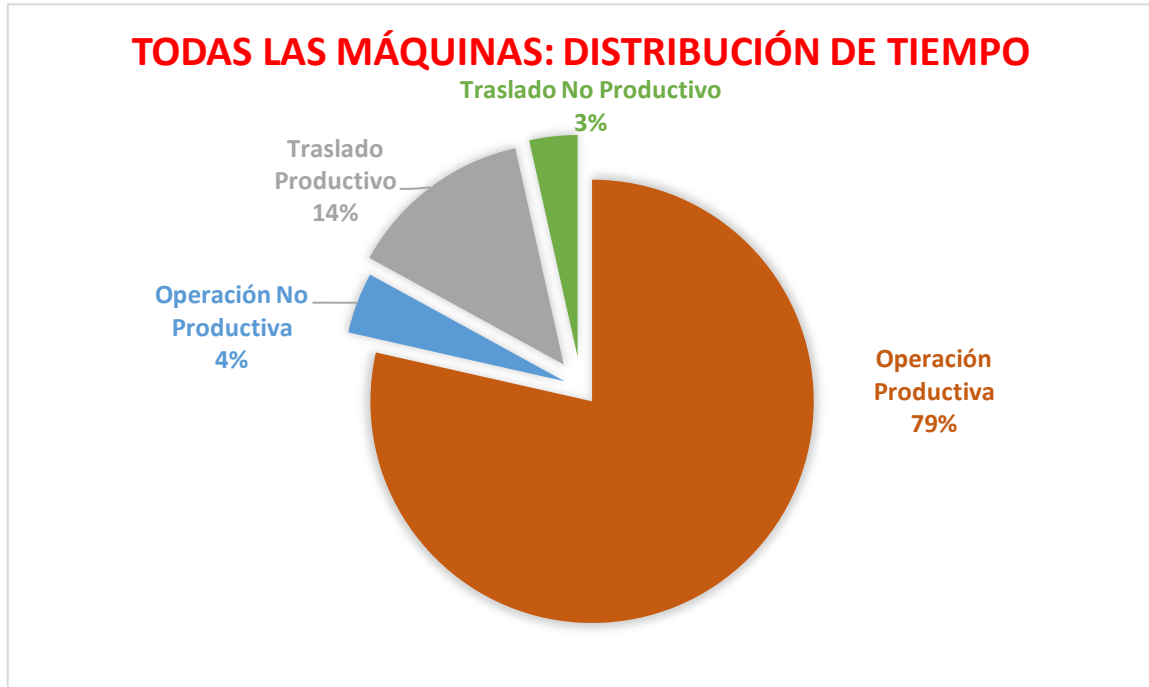


Gráfico 4.1.- Distribución de tiempo empleado por todas las máquinas según el tipo de tiempo.

Aproximadamente el 79% de las tareas que se llevan a cabo en el taller se corresponden a operaciones productivas, añadiendo el 14% correspondiente a los traslados productivos nos da como resultado que el 93% del tiempo que se ha estudiado se corresponde con tiempo que ha generado valor añadido. Únicamente el 7% restante representan acciones que no generan ningún beneficio económico. El tiempo dedicado a efectuar traslados necesarios por el taller asciende a un 17% siendo un 3% del total evitable en el escenario de un alto grado de digitalización.

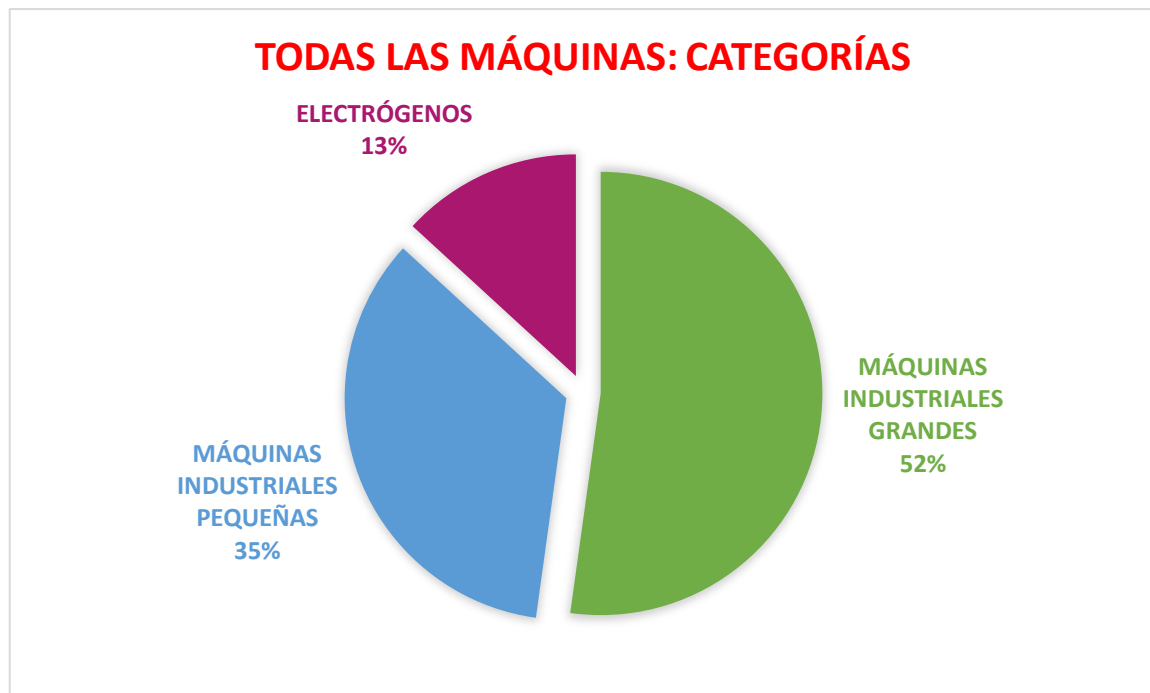


Gráfico 4.2.- Distribución del tiempo por categorías de las máquinas.

En el taller, las máquinas con más rotación se corresponden a las máquinas denominadas como “industriales grandes”, seguidas de las “industriales pequeñas” y ya, en última posición los “grupos electrógenos”. El número de mecánicos especializados en cada tipo de máquina está relacionado con el tiempo invertido en ellas.

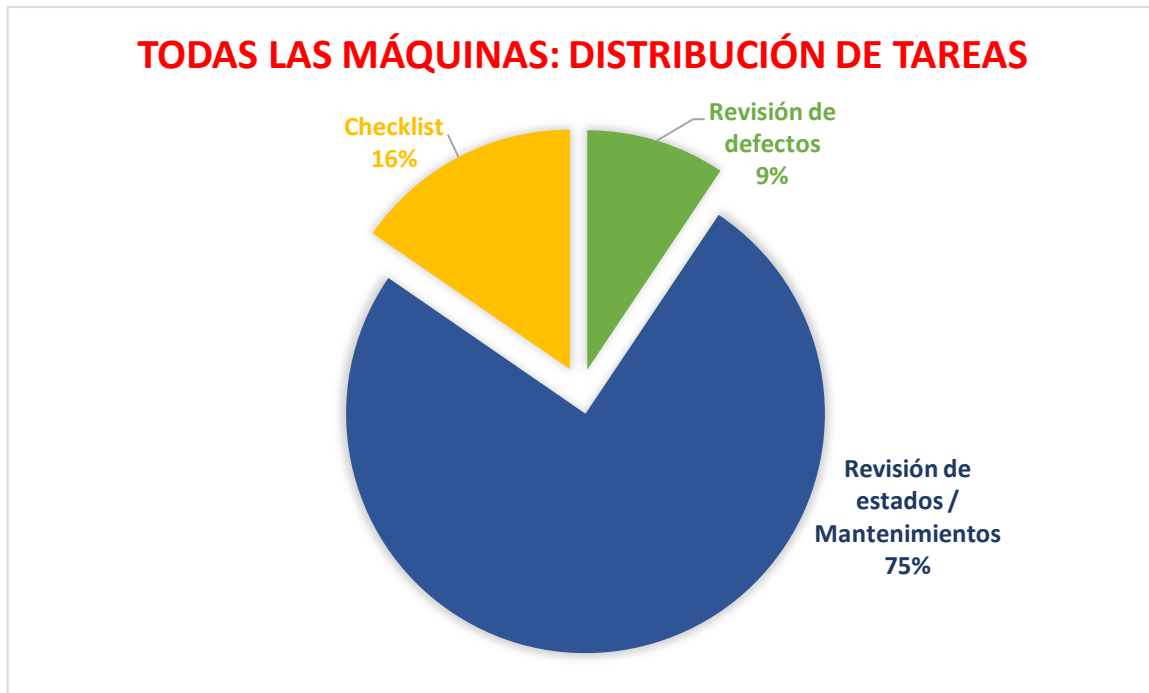


Gráfico 4.3.- Distribución del tiempo según las tareas realizadas.

Desde el punto de vista de la diferenciación de tareas, se aprecia que los mecánicos emplean la mayor parte del tiempo en acometer revisiones de estados. Aparte de ser la revisión que más tiempo requiere incluye además la realización de todos los mantenimientos necesarios (tanto correctivos como preventivos).

El tiempo utilizado para llevar a cabo la revisión de defectos y el *checklist* debería ser muy parecido ya que en ambos se ejecutan operaciones de chequeo similares; la realidad demuestra que esto no es así. El tiempo necesario para trasladar la máquina durante un *checklist* de seguridad desde el puesto de trabajo del mecánico a la zona de salida de máquina supone un gasto de tiempo elevado frente a los traslados rápidos que se efectúan en la revisión de defectos.

4.2.2.- Resultados circunscritos a las máquinas industriales grandes

Los resultados obtenidos considerando únicamente las máquinas “industriales grandes” (plataformas articuladas de más de 26 metros, plataformas articuladas de menos de 26 metro y tijeras diésel) son los siguientes:

	Op P	Op NP	T P	T NP	Op	T	P	NP	TOTAL
INDUSTRIALES GRANDES	382.83	19.87	59.87	14.86	402.7	74.73	442.7	34.73	477.43
Revisión de defectos	26.19	5.53	2.68	5.7	31.72	8.38	28.87	11.23	40.1
Revisión de estados	317.2	6.4	31.92	9.16	323.6	41.08	349.12	15.56	364.68
Checklist	39.44	7.94	25.27	0	47.38	25.27	64.71	7.94	72.65
PLATAFORMA ARTICULADA >26m	77.48	3.87	11.94	3.1	81.35	15.04	89.42	6.97	96.39
Revisión de defectos	5.16	1.17	0.53	1.17	6.33	1.7	5.69	2.34	8.03
Revisión de estados	65.4	1.33	7.14	1.93	66.73	9.07	72.54	3.26	75.8
Checklist	6.92	1.37	4.27	0	8.29	4.27	11.19	1.37	12.56
PLATAFORMA ARTICULADA <26 m	179.84	9.33	28.69	7.12	189.17	35.81	208.53	16.45	224.98
Revisión de defectos	10.66	2.4	1.18	2.54	13.06	3.72	11.84	4.94	16.78
Revisión de estados	151.13	3.3	16.02	4.58	154.43	20.6	167.15	7.88	175.03
Checklist	18.05	3.63	11.49	0	21.68	11.49	29.54	3.63	33.17
TIJERAS DIESEL	125.51	6.67	19.24	4.64	132.18	23.88	144.75	11.31	156.06
Revisión de defectos	10.37	1.96	0.97	1.99	12.33	2.96	11.34	3.95	15.29
Revisión de estados	100.67	1.77	8.76	2.65	102.44	11.41	109.43	4.42	113.85
Checklist	14.47	2.94	9.51	0	17.41	9.51	23.98	2.94	26.92

Tabla 4.3.- Resultados estudio de tiempo para las máquinas industriales grandes.

En una visión global de los resultados podemos apreciar que el tiempo total observado por los seis trabajadores que están destinados a estas máquinas asciende a 477.43 horas, esto se corresponde con aproximadamente el 50% de las horas totales registradas por todos los trabajadores.

De la Tabla 4.3 se han obtenido los siguientes gráficos:

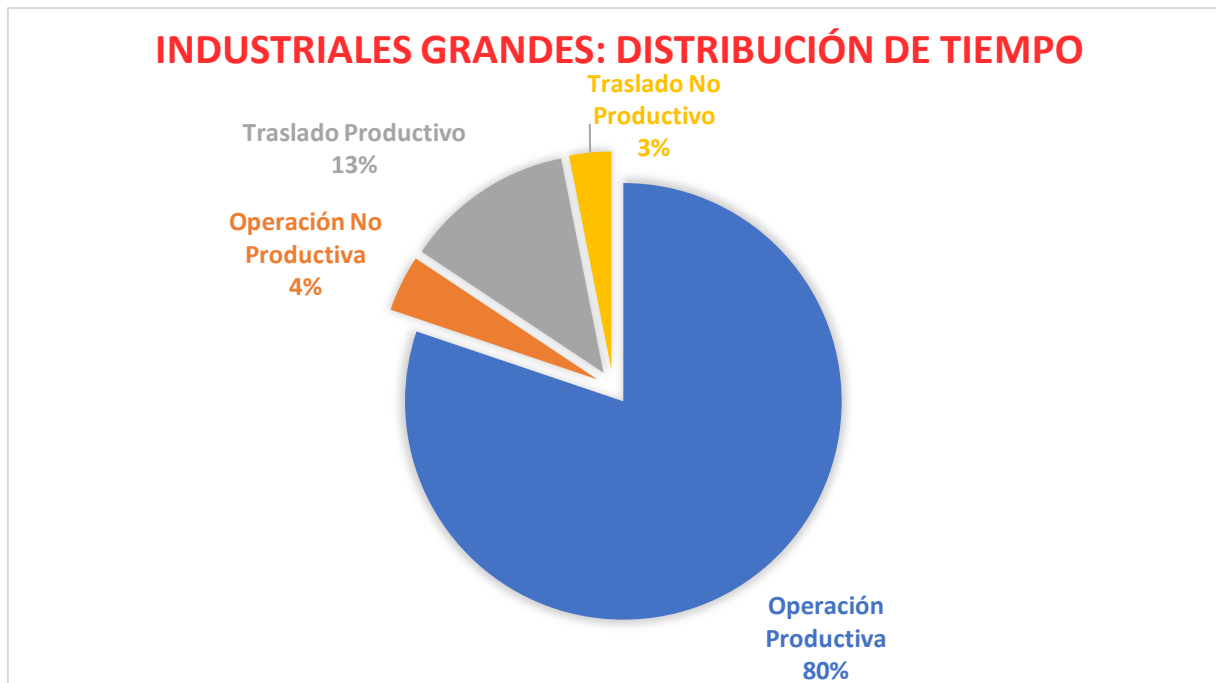


Gráfico 4.4.- Distribución de tiempo empleado por las máquinas industriales grandes según el tipo de tiempo.

Comparando el gráfico general de la distribución de tiempo de todas las máquinas con el gráfico que incluye únicamente el grupo de “industriales grandes” podemos apreciar que los valores son bastante similares, variando únicamente los porcentajes en un máximo de un 1%. La razón se encuentra en que más de la mitad de las máquinas estudiadas pertenecen a este tipo de maquinaria por lo que poseen mucha influencia en el gráfico general, haciendo que la variación sea mínima.

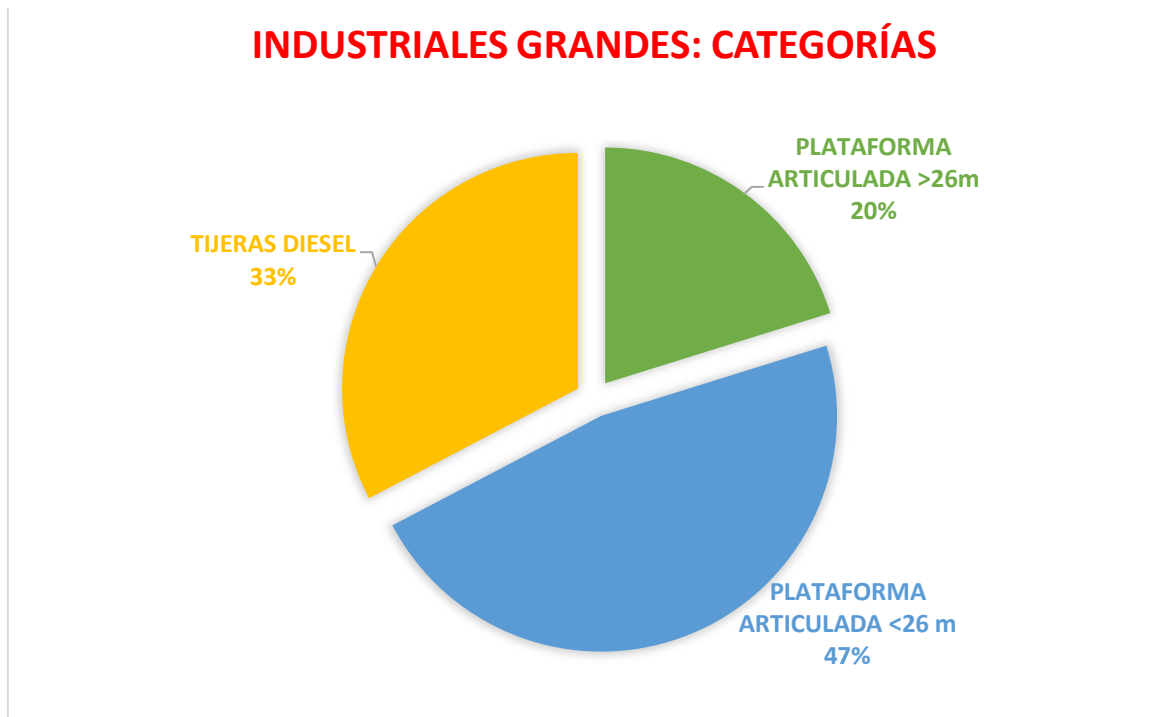


Gráfico 4.5.- Distribución del tiempo por categorías de las máquinas industriales grandes.

Aproximadamente la mitad del tiempo invertido en maquinaria industrial grande ha acaecido en plataformas articuladas de menos de 26 metros de altura, un 20% en el resto de plataformas articuladas y únicamente un 33% se corresponde a tijeras diésel. Como se ha visto en el párrafo anterior, el 50% del tiempo total se invierte en máquinas industriales grandes, lo que conlleva que un tercio del tiempo total utilizado por los mecánicos del taller se dedica a plataformas articuladas de cualquier tamaño, siendo este tipo de maquinaria una de las más importantes.

INDUSTRIALES GRANDES: DISTRIBUCIÓN DE TAREAS

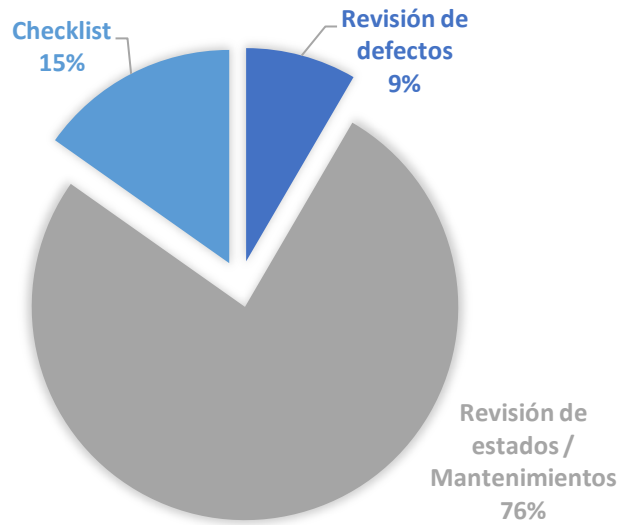


Gráfico 4.6.- Distribución del tiempo según las tareas realizadas de las máquinas industriales grandes.

Al igual que en el caso anterior de la distribución de tiempo, el gráfico de distribución de tareas para únicamente maquinaria industrial grande es muy similar al gráfico general debido a la gran influencia de éstas en el resultado final del estudio de tiempos.

4.2.3.- Resultados circunscritos a las máquinas industriales pequeñas

Los resultados obtenidos considerando únicamente las máquinas industriales pequeñas (carretillas industriales eléctricas, manipuladores telescópicos y transpaletas eléctricas) son los siguientes:

	Op P	Op NP	T P	T NP	Op	T	P	NP	TOTAL
INDUSTRIALES PEQUEÑAS	246.45	14.06	43.86	12.38	260.51	56.24	290.31	26.44	316.75
Revisión de defectos	20.28	4.3	2.12	4.4	24.58	6.52	22.4	8.7	31.1
Revisión de estados	203.47	5.27	26.88	7.98	208.74	34.86	230.35	13.25	243.6
Checklist	22.7	4.49	14.86	0	27.19	14.86	37.56	4.49	42.05
CARRETILLA INDUSTRIAL ELÉCT.	109.97	7.21	18.86	6.09	117.18	24.95	128.83	13.3	142.13
Revisión de defectos	13.21	2.86	1.37	2.85	16.07	4.22	14.58	5.71	20.29
Revisión de estados	85.69	2	10.18	3.24	87.69	13.42	95.87	5.24	101.11
Checklist	11.07	2.35	7.31	0	13.42	7.31	18.38	2.35	20.73
MANIPULADOR TELESCÓPICO	50.31	3.13	9.99	2.5	53.44	12.49	60.3	5.63	65.93
Revisión de defectos	4.18	0.86	0.42	0.9	5.04	1.32	4.6	1.76	6.36
Revisión de estados	40.37	1.11	5.66	1.6	41.48	7.26	46.03	2.71	48.74
Checklist	5.76	1.16	3.91	0	6.92	3.91	9.67	1.16	10.83
TRANSPALETA ELÉCT.	86.17	3.72	15.01	3.79	89.89	18.8	101.18	7.51	108.69
Revisión de defectos	2.89	0.58	0.33	0.65	3.47	0.98	3.22	1.23	4.45
Revisión de estados	77.41	2.16	11.04	3.14	79.57	14.18	88.45	5.3	93.75
Checklist	5.87	0.98	3.64	0	6.85	3.64	9.51	0.98	10.49

Tabla 4.4.- Resultados estudio de tiempo para las máquinas industriales pequeñas.

Las máquinas industriales pequeñas representan aproximadamente un tercio del tiempo estudiado.

De la Tabla 4.4 hemos obtenido los siguientes gráficos:

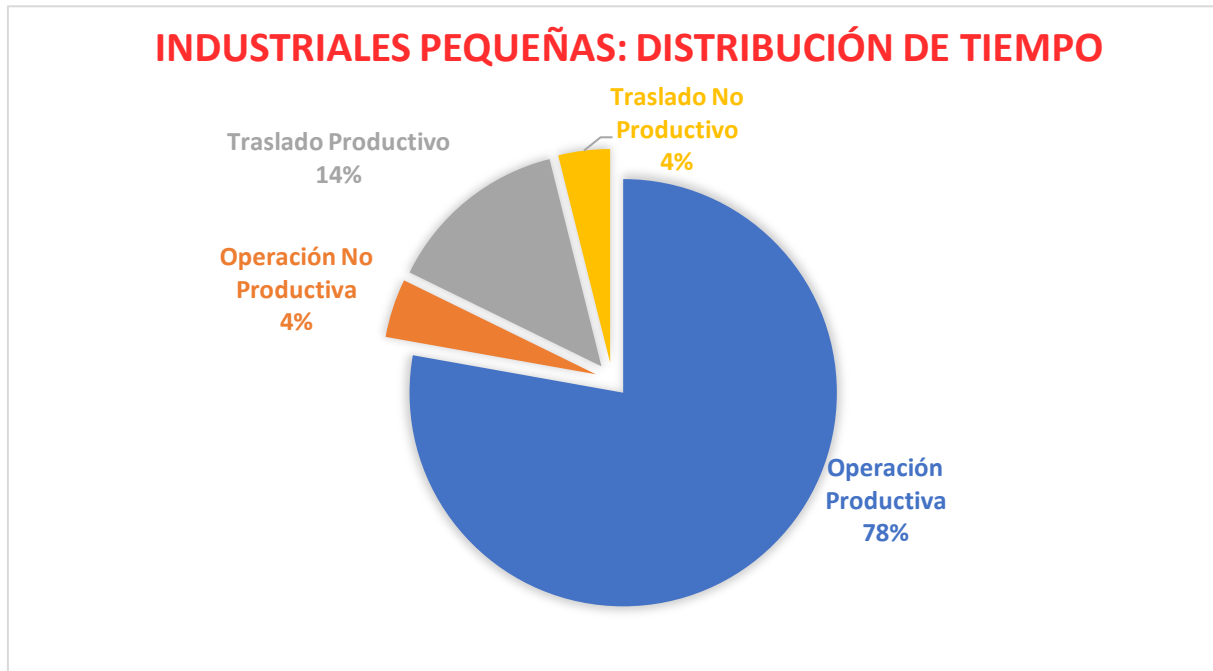


Gráfico 4.7.- Distribución de tiempo empleado por las máquinas industriales pequeñas según el tipo de tiempo.

En comparación con todas las máquinas, las máquinas industriales pequeñas tienen resultados muy similares a los obtenidos por todas las máquinas, aumentando mínimamente (1%) los “traslados no productivos”. Esto es debido a la ubicación de los puestos de trabajo de los mecánicos asignados a estas máquinas, al estar más alejados del lugar dónde se ubica el Gestor de Taller incrementan el tiempo en sus traslados.

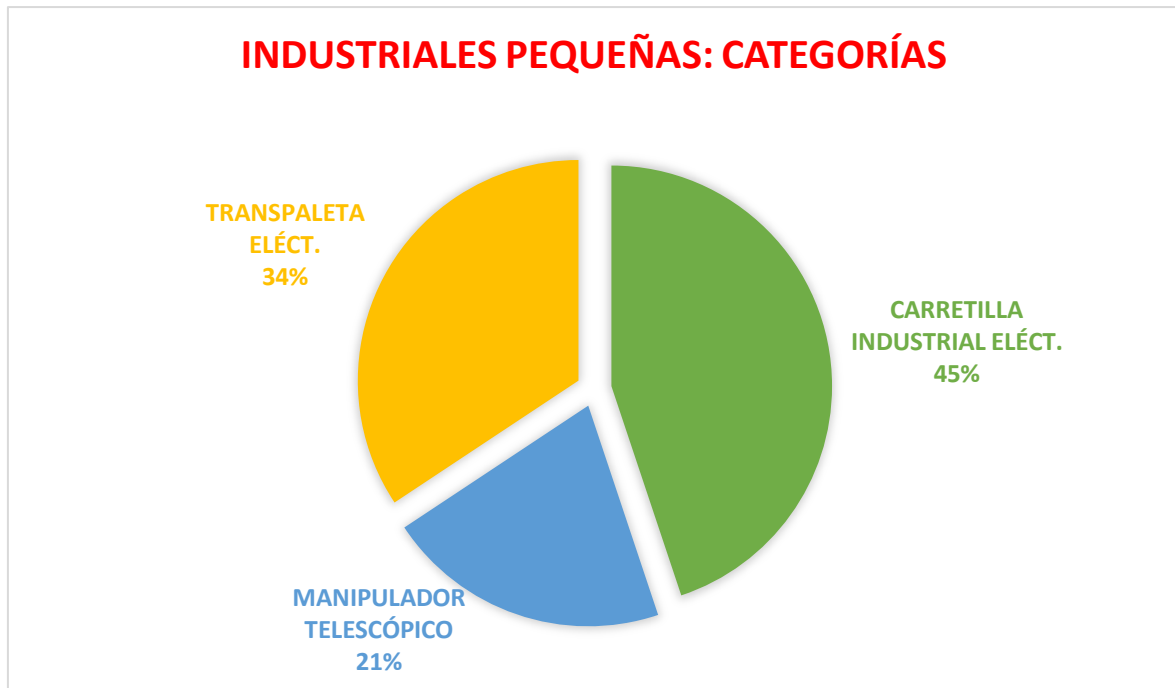


Gráfico 4.8.- Distribución del tiempo por categorías de las máquinas industriales pequeñas.

La mayor parte del tiempo invertido por los mecánicos de máquinas industriales pequeñas se corresponde a carretillas industriales eléctricas y transpaletas eléctricas, dos tipos de máquinas con una alta rotación en el taller que necesitan poco tiempo en efectuar las tareas de revisión de defectos y *checklist*.

INDUSTRIALES PEQUEÑAS: DISTRIBUCIÓN DE TAREAS

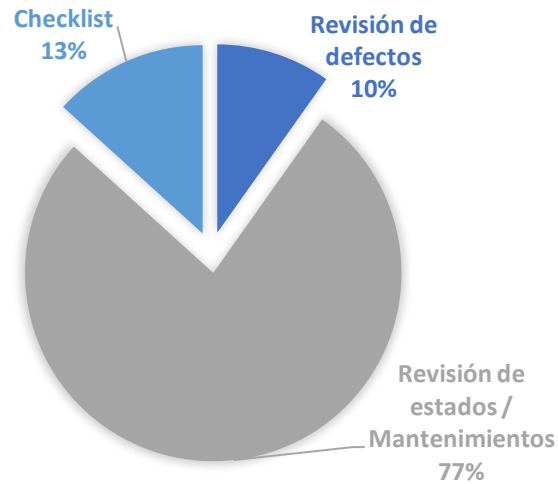


Gráfico 4.9.- Distribución del tiempo según las tareas realizadas de las máquinas industriales pequeñas.

La maquinaria “industrial pequeña” requiere menos tiempo en efectuar la revisión de defectos y el *checklist* al tener que acometer menos comprobaciones en dichos procesos, lo que aumenta el porcentaje de tiempo utilizado en llevar a cabo la revisión de estados y los mantenimientos correspondientes.

4.2.4.- Resultados circunscritos a los grupos electrógenos

Los resultados obtenidos considerando únicamente los grupos electrógenos (divididos en menores de 110 KVAs, entre 120 y 650 KVAs y mayores de 725 KVAs) aparecen recogidos en la Tabla 4.5.- Resultados estudio de tiempo para los grupos electrógenos..

	Op P	Op NP	T P	T NP	Op	T	P	NP	TOTAL
ELECTRÓGENOS	89.14	6.74	19.85	4.83	95.88	24.68	108.99	11.57	120.56
Revisión de defectos	9.63	1.91	1.05	2.12	11.54	3.17	10.68	4.03	14.71
Revisión de estados	65.24	1.92	9.81	2.71	67.16	12.52	75.05	4.63	79.68
Checklist	14.27	2.91	8.99	0	17.18	8.99	23.26	2.91	26.17
<110KVAs	14.56	1.69	4.31	0.82	16.25	5.13	18.87	2.51	21.38
Revisión de defectos	2.46	0.52	0.25	0.55	2.98	0.8	2.71	1.07	3.78
Revisión de estados	7.4	0.23	1.11	0.27	7.63	1.38	8.51	0.5	9.01
Checklist	4.7	0.94	2.95	0	5.64	2.95	7.65	0.94	8.59
120-650 KVAs	38.01	2.39	7.33	1.94	40.4	9.27	45.34	4.33	49.67
Revisión de defectos	4.14	0.67	0.43	0.8	4.81	1.23	4.57	1.47	6.04
Revisión de estados	29.5	0.76	3.97	1.14	30.26	5.11	33.47	1.9	35.37
Checklist	4.37	0.96	2.93	0	5.33	2.93	7.3	0.96	8.26
>725KVAs	36.57	2.66	8.21	2.07	39.23	10.28	44.78	4.73	49.51
Revisión de defectos	3.03	0.72	0.37	0.77	3.75	1.14	3.4	1.49	4.89
Revisión de estados	28.34	0.93	4.73	1.3	29.27	6.03	33.07	2.23	35.3
Checklist	5.2	1.01	3.11	0	6.21	3.11	8.31	1.01	9.32

Tabla 4.5.- Resultados estudio de tiempo para los grupos electrógenos.

Los grupos electrógenos precisan de mecánicos especializados en este tipo de maquinaria. Estos empleados especializados en energía han representado 120.56 horas del total de horas de estudio recopiladas.

De la Tabla 4.5 se han obtenido los siguientes gráficos:

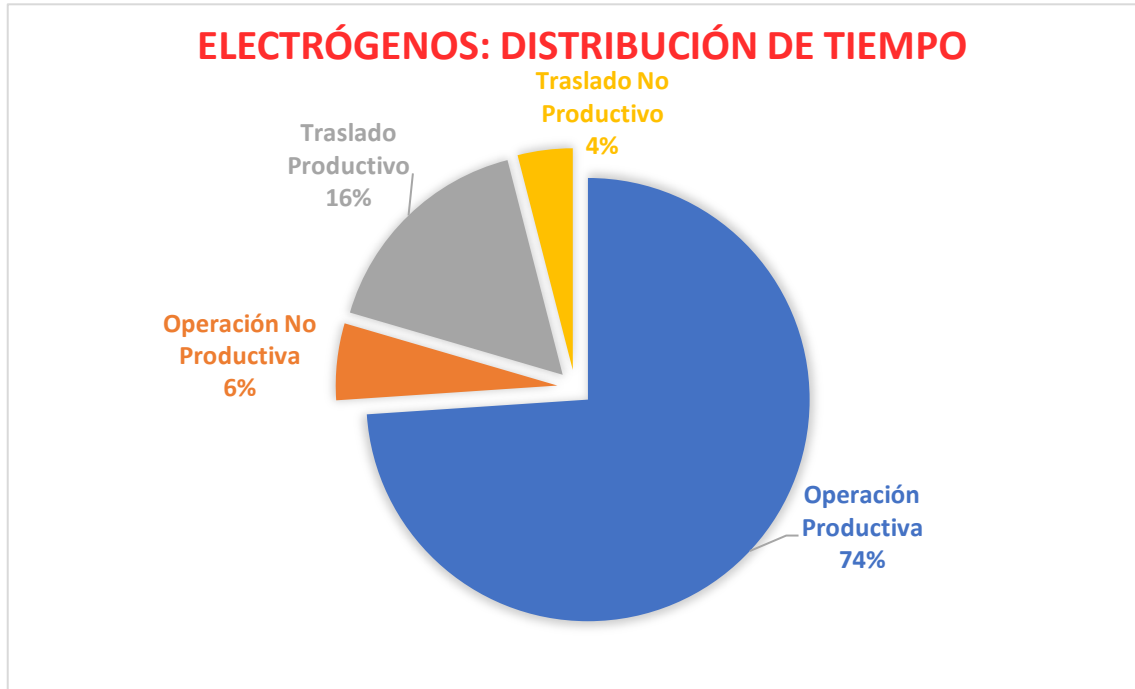


Gráfico 4.10.- Distribución de tiempo empleado por los grupos electrógenos según el tipo de tiempo.

Los grupos electrógenos no suelen precisar de mantenimientos correctivos que requieran una gran cantidad de tiempo en comparación con otro tipo de maquinaria, esto conlleva que el tiempo dedicado a desempeñar operaciones productivas descienda considerablemente incrementando las tareas no productivas hasta el 10%.

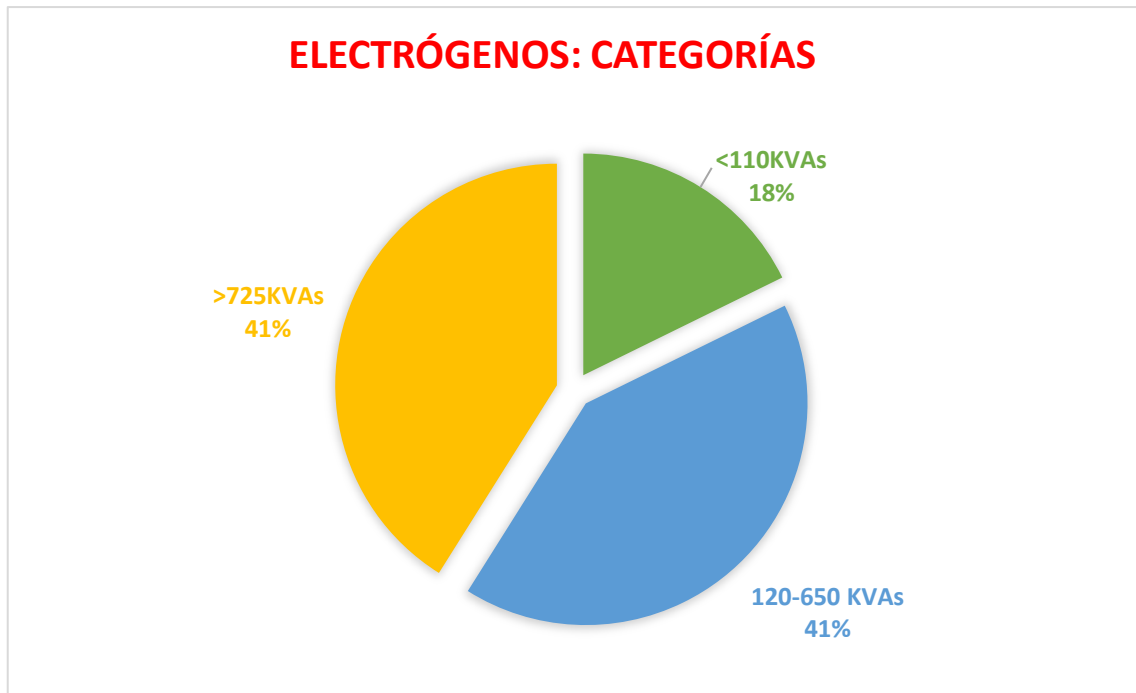


Gráfico 4.11.- Distribución del tiempo por categorías de los grupos electrógenos.

La mayor parte del tiempo estudiado en grupos electrógenos se ha invertido en potencias superiores a los 120 KVAs, únicamente menos de un 20% está reservado a potencias inferiores a esa.

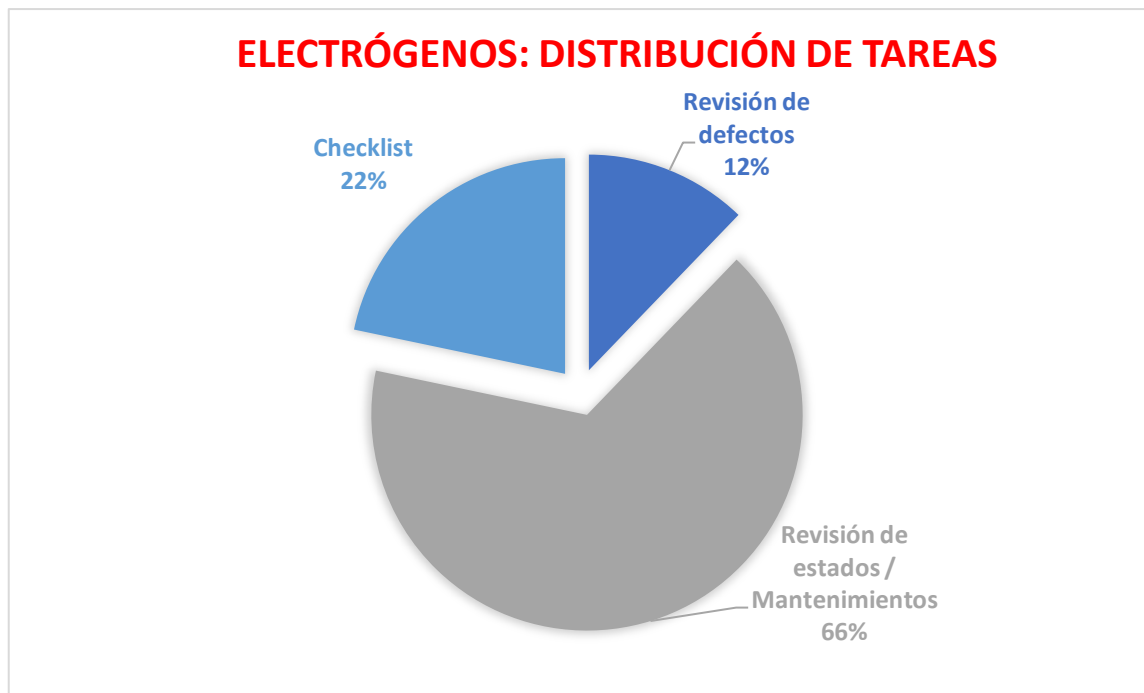


Gráfico 4.12.- Distribución del tiempo según las tareas realizadas de los grupos electrógenos.

Al igual que con la distribución de tareas, la disminución del tiempo requerido en desempeñar mantenimientos correctivos, ocasiona un aumento considerable en el porcentaje de tiempo utilizado en grupos electrógenos para llevar a cabo la revisión de defectos y el *checklist*.

4.3.- CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas del análisis de los resultados del estudio de tiempos son las siguientes:

- GAM ya conocía con anterioridad a este estudio gracias al sistema SAP, el porcentaje de tiempo que precisa cada tipo de maquinaria del total de horas que dura una jornada laboral. Por eso el número de mecánicos especializados en cada tipo de máquina se encuentra adaptado a ello.
- GAM no conocía el porcentaje de tiempo que utilizan los mecánicos en cada una de las tres tareas posibles asignadas a una máquina. Además, tampoco conocía a cuánto asciende los intervalos de tiempo productivos o no productivos. Tampoco se conocía el porcentaje de tiempo dedicado a operaciones o a traslados.
- Únicamente el 93% del tiempo invertido por los mecánicos del taller de GAM se destina a actividades productivas lo que resulta en un desaprovecho del 7% del tiempo. La implementación de la app lograría aumentar ese porcentaje lo más cercano al 100%, lo que supondría un aumento muy significativo en la productividad de cada empleado. Haciendo un símil con la jornada laboral de un trabajador normal, la implementación de la app supondría que 0.56 horas diarias (2.8 horas semanales) que actualmente se destinan a tareas innecesarias pasarían a ser totalmente productivas.
- Aproximadamente una de cada cuatro horas estudiadas es empleada en efectuar algún tipo de tarea en plataformas articuladas de más de 26 metros, siendo este tipo de máquina el que tiene la mayor rotación en el taller de todos los tipos estudiados.
- Un tercio del tiempo total utilizado por los mecánicos en el taller se corresponde con las plataformas articuladas de cualquier tamaño. Es importante optimizar los procesos para este tipo de maquinaria frente a otros, ya que un aumento de la productividad en los valores de plataformas articuladas supone un mayor aumento en la productividad total. Para el diseño de la app se debe tomar como punto de partida los procedimientos estudiados para este tipo de maquinaria al suponer las

plataformas articuladas un gran porcentaje del volumen de tiempo empleado por los mecánicos en el taller.

- Los tiempos de traslado son ampliamente superiores cuando se precisa trasladar la máquina de una zona a otra frente a la circulación única del mecánico, esto es debido a las limitaciones y la gran dificultad que implican el traslado de las máquinas de un punto a otro del taller.
- Las tareas de *checklist* de seguridad no presentan tiempo de traslado no productivo. Todos los traslados que se ejecutan mientras se lleva a cabo un *checklist* son imprescindibles, resulta imposible disminuir el tiempo invertido en llevar a efecto los traslados en *checklist* de seguridad por muy alto nivel de digitalización que se consiga en la empresa, esto implica que la implementación de la app no supondría ninguna mejora en este aspecto.
- La gran cantidad de tareas efectuadas y tiempo invertido en el grupo de máquinas industriales grandes conlleva que posean una gran influencia sobre los resultados generales.
- Los mecánicos asignados a máquinas industriales pequeñas presentan su puesto de trabajo en un lugar del taller más alejado de la zona donde se ubica el Gestor de Taller frente a los demás mecánicos, por lo que presentan traslados no productivos más elevados. La influencia en la ubicación de los puestos del taller es visible en los resultados, pero en baja proporciones, por lo que no es un dato muy relevante.
- Los grupos electrógenos presentan mantenimientos correctivos de menor duración respecto a otras máquinas, disminuyendo el tiempo que se precisa en poner la máquina disponible para otro alquiler. La implementación de la app lograría disminuir notablemente el tiempo que debe pasar un grupo electrógeno en el taller antes de estar otra vez disponible para un nuevo alquiler.

5. Análisis de productividad

5.1.- PROCEDIMIENTO

Para llevar a cabo el análisis de productividad se han calculado cuatro tipos de productividades según los resultados hallados en el estudio de tiempos. Las productividades son las siguientes:

- Productividad total (“PROD. TOTAL”)⁶ : Es el resultado de dividir la suma de las operaciones productivas y los traslados que se consideran productivos (traslados obligatorios) entre el total de tiempo calculado:

$$Prod. total (\%) = \frac{Operación\ productiva + Traslado\ productivo}{Total} * 100 \quad (5.1)$$

- Productividad operacional (“PROD. OPER.”): Se calcula dividiendo el tiempo de operaciones productivas entre el total de operaciones:

$$Prod. operacional (\%) = \frac{Operación\ productiva}{Total\ operaciones} * 100 \quad (5.2)$$

- Productividad de los traslados (“PROD. TRASL.”): Se calcula dividiendo el tiempo de los traslados productivos (obligatorios) entre el total de tiempo de los traslados (tanto necesarios como prescindibles):

$$Prod. traslados (\%) = \frac{Traslado\ productivo}{Total\ traslados} * 100 \quad (5.3)$$

- Productividad de Valor Generado (“PROD. VG”): Representa la productividad que indica el porcentaje de tiempo que se ha precisado en llevar a efecto operaciones que añaden valor añadido a la máquina, se calcula dividiendo el tiempo utilizado en acometer operaciones productivas entre el total de tiempo analizado.

$$Prod. VG (\%) = \frac{Operación\ productiva}{Total} * 100 \quad (5.4)$$

⁶ Se utilizarán las abreviaturas de cada productividad a la hora de visualizar éstas en las posteriores tablas.

5.2.- RESULTADOS

Hay que tener claro desde el principio que es primordial saber interpretar los resultados. Un valor bajo de productividad no tiene que llevar consigo una elevada cantidad de tiempo real no productivo. A su vez, si una actividad se ha prolongado durante bastante tiempo en su ejecución tendrá una productividad alta pese a que pueda conllevar una gran cantidad de tiempo no productivo. Este estudio compara la cantidad de tiempo productivo en un tipo de actividad y/o tipo de máquina con el tiempo no productivo en este, pero estas cantidades varían mucho según lo que se esté estudiando en ese momento. Por ejemplo, una actividad cuyo tiempo total ha sido de 10 horas y su productividad total de un 90% significa que el tiempo no productivo es de 1 hora; en cambio, una actividad de 30 minutos a un 50% de productividad conlleva únicamente 15 minutos de tiempo no productivo.

Por eso es también muy importante interpretar las razones de las productividades bajas para poder sacar conclusiones al respecto. El objetivo de este estudio es conocer que tipos de actividad y de máquinas notarán más mejoría si conseguimos optimizar los procesos en el taller, siendo estos los que presenten valores más bajos de productividad.

Los resultados de las productividades se han obtenido a través de los resultados del estudio de tiempo reflejados en las tablas Tabla 4.1, Tabla 4.2, Tabla 4.3, Tabla 4.4 y Tabla 4.5.

5.2.1.- Resultados generales

De manera general, los resultados obtenidos son los siguientes::

	PROD. TOTAL	PROD. OPER.	PROD. TRASL.	PROD. VG
TOTAL	92,0%	94,6%	79,4%	78,5%
Revisión de defectos	72,1%	82,7%	32,4%	65,3%
Revisión de estados	95,1%	97,7%	77,6%	85,2%
Checklist	89,1%	83,3%	100,0%	54,2%

Tabla 5.1.- Resultados del estudio de productividad: Diferenciación por grupo de máquina.

La productividad total asciende a un 92%, un número bastante elevado incluso llegando a superar el 95% en el caso de efectuar una tarea de revisión de estados y mantenimientos. La productividad operacional es un par de puntos superior a la productividad total llegando al 97.7% en las revisiones de estados. Para el caso de las tareas de revisión de defectos, la productividad total se reduce a un 72.1% debido a la baja productividad de sus traslados, actualmente no supera el 32.4%.

Tal y como se ha apreciado en el apartado 4.2.1.-, todos los traslados de la revisión de defectos son imprescindibles por lo que la productividad de estos es de un 100%.

La productividad de Valor Generado se encuentra en un 78.5%, siendo superior a un 85% en el caso de la revisión de estados y encontrándose por debajo del 55% para el caso de las tareas de *checklist*.

	PROD. TOTAL	PROD. OPER.	PROD. TRASL.	PROD. VG
TOTAL	92,0%	94,6%	79,4%	78,5%
Revisión de defectos	92,7%	95,1%	80,1%	80,2%
Revisión de estados	91,7%	94,6%	78,0%	77,8%
Checklist	90,4%	93,0%	80,4%	73,9%

Tabla 5.2.- Resultados del estudio de productividad. Diferenciación por tipo de tarea .

Atendiendo a la distinción de tipo de máquina, todas las productividades se encuentran en torno a la media excepto en el caso de la productividad de valor generado dónde existen hasta casi 7 puntos de diferencia entre las máquinas industriales grandes (80.2%) y los grupos electrógenos (73.9%).

5.2.2.- Resultados circunscritos a las máquinas industriales grandes

Los resultados obtenidos considerando únicamente las máquinas industriales grandes son los siguientes:

	PROD. TOTAL	PROD. OPER.	PROD. TRASL.	PROD. VG
INDUSTRIALES GRANDES	92,7%	95,1%	80,1%	80,2%
Revisión de defectos	72,0%	82,6%	32,0%	65,3%
Revisión de estados	95,7%	98,0%	77,7%	87,0%
<i>Checklist</i>	89,1%	83,2%	100,0%	54,3%
Plat. Articul. >26m	92,8%	95,2%	79,4%	80,4%
Revisión de defectos	70,9%	81,5%	31,2%	64,3%
Revisión de estados	95,7%	98,0%	78,7%	86,3%
<i>Checklist</i>	89,1%	83,5%	100,0%	55,1%
Plat. Articul. <26 m	92,7%	95,1%	80,1%	79,9%
Revisión de defectos	70,6%	81,6%	31,7%	63,5%
Revisión de estados	95,5%	97,9%	77,8%	86,3%
<i>Checklist</i>	89,1%	83,3%	100,0%	54,4%
Tijeras diésel	92,8%	95,0%	80,6%	80,4%
Revisión de defectos	74,2%	84,1%	32,8%	67,8%
Revisión de estados	96,1%	98,3%	76,8%	88,4%
<i>Checklist</i>	89,1%	83,1%	100,0%	53,8%

Tabla 5.3.- Productividad. Industriales grandes.

En términos de productividad total no hay distinción entre plataformas articuladas de más de 26 metros, plataformas articuladas de menos de 26 metros o tijeras diésel. Ambas tres presentan valores muy similares por encima del 92%. En cambio, si entramos a valorar únicamente las tareas de “revisión de defectos” la productividad total de las tijeras diésel es aproximadamente un 4% superior frente a ambos tipos de plataformas articuladas.

5.2.3.- Resultados circunscritos a la máquinas industriales pequeñas

Los resultados obtenidos considerando únicamente las máquinas industriales pequeñas son los siguientes:

	PROD. TOTAL	PROD. OPER.	PROD. TRASL.	PROD. VG
INDUSTRIALES PEQUEÑAS	91,7%	94,6%	78,0%	77,8%
Revisión de defectos	72,0%	82,5%	32,5%	65,2%
Revisión de estados	94,6%	97,5%	77,1%	83,5%
<i>Checklist</i>	89,3%	83,5%	100,0%	54,0%
Carretillas eléct. industriales	90,6%	93,8%	75,6%	77,4%
Revisión de defectos	71,9%	82,2%	32,5%	65,1%
Revisión de estados	94,8%	97,7%	75,9%	84,7%
<i>Checklist</i>	88,7%	82,5%	100,0%	53,4%
Manipuladores telescópicos	91,5%	94,1%	80,0%	76,3%
Revisión de defectos	72,3%	82,9%	31,8%	65,7%
Revisión de estados	94,4%	97,3%	78,0%	82,8%
<i>Checklist</i>	89,3%	83,2%	100,0%	53,2%
Transpaletas eléctricas	93,1%	95,9%	79,8%	79,3%
Revisión de defectos	72,4%	83,3%	33,7%	64,9%
Revisión de estados	94,3%	97,3%	77,9%	82,6%
<i>Checklist</i>	90,7%	85,7%	100,0%	56,0%

Tabla 5.4.- Resultados estudio de productividad. Industriales pequeñas.

Dentro de las máquinas industriales pequeñas, todos los tipos de máquinas presentan una productividad total superior a un 90%. Las carretillas eléctricas poseen valores de productividad total y de traslado bastante inferiores a las demás debido a que los traslados productivos para este tipo de máquina requieren de menos tiempo para su desempeño.

5.2.4.- Resultados circunscritos a los grupos electrógenos

Los resultados obtenidos considerando únicamente los grupos electrógenos son los siguientes:

	PROD. TOTAL	PROD. OPER.	PROD. TRASL.	PROD. VG
INDUSTRIALES PEQUEÑAS	90,4%	93,0%	80,4%	73,9%
Revisión de defectos	72,6%	83,4%	33,1%	65,5%
Revisión de estados	94,2%	97,1%	78,4%	81,9%
<i>Checklist</i>	88,9%	83,1%	100,0%	54,5%
<110KVAs	88,3%	89,6%	84,0%	68,1%
Revisión de defectos	71,7%	82,6%	31,3%	65,1%
Revisión de estados	94,5%	97,0%	80,4%	82,1%
<i>Checklist</i>	89,1%	83,3%	100,0%	54,7%
120-650 KVAs	91,3%	94,1%	79,1%	76,5%
Revisión de defectos	75,7%	86,1%	35,0%	68,5%
Revisión de estados	94,6%	97,5%	77,7%	83,4%
<i>Checklist</i>	88,4%	82,0%	100,0%	52,9%
>725KVAs	90,4%	93,2%	79,9%	73,9%
Revisión de defectos	69,5%	80,8%	32,5%	62,0%
Revisión de estados	93,7%	96,8%	78,4%	80,3%
<i>Checklist</i>	89,2%	83,7%	100,0%	55,8%

Tabla 5.5.- Resultados estudio de productividad para los grupos electrógenos.

Según los datos proporcionados por la tabla anterior podemos apreciar que todos los valores de productividades para la revisión de estados y para el *checklist* son muy similares para grupos electrógenos de 120-650 KVAs y >725 KVAs.

Los grupos electrógenos de potencia inferior a 110 KVAs representan el único grupo de máquinas cuya productividad total y operacional es inferior al 90%. La razón de estas productividades tan bajas residen en la rapidez con la que se efectúan las labores de revisión (tanto de defectos o de estado) y mantenimientos (tanto correctivos como preventivos) en este tipo de máquinas. En cambio, su productividad de traslado es bastante superior a los otros dos grupos electrógenos debido a una razón que no ha podido ser determinada.

5.3.- CONCLUSIONES

- La productividad del tiempo empleado por los mecánicos en el taller supera el 90% lo que es un porcentaje bastante alto, incluso llegando al 95% en el caso de la ejecución de una revisión de estados, un número muy elevado difícil de mejorar para este tipo de tareas.
- La productividad del tiempo empleado en efectuar traslados para tareas de revisión de defectos es de aproximadamente un 32% lo que es un dato totalmente inaceptable para una empresa de gran calibre como es GAM. Este dato quiere decir que, por cada minuto empleado en hacer algún desplazamiento necesario, se han utilizado dos en traslados innecesarios.
- La productividad operacional es más elevada en las tareas de “revisión de estados / mantenimientos” frente a “la revisión de defectos” y “el *checklist* de seguridad”. El tiempo empleado por el mecánico en interactuar con su terminal de SAP es similar para las tres operaciones, en cambio, los procesos productivos de la “revisión de estados” precisan mucho más tiempo para su ejecución (debido al gran número de OTs que se encuentran dentro de ella) frente a las otras dos.
- La productividad de Valor Generado de las tareas de “*checklist* de seguridad” es muy baja, aproximadamente de un 54%. En este tipo de tareas los traslados son lentos, las revisiones conllevan pocos componentes y los mantenimientos a llevar a cabo son rápidos disminuyendo considerablemente la productividad de Valor Generado. Hay que recordar que, aunque todos los traslados de los “*checklist*” son productivos, éstos no generan ningún valor añadido a la máquina.
- La productividad de traslados de los “*checklist*” asciende al 100%, es decir que todos los traslados son imprescindibles por lo que es imposible mejorar este aspecto mediante la digitalización del proceso.
- La productividad total no presenta casi variaciones según el tipo de maquinaria. Como consecuencia, no hay que tener en cuenta este tipo de división en la búsqueda de soluciones ni en el desarrollo de la *app* .

- La productividad del tiempo invertido en ejecutar traslados es superior para máquinas “industriales grandes” y “electrógenos” frente a las “industriales pequeñas” ya que se necesita más tiempo para trasladar las máquinas según sean más grandes, lo que se traduce en un aumento del tiempo de traslados productivo.
- Los grupos electrógenos presentan una productividad de Valor Generado inferior a otros grupos de máquinas ya que sus operaciones que generan un valor añadido tienen una duración inferior.
- Dentro de las máquinas “industriales grandes”, la productividad de todas ellas es bastante similar para todos los valores analizados. Si tenemos en cuenta la revisión de defectos, la productividad operacional es bastante superior para el caso de tijeras diésel ya que están precisando más comprobaciones mientras se lleva a cabo una tarea de este tipo.
- Dentro de las máquinas “industriales pequeñas”, la productividad del tiempo invertido en los traslados de las carretillas eléctricas es bastante bajo ya que son máquinas bastante rápidas y manejables a la hora de desplazarse por el taller.
- Dentro de los grupos electrógenos, todas las productividades asociadas a potencias de 120-650 KVAs y >725 KVAs no difieren en más de un 3% por lo que se podrían agrupar a la hora de acometer futuros estudios de ellos.
- Los grupos electrógenos de potencias inferiores a 110 KVAs presentan una productividad total, operacional y de Valor Generado bastante inferior a los otros grupos electrógenos debido a que todas las operaciones productivas que se ejecutan en éstos son bastante rápidas en su ejecución. En cambio, la productividad de los traslados es superior a la media en un 5%, a priori, este dato es totalmente incongruente ya que en un principio los grupos electrógenos de menor potencia deberían presentar un valor de la productividad en los traslados inferior a la media ya que son menos complicados de transportar y eso conlleva un ahorro de tiempo considerable. No hay sido posible hallar la razón de esta incongruencia.

6. Metodología propuesta para el taller de GAM

6.1.- NUEVA LABOR PARTICIPANTES

En esta nueva propuesta de funcionamiento para el taller los tres participantes de GAM no varían (Logística Interna, Gestor de Taller y mecánicos), en cambio, si varían sus funciones. Estas son las siguientes:

- El departamento de Logística Interna: No altera su función dentro del taller. Tal y como se indicó en el apartado 3.1.1.-es el encargado de decidir la prioridad de las tareas a efectuar en las máquinas. Ya no será necesario que comunique al Gestor de Taller las novedades ya que el trasvase de información será a través del sistema SAP.
- Gestor de Taller: En esta nueva organización del taller únicamente tiene la función de asignar las tareas a cada mecánico. Con esta distribución del taller no es necesario que ejerza de nexo de unión entre el departamento de Logística Interna y los mecánicos ya que este proceso se llevará íntegramente a través del sistema SAP. Además, no será necesario que se desplace a las máquinas para tomar las fotografías necesarias ya que esta atribución pasará a ser del mecánico.
- Mecánico: Su función principal en el taller continúa siendo llevar a efecto las tareas asignadas en las máquinas. En este nuevo modelo de funcionamiento utilizan el sistema SAP para comunicarse con el Gestor de Taller o el departamento de Logística Interna. Como se indicó en el punto anterior, deberá tomar las fotos necesarias antes de la entrega de una máquina a un cliente.

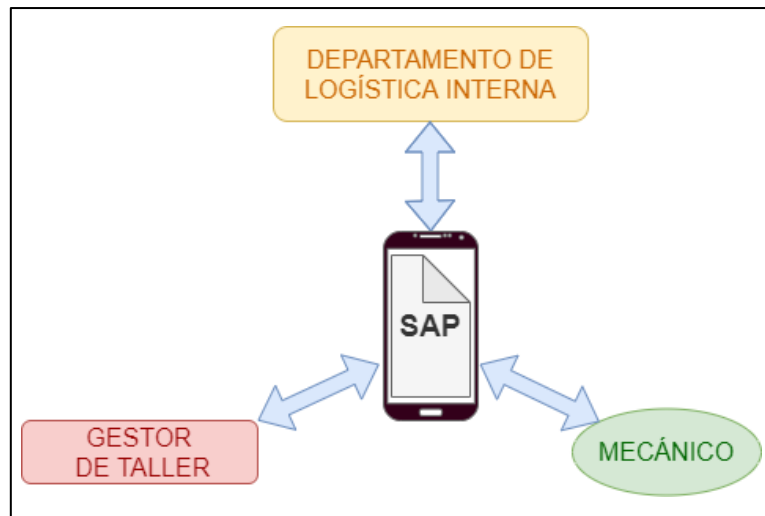


Figura 6.1.- Flujo de información en el taller propuesto.

6.2.- METODOLOGÍA GENERAL

El sistema propuesto para el taller de GAM sigue los mismos tres pasos generales que existían para el sistema antiguo de trabajo, pero variando la forma de ejecución para cada uno de ellos. Estos tres pasos son los siguientes:

- Llegada de la máquina tras el alquiler.
- Subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos.
- Salida de la máquina al alquiler.

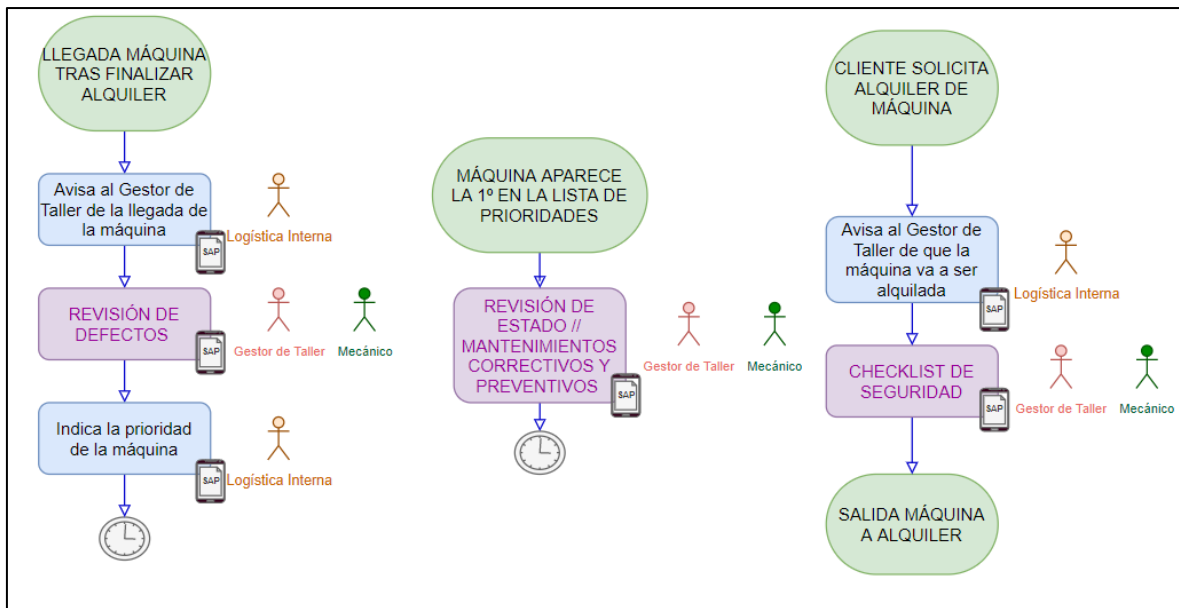


Figura 6.2.- Diagrama de bloques del funcionamiento propuesto para el taller en GAM.

Si se compara el diagrama de bloques del funcionamiento del taller de GAM para el sistema antiguo (Figura 3.2) con el sistema propuesto (Figura 6.2) se aprecia que la única diferencia visible se encuentra en la utilización de la aplicación móvil de SAP para la mayoría de procesos; en cambio, la forma de ejecución dividida en tres pasos generales no ha variado.

6.2.1.- Llegada de la máquina tras el alquiler

En el momento en que el período de alquiler de una máquina llega a su fin, el cliente debe hacer entrega de la máquina en las instalaciones de GAM. Cuando esto ocurre, el encargado del departamento de Logística Interna debe introducir la llegada de la máquina en el sistema SAP para que pase a formar parte del “listado de máquinas pendientes de revisión de defectos”.

Dicho listado contiene todas las máquinas que se encuentran actualmente en la sede de GAM sin que todavía no se haya efectuado la revisión necesaria a su llegada. El Gestor de Taller recibe en su portal de SAP la actualización de la “lista de máquinas pendientes de revisión de defectos” con la nueva máquina y asigna a un mecánico la función de acometer dicha inspección rápida de defectos a simple vista.

Finalizada la revisión de defectos, el mecánico subirá al sistema SAP mediante la aplicación móvil el informe de incidencias registradas. El departamento de Logística Interna recibirá esa información y asignará la prioridad correspondiente para la revisión de estados.

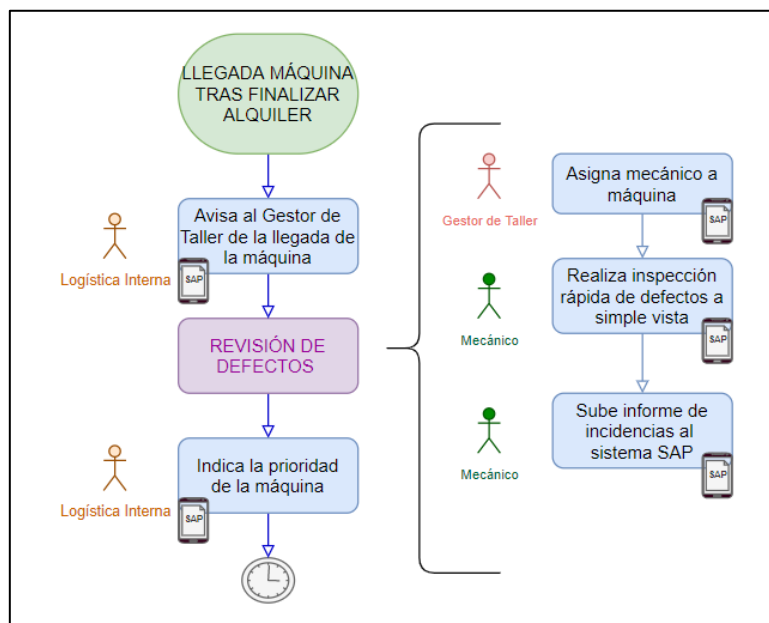


Figura 6.3.- Diagrama de bloques (metodología propuesta): Llegada de la máquina tras el alquiler.

6.2.2.- Subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos

Cuando se precisa efectuar la revisión de estados en una máquina, el Gestor de Taller creará una intervención y se la asignará a un mecánico que trasladará la máquina en cuestión a su puesto de trabajo.

Durante la revisión de estados, el mecánico actualizará la intervención según aprecie una nueva incidencia. Para esto, utilizará un formulario introducido en sistema SAP en el que únicamente tendrá que seleccionar el mantenimiento correctivo correspondiente de una lista general (el funcionamiento de este formulario se encuentra explicado más adelante en el apartado 7.2.-). Cuando la revisión de estados haya finalizado y se hayan corregido todos los defectos, el mecánico avisará al departamento de Logística Interna mediante el sistema SAP de que la máquina pasa a estar disponible para su alquiler.

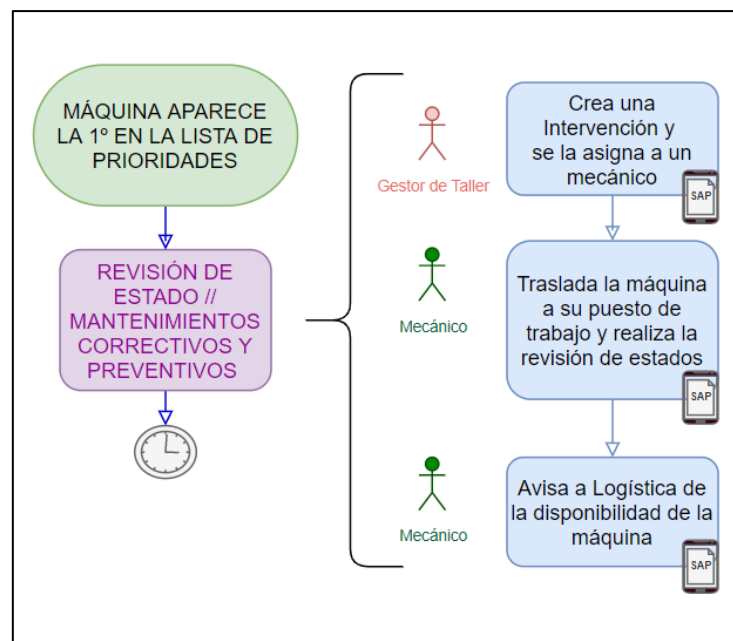


Figura 6.4.- Diagrama de bloques (metodología propuesta): Subsanación de las incidencias y realización de los mantenimientos.

6.2.3.- Salida de la máquina al alquiler

En el momento en que un cliente solicita una máquina, el departamento de Logística Interna actualiza el listado de máquinas pendientes de entrega con esa nueva solicitud. El Gestor de Taller asignará esa tarea a un mecánico; éste acometerá el *checklist* de seguridad mediante un formulario instaurado en el sistema SAP (el funcionamiento de éste se encuentra explicado en el apartado 7.3.- El operario trasladará la máquina a la zona de salida y tomará las fotografías necesarias al estado de la máquina. Por último, avisará al departamento de Logística Interna mediante el sistema SAP de que la máquina se encuentra ya lista para su entrega al cliente.

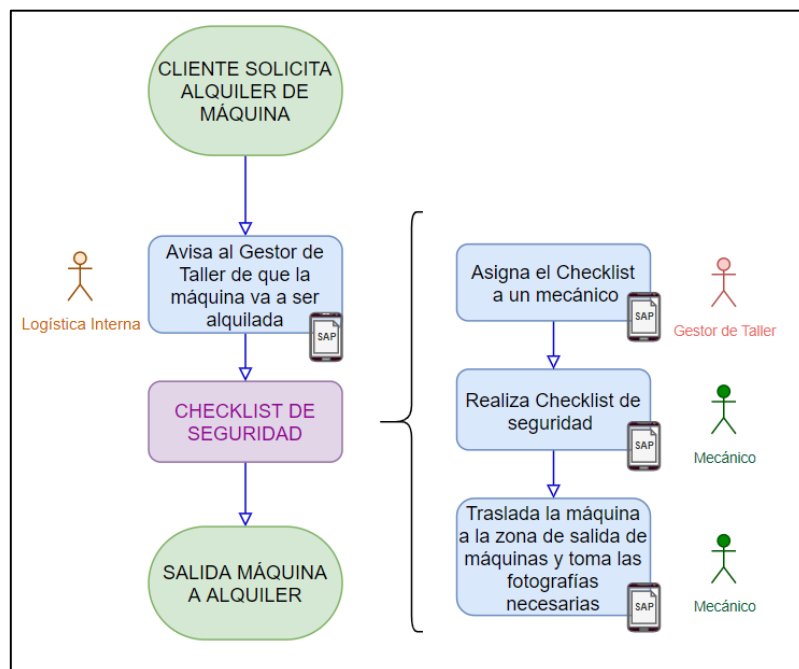


Figura 6.5.- Diagrama de bloques (metodología propuesta): Salida de la máquina al alquiler.

7. Formularios de SAP móvil

El sistema SAP actualmente implementado en GAM se basa en la interacción entre macroformularios; éstos pueden ser implementados en software Microsoft Excel y añadidos al sistema SAP.

7.1.- OBJETIVO

Un objetivo primordial de la aplicación es disminuir el tiempo empleado en introducir los mantenimientos apreciados en el sistema SAP. Tal y como se ha explicado en el apartado 3.2.2.-, actualmente es el Gestor de Taller el encargado de introducir manualmente el mantenimiento correctivo junto al tiempo correspondiente en el sistema SAP tras recibir la información del mecánico.

Para conseguir una buena mejora en este proceso se crearon diversos formularios en los que se recogen todos los mantenimientos que se puedan realizar en esa máquina junto al tiempo previsto en su realización. En este caso, el mecánico será el encargado de indicar los mantenimientos correctivos únicamente seleccionándolos de una lista. Este nuevo proceso evita todo el tiempo desaprovechado al no tener que transmitir información al Gestor de Taller, liberando a este último para otras tareas.

Además, para optimizar el tiempo necesario para llevar a cabo un *checklist* de seguridad, se implementaron formularios en los que el mecánico encargado de llevar a efecto esta tarea pudiese visualizar todos los componentes que tienen que ser revisados. Esta medida disminuye el tiempo necesario para llevar a cabo un *checklist*.

Visto estos dos últimos párrafos, para la posterior realización de la aplicación fue necesario establecer nuevos formularios que mejoran la accesibilidad del usuario en estas dos tareas:

- 1) Revisión de estados.
- 2) *Checklist* de seguridad.

7.2.- PLANTILLA DERIVADA DE REVISIÓN DE ESTADOS

Para la realización de la revisión de estados ha sido necesario implementar en Excel formularios que contengan todos los mantenimientos correctivos que puedan efectuarse en cada máquina, junto al tiempo estimado en su ejecución. GAM emplea un código para diferenciar cada tipo de máquina, incluyendo en este código todas las máquinas cuyo funcionamiento sea similar.

Para la versión *Alpha* de la aplicación se han redactado seis formularios base; estos formularios incluyen todos los mantenimientos correctivos aplicables a cada tipo de máquina, pero éstos no llevan adherido el tiempo que se precisa para su realización ya que éste varía según las posibilidades de trabajo de la máquina. Los formularios base se aplican a las siguientes máquinas:

- Grupos electrógenos.
- Manipuladores.
- Plataformas articuladas diésel.
- Tijeras diésel.
- Carretillas eléctricas.
- Transpaletas eléctricas.

Dentro de cada tipo de máquina existen numerosos modelos distintos por lo que no sería adecuado pensar que precisan el mismo tiempo en llevar a cabo el mismo mantenimiento correctivo; por ejemplo, el tiempo necesario para cambiar las ruedas en una plataforma articulada diésel de 22 metros es distinto que para una de 10 metros pese a tener la misma función. Por esta razón, dentro de cada tipo de máquina se lleva a cabo una distinción según una propiedad característica de la máquina, a ésta la denominaremos propiedad distintiva y variará según el tipo de máquina; en el ejemplo anterior, la propiedad distintiva es la altura de elevación.

7.2.1.- Código de máquina

Para la diferenciación de las máquinas dentro de GAM se utilizará un código de máquina; este código agrupará todas las máquinas de un mismo tipo, cuyo tiempo previsto en la realización de un mantenimiento correctivo es el mismo. Está compuesto por una serie de nueve caracteres, de los cuales los seis primeros se corresponden a letras y los restantes a números. Las letras indican el tipo de máquina y los números el valor de la propiedad distintiva que aplica a ese tipo de máquina. Por ejemplo: “COEEGE170” incluye todos los grupos electrógenos de valor de potencia 170 KVAS y “PLAUTD015” incluye todas las plataformas articuladas diésel de 15 metros de altura máxima.

7.2.2.- Formularios redactados derivados de la revisión de estados

Los formularios redactados son los siguientes:

- 20 para grupos electrógenos. Su propiedad distintiva es la potencia en KVAs y su código de máquina es “*COEEGE****”⁷. (En la Figura 8.1 se puede visualizar un ejemplo para este tipo de formulario)
- 31 para manipuladores. Su propiedad distintiva es la carga máxima admisible y su código de máquina es “*COMDMT****”
- 19 para plataformas articuladas diésel. Su propiedad distintiva es la altura máxima admisible y su código de máquina es “*PLAUAD****”
- 9 para tijeras diésel: Su propiedad distintiva es la altura máxima admisible y su código de máquina es “*PLAUTD****”
- 23 para carretillas eléctricas: Su propiedad distintiva es la carga máxima admisible y su código de máquina es “*INCFEL****”
- 15 para transpaletas eléctricas Su propiedad distintiva es la carga máxima admisible y su código de máquina es “*INMITE****”

⁷ Los asteriscos representan los valores numéricos característicos del código de máquina.

7.2.3.- Estructura del formulario derivado de la revisión de estados

Cada formulario está constituido por una sucesión de líneas, todas ellas asociadas al mismo código de máquina. Cada línea del formulario representa un mantenimiento correctivo junto al tiempo estimado en su realización.

Las columnas utilizadas son las siguientes:

- Tipo máquina: Incluye el código de máquina asociado a esa tipología de máquina.
- Área: Indica la función del empleado que va a realizar esa acción. En el caso de los formularios redactados para este trabajo fin de máster siempre se mostrará el valor “Mecánico”.
- Subgrupo Avería 1: Primera subdivisión en categorías del mantenimiento correctivo.
- Subgrupo Avería 2: Segunda subdivisión.
- Subgrupo Avería 3: Tercera subdivisión.
- Operación: La descripción del mantenimiento correctivo, por limitaciones con el sistema SAP tiene que ser inferior a 40 caracteres.
- Tiempo (h): El tiempo, en horas, estimado en la ejecución del mantenimiento correctivo correspondiente.

CÓDIGO	AREA	SUBGRUPO AVERIA 1	SUBGRUPO AVERIA 2	SUBGRUPO AVERIA 3	OPERACIÓN MAX 40	TIEMPO (h)
COEEGE045	MECANICO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO 500 HORAS	1.3
COEEGE045	MECANICO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO 1000 HORAS	1.8
COEEGE045	MECANICO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO 1500 HORAS	1.3
COEEGE045	MECANICO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2000 HORAS	1.8
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	C. FILTRO GASOLEO Y PURGADO DE CIRCUITO	0.3
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	C. SOPORTE FILTROS DE GASOLEO	0.3
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	C. Y LIMPIEZA DE DECANTADOR	0.3
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	VACIADO Y LIMPIEZA DE DEPOSITO	1.5
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	DEPOSITO	DEPOSITO	C. DE DEPOSITO	3.5
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	DEPOSITO	DEPOSITO	C. AFORADOR	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	DEPOSITO	DEPOSITO	C. DE LLAVE DE TRES VIAS	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	DEPOSITO	DEPOSITO	C. ENCHUFE RAPIDO DEPOSITO AUXILIAR	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	DEPOSITO	DEPOSITO	C. TAPON DEPOSITO	0.1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	INYECCION	COMPROBACION Y C. INYECTORES	2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	INYECCION	COMPROBACION Y C. BOMBA INYECTORA	2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. BOMBA PRESION COMBUSTIBLE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. BOMBA DE ALIMENTACION	0.5
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. TUBOS DE SOBRANTE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	C. FILTRO DE AIRE	0.1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO	C. SOPORTE FILTRO DE AIRE	0.2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	TURBO	C. MANGUERAS DE INTER COOLER	0.3
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	TURBO	C. INTERCOOLER	3
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. MOTOR COMPLETO	8
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. JUNTA DE CULATA	6
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. CULATA	6
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	REGLAJE VALVULAS	2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. JUNTA TAPA DE BALANCINES	0.5
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. KIT DE DISTRIBUCION	2

COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. CORREA DEL ALTERNADOR	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	REFRIGERACION	C. CORREA DEL VENTILADOR	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	REFRIGERACION	C. MOTOR ELECTRICO DE VENTILADOR	4
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	REFRIGERACION	C. VENTILADOR DE REFRIGERACION	2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. TENSOR CORREA ALTERNADOR	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. ALTERNADOR	1.5
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. MOTOR DE ARRANQUE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	TURBO	C. TURBO	1.5
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	REFRIGERACION	C. TERMOSTATO	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. JUNTA DEL CARTER	10
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	REFRIGERACION	C. FILTRO DEL REFRIGERANTE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	REFRIGERACION	C. PROTECCIONES DEL VENTILADOR	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. VASO DE EXPASION	3
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	ESCAPE	C. JUNTA COLECTOR DE ESCAPE	2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	ESCAPE	C. COLECTORES DE ESCAPE	2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	MOTOR	C. JUNTA TAPA DE DISTRIBUCION	3
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. INTERCAMBIADOR AGUA-ACEITE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. SOPORTES MOTOR (SILENT-BLOCKS)	2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	TURBO	C. TUBO DE ENGRASE DEL TURBO	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	TURBO	C. TUBO SOBRANTE DEL TURBO	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	TURBO	C. VALVULA DESCARGA DEL TURBO	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. SISTEMA DE CALDEO	2
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. BOMBA EXTRACCION DE ACEITE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	PERIFERICO	C. SISTEMA AUTOLLENADO DE ACEITE	3
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	SENSORES	C. SENSOR TEMPERATURA REFRIGERANTE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	SENSORES	C. SENSOR DE PRESION DE ACEITE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	SENSORES	C. SENSOR DE PRESION DE CARBURANTE	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	SENSORES	C. SENSOR DE NIVEL DE REFRIGERANTE	1

COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	SENSORES	C. SENSOR NIVEL FLUIDO EN BANDEJA	1
COEEGE045	MECANICO	MECÁNICA	MOTOR	SENSORES	C. SENSOR NIVEL OBSTRUCCION FILTRO	0.5
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. ALTERNADOR	10
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. AVR	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. DIODOS ALTERNADOR	5.5
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. BOBINA DE EXCITACION	5.5
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. ESTATOR	15
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. PLACA DE BORNAS	2
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. CABLES DE POTENCIA	3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. RODAMIENTOS ALTERNADOR	5.5
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ALTERNADOR	ALTERNADOR	C. TAPA TRASERA ALTERNADOR	5.5
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. SOPORTES ALTERNADOR (SILENT-BLOC)	2
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. TARJETA DE CONTROL	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	PROGRAMACION TARJETA DE CONTROL	2
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. CONECTOR DE CAN BUS	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. SETA DE EMERGENCIA	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. DIFERENCIAL	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. TOROIDAL	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. INTERRUPTOR	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. MOTORIZACION INTERRUPTOR	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. BOBINA DISPARO INTERRUPTOR	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. BORNES SALIDA DEL CUADRO	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	BATERIA	C. CARGADOR DE BATERIAS	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	BATERIA	C. BATERIAS	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	BATERIA	C. CABLE BATERIAS +	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	BATERIA	C. CABLE BATERIAS -	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	BATERIA	C. PUENTE BATERIAS	0.2
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	BATERIA	COMPROBACION NIVEL ELECTROLITO	0.2

COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. CABLEADO DE MOTOR	2.5
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. CABLEADO DE CUADRO	3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	GENERAL	C. TAPA PORTECCION DE BORNAS	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. ZETAC	1
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. LLAVIN	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. AMPERIMETRO	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. VOLTIMETRO	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. FRECUENCIOMETRO	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. RELOJ NIVEL DE GASOLEO	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. RELOJ DE TEMPERATURA DE MOTOR	0.3
COEEGE045	MECANICO	ELECTRÓNICA	ELÉCTRICA	CUADRO	C. RELOJ DE PRESION DE ACEITE	0.3
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. TECHO	5
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. TAPA TRASERA CARROCERIA (ALTERNADOR)	0.5
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. TAPA DELANTERA CARROCERIA (RADIADOR)	0.5
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. PUERTA LATERAL	0.5
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. BISAGRAS	0.5
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. CERRADURA PUERTA	0.5
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. CHASIS DEL GENERADOR	7
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. AMARRE TRANSPORTE	1
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. ARCOS DE SUJECCION	3
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. PUENTES SOPORTE (MOTOR+ALTENADOR)	2
COEEGE045	MECANICO	ESTRUCTURA	CARROCERIA	CARROCERIA	C. AIREADORES TRASEROS	4

Figura 7.1.- Formulario diseñado para grupos electrógenos de 45 KVAs de potencia.⁸

⁸ La abreviatura "C." representa la palabra *CAMBIO*, se ha utilizado esta nomenclatura para adaptarse a las limitaciones de caracteres presentes.

7.3.- PLANTILLA DERIVADA DEL *CHECKLIST* DE SEGURIDAD

Este tipo de formulario únicamente tiene la función de mostrar al usuario qué componentes de cada máquina deben ser revisados durante un *checklist* de seguridad. Al igual que para los formularios de revisión de defectos, éstos están asociados al código de máquina. En la Figura 7.2.- Formulario diseñado para carretillas eléctricas de carga máxima 1300 Kg. se puede ver un ejemplo de este formulario.

Cada línea del formulario representa un cometido a efectuar.

Las columnas utilizadas son las siguientes:

- Código: Incluye el código de máquina asociado a esa tipología de máquina.
- Operación: Incluye una descripción del componente a revisar.
- Incidencia: Está constituido por un recuadro en blanco en el que se permite la escritura; sirve para señalar la existencia de alguna incidencia en el componente.

CÓDIGO	OPERACIÓN	INCIDENCIA
INCFEL013	Fugas aceite motor	
INCFEL013	Nivel aceite motor	
INCFEL013	Estado correa alternador	
INCFEL013	Sistema de refrigeración	
INCFEL013	Nivel líquido refrigerante	
INCFEL013	Motor de tracción	
INCFEL013	Motor de dirección	
INCFEL013	Motor hidráulico	
INCFEL013	Motor de arranque	
INCFEL013	Nivel de valvulina	
INCFEL013	Ruidos anómalos	
INCFEL013	Frenada	
INCFEL013	Fugas circuito freno	
INCFEL013	Estado de las mordazas / pastillas	
INCFEL013	Nivel líquido de frenos	
INCFEL013	Fugas sistema hidráulico	
INCFEL013	Nivel aceite hidráulico	
INCFEL013	Funcionamiento distribuidor	
INCFEL013	Nivel electrodo	
INCFEL013	Estado baterías	
INCFEL013	Rodamientos	
INCFEL013	Desplazador	
INCFEL013	Sistemas de sujeción	
INCFEL013	Rótulas	
INCFEL013	Ruedas delanteras	
INCFEL013	Ruedas traseras	
INCFEL013	Rodillos delanteros	
INCFEL013	Rueda de tracción	
INCFEL013	Ruedas estabilizadoras	
INCFEL013	Sistema de alumbrado	
INCFEL013	Indicadores cuadro instrumentos	
INCFEL013	Avisadores acústicos	

Figura 7.2.- Formulario diseñado para carretillas eléctricas de carga máxima 1300 Kg.

8. Diseño de aplicación

En este apartado se exponen las características que deberían tener cada una de las *interfaces* del boceto inicial de la aplicación junto a los nexos de unión entre ellas. Tal y como se ha explicado en el apartado 1.2.- esta parte del trabajo fin de máster no ha podido ser finalizada debido a las circunstancias actuales derivadas del COVID-19.

8.1.- OBJETIVO

Como se ha enunciado en el apartado 1.2.- , el objetivo principal de la aplicación a diseñar es conseguir disminuir totalmente las operaciones y traslados que se consideran no productivos; éstos llegan a disminuir la productividad del tiempo empleado en el taller en 8 puntos llegando a reducirla a un 92%. El objetivo final de la aplicación se basa en conseguir aumentar la productividad del tiempo empleado lo máximo posible mediante una interfaz de fácil manejo para el usuario.

8.2.- BOCETO INICIAL

El boceto de aplicación que inicialmente se realizó, para que posteriormente fuera enviado a la empresa externa que se encargaría de instaurar esta aplicación, se ha basado en los siguientes pasos (En la Figura 8.1.- Diagrama de bloques del primer boceto de la aplicación. se encuentra un esquema de este sistema):

- [1]. En la primera pantalla el mecánico visualizará el listado de máquinas con alguna intervención abierta, es decir, aquellas máquinas en las que es necesario llevar a cabo una revisión de estados o un *checklist* de seguridad. Estas máquinas se encontrarán listadas según el orden de prioridad indicado por el departamento de Logística Interna en el apartado 3.1.1.-.

De esta pantalla se podrá pasar al “listado de máquinas pendientes de revisión de defectos” [2], se podrá acceder a un escáner de códigos [4] o seleccionar una máquina del listado para acceder a los datos de su intervención [5].

- [2]. En el “listado de máquinas pendientes de revisión de defectos” el mecánico visualizará todas las máquinas que han sido devueltas al taller después de un alquiler; éstas son aquellas máquinas a las que se le debe realizar una revisión de defectos. Al igual que en el punto anterior, las máquinas estarán ordenadas según los criterios expuestos en el apartado 3.1.1.-.

Desde esta pantalla, el mecánico únicamente podrá seleccionar una máquina del listado [3].

- [3]. Existe la posibilidad de escanear un código QR⁹ o introducir manualmente el código característico de cada máquina para poder acceder a la máquina directamente.

Dependiendo de la tarea que se debe realizar en la máquina analizada, esta pantalla llevará a una “revisión de defectos” [3] o a los datos de la intervención que tiene abierta en esos momentos [5].

- [4]. En el momento en el que el operario ha accedido a esta pantalla comenzará a efectuar la pertinente “revisión de defectos” a la máquina. Además, el operario introducirá por pantalla los valores de horómetro, kilometraje y gasoil junto a todas las incidencias apreciadas en esta primera revisión.

Tras la finalización, la aplicación subirá al sistema SAP los datos recogidos para que se encuentren disponibles en los datos de la intervención [FIN].

- [5]. En esta pantalla el operario visualizará los datos de la intervención que tiene abierta la máquina. En ella se encontrarán las características de la máquina y las operaciones que han sido realizadas en ésta.

Dependiendo de la actividad que haya que realizar en la máquina podremos pasar a la pantalla de revisión de estados [6] o al *checklist* de seguridad [9].

⁹ Código QR: *Quick Response code*, "código de respuesta rápida". Es la evolución del código de barras.

[6]. Esta pantalla contiene todo lo necesario para realizar la revisión de estados. En ella se podrán visualizar todos los componentes que deben ser revisados durante la revisión de estados, junto a los mantenimientos preventivos pendientes de realización; también se visualizará una lista de todas las órdenes correctivas que se hayan añadido para su posterior subsanación. Igualmente, se indicará en esta pestaña que se ha realizado alguna de las acciones de las señaladas anteriormente.

De esta pantalla se permitirá acceder a la creación de una nueva orden correctiva [7] o finalizar nuestras acciones en esta máquina [FIN].

[7]. Cuando se precise realizar un mantenimiento correctivo en la máquina, se accederá a esta pantalla; en ella encontraremos un buscador por palabras para encontrar la operación necesaria junto a un desglose por niveles de todos los mantenimientos según se ha explicado en el apartado 7.2.2.-

Si en la imputación de la orden correctiva se precisa de algún material pasaremos a la pantalla de solicitud de materiales [8]; si no es así, se volverá a la pantalla de revisión de estados [6].

[8]. Se añadirán todos los materiales y la cantidad de ellos que se necesiten escribiéndolos de forma manual en la aplicación.

Tras la solicitud, se volverá a la pantalla de revisión de estados [6]

[9]. Cuando se necesite llevar a efecto un *checklist* de seguridad en una máquina visualizaremos en esta pantalla todas las operaciones a llevar a cabo según se explica en el apartado 7.3.- . En esta pantalla también existirá la posibilidad de tomar las fotos necesarias a la máquina.

Cuando se haya realizado el *checklist* se indicará que la máquina está lista para ser entregada al cliente y se procederá a cerrar la intervención desde la aplicación [FIN]

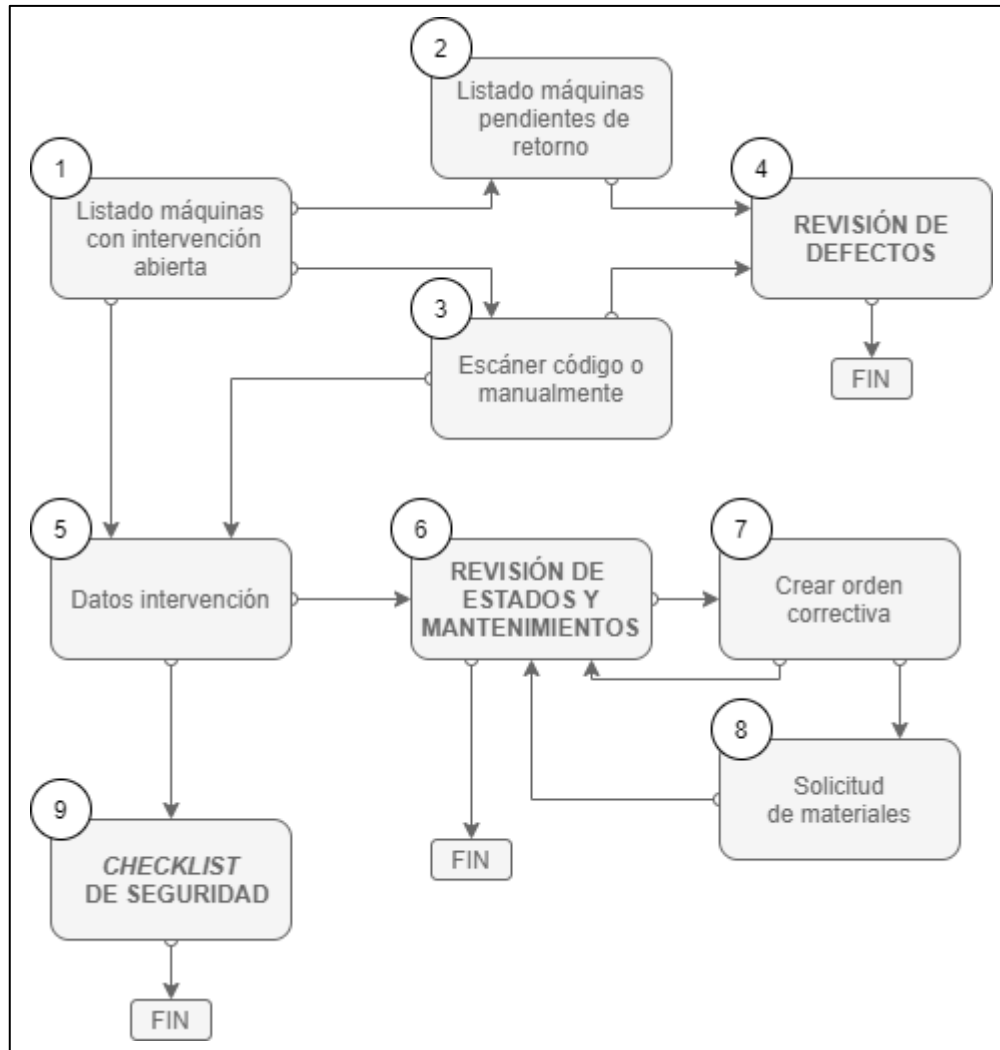


Figura 8.1.- Diagrama de bloques del primer boceto de la aplicación.

8.3.- EXPECTATIVAS DE FUTURO

Debido a las condiciones actuales derivadas del COVID-19 no se ha podido llegar a probar la eficacia de la aplicación al no llegar a ser implementada.

Si el trabajo fin de máster hubiese concurrido según su transcurso normal, el boceto anterior se habría enviado a una empresa externa que realizaría los bocetos de las pantallas necesarias para llevar la aplicación a cabo. La empresa subcontratada implementaría esa versión final escogida en sistema móvil, pudiendo realizar interacciones con el sistema SAP. La aplicación pasaría a denominarse “*App Taller Express*”. Ésta sería la versión *Alpha* de la aplicación.

9. Conclusiones

Las conclusiones que se han obtenido en este trabajo fin de máster son las siguientes:

- Se analizó la metodología de trabajo actual en el taller de GAM, diferenciando los diversos participantes de éste y la labor de cada uno de ellos en cada uno de los procesos.
- Se llevó a cabo un estudio de tiempos para examinar el tiempo invertido por los mecánicos en el taller de GAM. Además, se efectuó un análisis de los datos adquiridos obteniendo las conclusiones redactadas en el apartado 4.3.-
- Se llevó a cabo un análisis de productividad de los mecánicos del taller de GAM mediante los datos obtenidos en el estudio de tiempo. Además, se ejecutó un análisis de las productividades estudiadas obteniendo las conclusiones redactadas en el apartado 5.3.-
- Se propuso una metodología para el taller de GAM que eliminaría tiempos no productivos y aumentaría la productividad de los mecánicos.
- Se redactaron los formularios en *Microsoft Excel* para su posterior implementación en el sistema SAP que mejorarían la accesibilidad de los operarios en la aplicación móvil.
- Se diseñó el primer boceto de la versión *Alpha* de la aplicación móvil de SAP, estableciendo las relaciones entre las interfaces de la aplicación mediante un diagrama de bloques.
- No se ha conseguido el objetivo de lograr el desarrollo de la versión *Alpha* de la aplicación “*App Taller Express*” al no ser posible trabajar conjuntamente con la empresa externa. El objetivo final de este trabajo fin de máster consistía en implementar la nueva metodología propuesta en el desarrollo de este documento en el taller de GAM. Este nuevo modelo de trabajo pretendía reducir el tiempo no productivo empleado por los mecánicos de GAM logrando así aumentar los beneficios del taller.

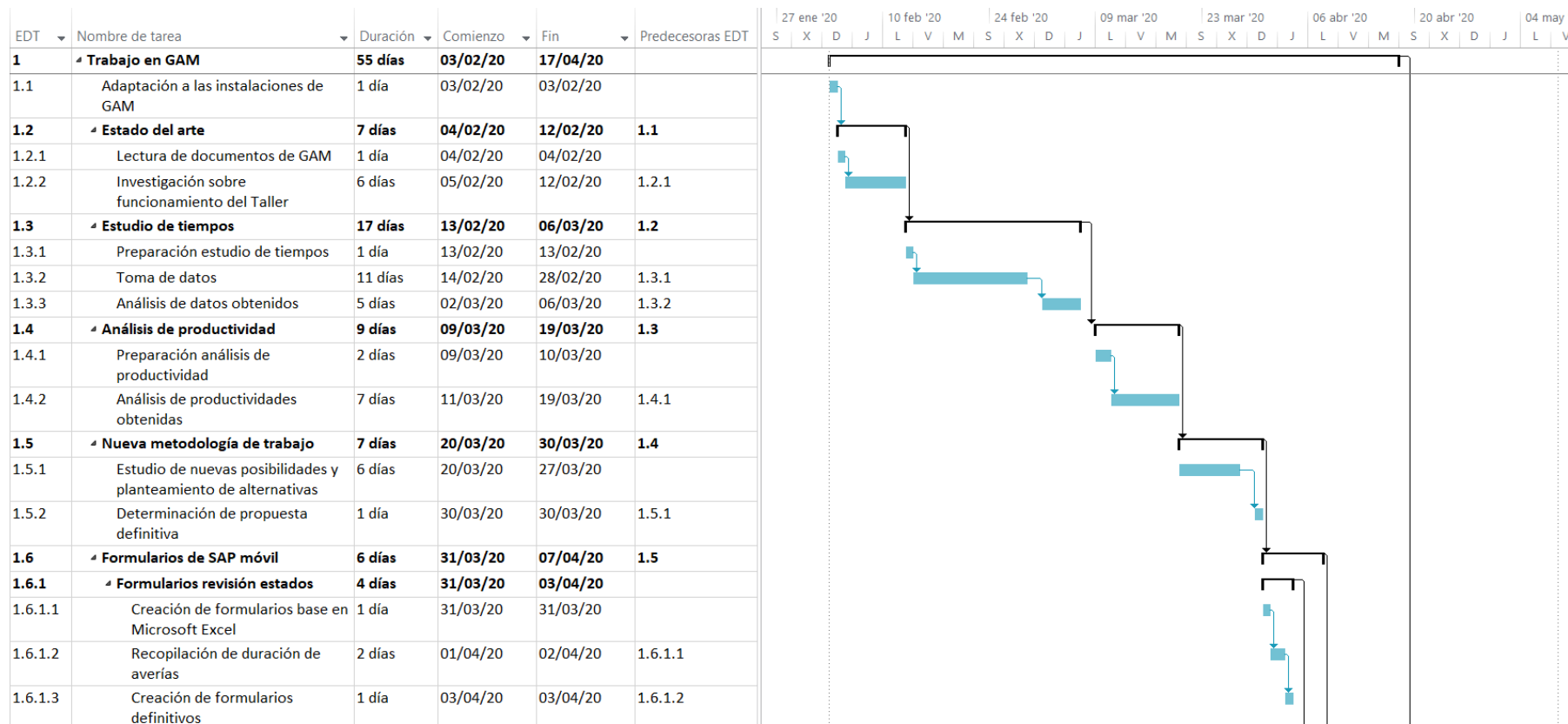
10. Líneas futuras

Las nuevas posibilidades que se abren tras la realización de este trabajo fin de máster son las siguientes:

- Efectuar un nuevo estudio de tiempos y un nuevo análisis de productividades para poder llevar a cabo una comparación con los efectuados con anterioridad a la implementación de la *app*, apartados 4. 5. . El análisis de estos resultados ayudaría a GAM en el desarrollo del sistema definitivo de trabajo en su taller, con la versión definitiva de la aplicación “*App Taller Express*”.
- A largo plazo existe la posibilidad de ampliar el uso de la aplicación “*App Taller Express*” a todos los talleres y delegaciones de GAM en el mundo.

11. Diagrama de Gantt

El reparto de tareas a lo largo del trabajo fin de máster se ha desarrollado tal y como se muestra en la siguiente figura:



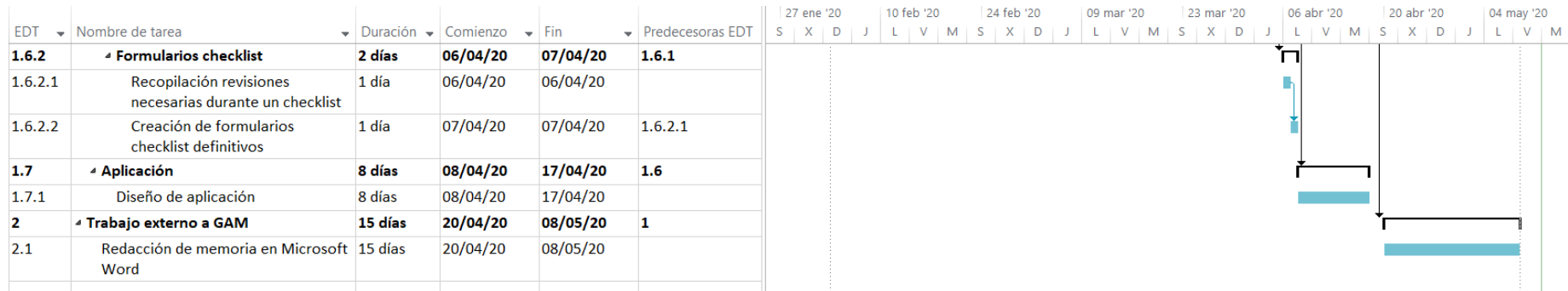


Figura 11.1.- Diagrama de Gantt, planificación del trabajo fin de máster.

El tiempo invertido en la ejecución de este trabajo fin de máster ha sido de SETENTA DÍAS. CINCUENTA Y CINCO DÍAS se han correspondido en labores dedicadas a la empresa GAM y QUINCE DÍAS se han correspondido a la redacción de esta memoria.

12. Presupuesto

12.1.- EQUIPAMIENTO

EQUIPAMIENTO			
Equipo	Nº horas/unidades	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Amortización software informático	80	1.20 €	96 €
COSTE TOTAL EQUIPAMIENTO			96 €

Tabla 12.1.- Coste total equipamiento.

12.2.- DESPLAZAMIENTOS

DESPLAZAMIENTOS			
Equipo	Tiempo (día)	€/día	Coste total (€)
Gastos y amortización vehículo propio (42 km)	55	4.00 €	220 €
Gasolina Gijón-Siero (42 km)	55	7.98 €	439 €
Tiempo invertido en desplazamientos (55 min)	55	25 €	1,375 €
COSTE TOTAL DESPLAZAMIENTOS			2,034 €

Tabla 12.2.- Coste total desplazamientos.

12.3.- PERSONAL INVESTIGADOR

PERSONAL INVESTIGADOR			
Concepto	Tiempo (día)	€/día	Total (€)
Búsqueda información	8	180 €	1,440 €
Estudio de tiempos	17	180 €	3,060 €
Análisis de productividades	9	180 €	1,620 €
Propuesta de nueva metodología	7	180 €	1,260 €
Creación de formularios Excel	6	180 €	1,080 €
Redacción de memoria	15	180 €	2,700 €
COSTE TOTAL PERSONAL INVESTIGADOR			11,160 €

Tabla 12.3.- Coste total personal investigador.

12.4.- COSTE TOTAL

COSTES TOTALES	
Concepto	Costes (€)
Coste total equipamiento	96 €
Coste total personal investigador	11,160 €
Coste total desplazamientos	2,034 €
COSTE TOTAL INVESTIGACIÓN	13,290 €

Tabla 12.4.- Coste total.

El coste total del proyecto asciende a una cantidad de TRECE MIL CON DOSCIENTOS NOVENTA EUROS.

13. Bibliografía

1. ¿Qué es la Industria 4.0? | Deloitte España [Internet]. Deloitte Spain. [citado 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html>
2. Luis Enrique Ayllón Abadía. "El impacto de la digitalización en la empresa, y cómo está afectando a las empresas del área de influencia de la UMH en sus resultados financieros". Trabajo fin de grado, Universidad Miguel Hernández.
3. GAM, Pasión por el Servicio - GAM España [Internet]. [citado 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://gamrentals.com/>
4. Catálogo Alquiler de Maquinaria - GAM España - GAM España [Internet]. [citado 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://gamrentals.com/catalogo-alquiler>
5. Historia de GAM - GAM España [Internet]. [citado 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://gamrentals.com/la-compania/historia>
6. GAM aterriza en la Bolsa con mal pie | elmundo.es [Internet]. [citado 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/mundodinero/2006/06/13/economia/1150193732.html>
7. Proyectos de GAM - GAM España [Internet]. [citado 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://gamrentals.com/proyectos>
8. Galiana P. ¿Qué es SAP y para qué sirve? Thinking for Innovation [Internet]. 21 de enero de 2020 [citado 28 de abril de 2020]; Disponible en: <https://www.iebschool.com/blog/que-es-para-que-sirve-sap-management/>
9. ¿Qué es SAP y para qué sirve? | Consultoría SAP [Internet]. [citado 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.consultoria-sap.com/2014/03/que-es-sap-y-para-que-sirve.html>
10. ¿Qué es Excel y para qué sirve? • Excel Total [Internet]. Excel Total. 2011 [citado 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://exceltotal.com/que-es-excel/>
11. MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS. GAM S.L.

