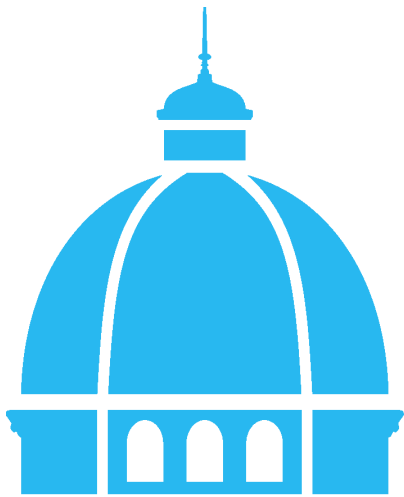




INDUSTRIALES
ETSII | UPM

Trabajo fin de grado

**MODELO PARA LA IMPLANTACIÓN DE TÉCNICAS LEAN
MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LAS
ARTES GRÁFICAS**

Aránzazu Iglesias Yagüe

Julio 2016

Tutor: Joaquín Bienvenido Ordieres Meré

AGRADECIMIENTOS

Agradecer, en primer lugar, a mi tutor Joaquín su compromiso y esfuerzo con este Trabajo y sus palabras de ánimo para que esto saliera adelante. Gracias por la profesionalidad, por la ayuda y por guiarme siempre que lo he necesitado.

En segundo lugar, quiero agradecer a Juan José Barjola y a Víctor Bertol la oportunidad que me han dado de poder trabajar con ellos y abrirme las puertas de su casa siempre con tanta amabilidad y disposición. Gracias por vuestro tiempo y por compartir conmigo un poquito de vuestro mundo.

Agradecer, también, de forma especial a mis padres y a mi hermano el apoyo que me han dado a lo largo de estos años. Gracias por cada una de vuestras palabras de ánimo cuando más lo he necesitado y por acompañarme en cada paso de este camino.

A todos los amigos que he hecho en esta escuela, que han sido mis compañeros de batalla, todos los momentos compartidos.

Por último, quiero agradecer a “mis 8” y a Carlos el haber sido mi refugio y haber hecho de esta experiencia un recuerdo inolvidable.

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Industrial, presenta un modelo de implementación de gestión Lean Manufacturing y algunas de sus principales técnicas enfocado a una empresa del sector de las artes gráficas.

El sector de las artes gráficas, al igual que muchos otros, actualmente se encuentra en un situación en el que el nivel de competencia a la que se somete es muy elevado. Es el consumidor el protagonista, el cual tiene siempre la última decisión y el que con su forma de vida acaba siendo el que establece el ciclo de vida y la rentabilidad de los productos. Además, en un mercado con tanta oferta, el poder de negociación de los clientes es muy elevado, ya que son los que deciden lo que están dispuesto a pagar por los productos. Pueden elegir, entre una gran diversidad de empresas, cuál se adapta mejor a las características que busca.

Debido a esta situación, este trabajo se centra en analizar y proponer mejoras a través de un enfoque Lean Manufacturing utilizando una PYME de la industria gráfica como caso de aplicación, a la que se hace referencia como FQM por términos de confidencialidad. El objetivo es mejorar la productividad y la competitividad ayudando a aumentar el grado de satisfacción de los clientes y la relación Calidad-Precio.

Para ello, en primer lugar se exponen los fundamentos teóricos del Lean Manufacturing en los que se encuadra, es decir, principios, técnicas, beneficios y se plantea el enfoque hacia la mejora continua. Estos elementos son la base para poder aplicar las técnicas Lean posteriormente.

A continuación se realiza la presentación de la empresa piloto en la que se centra este trabajo, FQM. Se considera de especial importancia conocer todas las áreas de la organización, para ser más eficientes a la hora de comprender la situación en la que se encuentra y proponer mejoras que se consideren de interés posteriormente. Este estudio abarca desde recursos humanos, productos que se ofertan y maquinaria hasta el sistema de producción actual. En esta última parte del estudio es en la que se emplea mayor énfasis ya que se mapean todos los procesos tanto de soporte como de realización a través de un trabajo en planta.

Una vez que se conoce la forma de trabajar de la organización, se centran los esfuerzos en la cadena de valor. Para ello, en primer lugar, se produce una elaboración de un Mapa de Flujo de Valor Actual. Con esta finalidad, se realiza previamente un estudio de los productos a nivel de ventas y procesos, con la intención de conocer cuáles tienen mayor importancia. Son elegidos los formularios en continuo y los juegos autocopiativos como familias a estudiar. Los miembros que forman cada una de las familias son los diferentes formatos en los que se fabrican tomando como unidad de medidas las pulgadas.

Para el mapeo también es necesario calcular la demanda de los clientes. Al no existir un registro como tal de las cantidades vendidas, se toman manualmente como muestra las órdenes de fabricación de Febrero 2016. Por otro lado, también ha sido necesario calcular los tiempos de ciclo de todos los procesos que intervienen en el sistema, ya que no existe una documentación propia de aspectos productivos. Este Mapa de Flujo de Valor sugiere que el proceso de impresión es el cuello de botella del sistema y que el Lead Time supera los plazos de entrega. Sin embargo, los Takt Time muestran que se debería producir al ritmo de demanda sin problema.

Estudiado el estado del arte, y con el objetivo de conocer las causas de los retrasos, se estudian los tiempos totales de producción para corroborar los puntos de mejora.

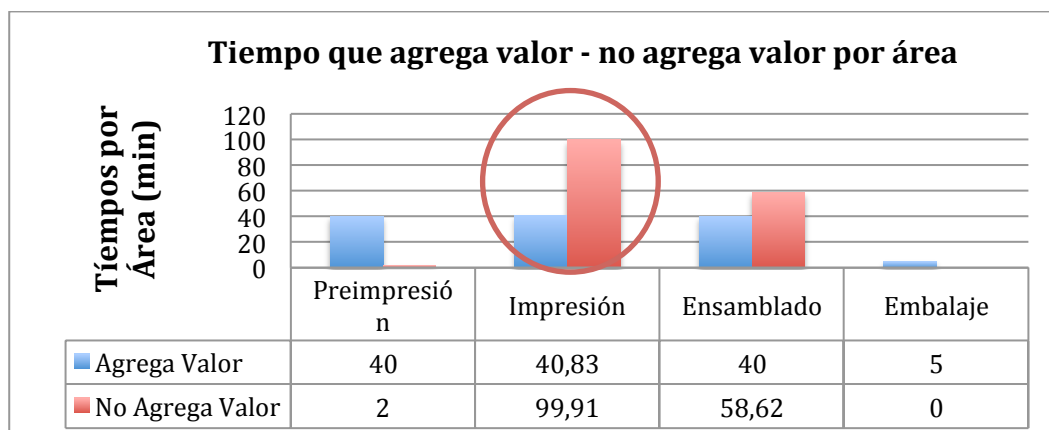


Figura 1. Tiempos que agrega y no agrega valor por área para formularios.

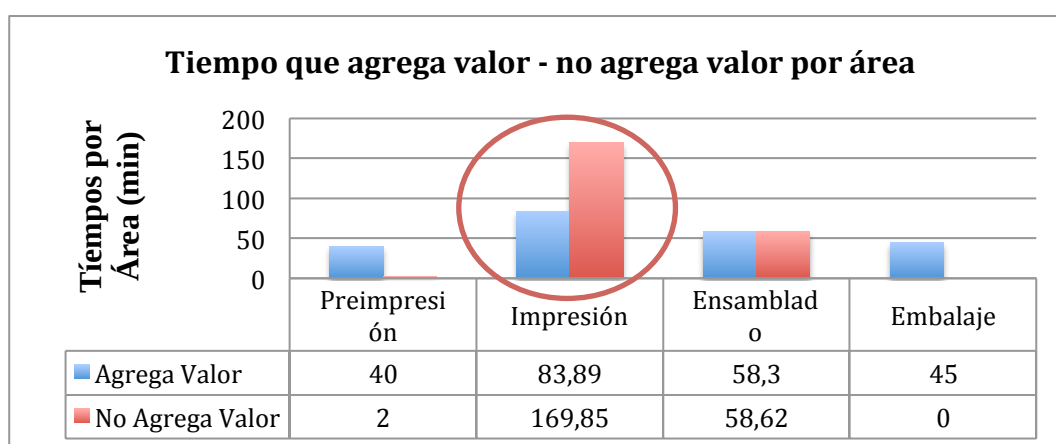


Figura 2. Tiempos que agrega y no agrega valor por área para juegos autocopiativos.

En este estudio se determina que en torno a un promedio del 70% del tiempo total de producción de los lotes en el proceso de impresión, cuello de botella, no agrega valor al proceso. Además se detectan unas dispersiones de tiempo muy elevadas entre los trabajos para este proceso de prensa.

Por tanto, el siguiente paso de este trabajo trata de registrar todas las operaciones a través de la toma de tiempos a los operarios durante dos semanas de trabajo en planta. Se llega a la conclusión de que el problema de las empresa es que los tiempos de preparación y cambios son muy altos, acentuados por constantes averías, fallos e incidencias.

A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico del sistema productivo de la empresa, y a través de la aplicación de los conceptos comprendidos por las distintas técnicas, se obtienen los resultados obra de la implementación de las técnicas Lean Manufacturing en el proceso de impresión, que se consideran de necesidad, tratando de promover la filosofía de mejora continua. Para ello, se hace referencia a la necesidad de la implicación de todas las personas, del orden, limpieza y disciplina.

Se considera en el estudio que no es necesaria la implementación de la técnica de las 5s, la cual se basa en la necesidad básica de orden y limpieza ya que en los lugares de trabajo se cuenta actualmente con estos hábitos muy arraigados. Sin embargo, se hace especial hincapié a la

necesidad de implantar la estandarización debido a que los procesos son muy manuales, así como a la técnica SMED para reducir los tiempos de cambio, al mantenimiento preventivo y a la técnica Poka Yoke. En relación a esta técnica se proponen diferentes dispositivos en este trabajo para evitar que se produzcan errores.

Mediante técnicas Lean se consigue una reducción total de un 50% aproximadamente de los tiempos no productivos en el proceso de impresión y se logra agilizar la producción de este proceso un 35%. Por último, se obtiene un ahorro del 15% en la materia prima y del 12,5% en energía. Esto supone un aumento de un 8,5% de beneficio por venta para la organización.

PALABRAS CLAVE

Lean Manufacturing, proceso, mejora, técnica, desperdicio.

CÓDIGOS UNESCO

331003 Procesos Industriales
331005 Ingeniería de Procesos
331006 Especificaciones de Procesos
331007 Estudio de Tiempos y Movimientos

ABSTRACT

This minor thesis in Industrial Engineering presents a model for the implementation of Lean Manufacturing approach and some of its main techniques emphasizing on a graphic industry company.

Currently, the graphic industry, like many others, is in a situation in which the competence is very high. The consumer is the protagonist, who has always the last decision and who establishes the lifecycle and profitability of products with his way of life. In addition, in a market with so much offer the bargaining power of customers is very high, as they are who decide how much they are willing to pay for the products. They can choose from a great deal of companies which are better suited for the futures they are looking for.

Due to this situation, this thesis tries to analyse and propose improvements through a Lean Manufacturing approach using a SME of the graphic industry as a case of application, which due to issues of confidentiality, it is called FQM. The aim is to improve productivity and competitiveness increasing the value and the customer satisfaction.

First of all, it describes the general methodology to be used for the development of the study. It means principles, benefits, techniques and the continuous improvement philosophy. These elements are the basis to apply Lean techniques later.

Following, it is made the presentation of the company of the pilot company in which this work is focused. It is considered particularly important to know all the areas of the company in order to be more efficient in understanding the situation and in being able to propose improvements afterwards. This study covers human resources, products offered, machinery and current production system. In this last part it is more emphasize so all the process are mapped both support and realization.

After analysing the company, efforts focus on the value chain. We proceed to make the Value Stream Mapping. For this, a previous study of the products in terms of sales and processes are done in order to know which of them are most important. The continues forms and snap-out are the families chosen. The members are the different formats manufactured and they are measured in inches.

For mapping, it is also necessary to calculate the demand through a sample production orders of February 2016. In addition, the cycle time of all the processes involved in the system are calculated. This is due to there is no proper documentation. Afterwards, we are able to know that the printing process is the bottleneck and that the Lead Time exceeds deadlines. However, takt times show that the company should produce within the rate demand without problems.

Once known the estate of art and trying to understand the causes of the delays, the total production times are studied in order to recognise the points of improvement:

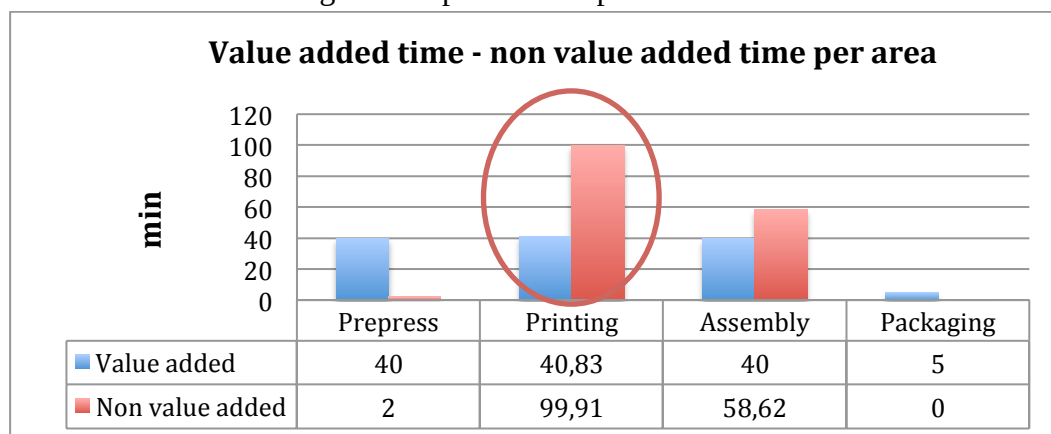


Figura 3. Value added time – non value added time per área for continue forms

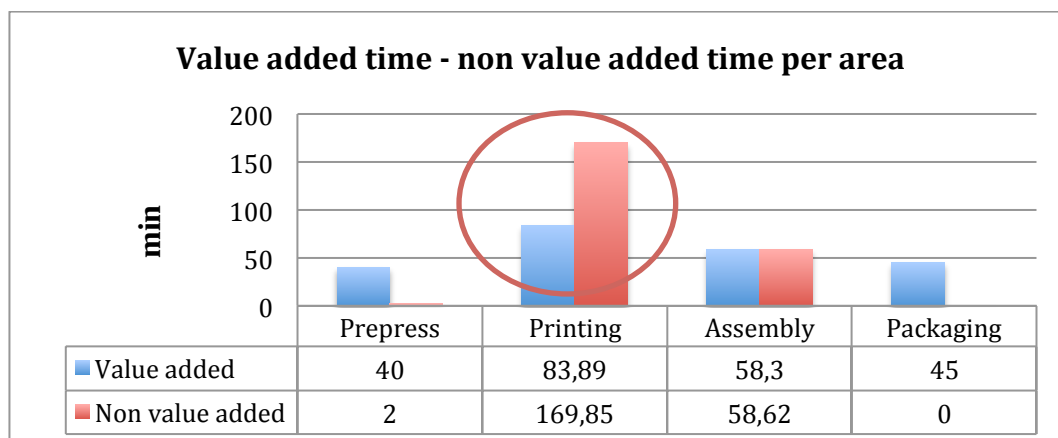


Figura 4. Value added time – non value added time per área for snap

Moreover, it is determinate that around 70% of the batch production time in the printing process is not value for the production process. In addition, a dispersion of time between jobs are detected very high.

Therefore, the next step is recording all the operations in terms of time to the workers during two weeks. It concludes that the company problem is that the set up times are very high, but moreover, they are increased with breakdowns, failures and incidents.

From the production system diagnostics and through the application of the concepts extracted by the different techniques, the results are obtained by the implementation of the necessary Lean Manufacturing techniques in the impression process. They try to encourage continuous improvement philosophy. For this it is necessary the involvement of all the workers, cleanliness and discipline.

This study considers that the implantation of the 5s technique is not necessary, which is based for the need of order and cleanliness, because workers have this habits. However, it is essential to implement the standardization technique due to the mayor operations are manual as well as SMED technique for reducing the set up times. Preventive maintenance and Poka Yoke technique are also implemented. Some devices are proposed for avoiding errors.

To conclude, using Lean Manufacturing techniques the set up time could decrease approximately 50% and they archive to improve the productivity in the printing process a 35%. Moreover, a 15% reduction in raw materials and 12.5% energy could be also archived. This represents an increase of 8.5% per sale for the company.

KEY WORDS

Lean Manufacturing, process, improvement, technique, waste.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	7
ÍNDICE.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS	14
ÍNDICE DE TABLAS	16
1.- INTRODUCCIÓN.....	17
1.1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	17
1.2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO	18
1.3.- ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.....	18
2.- MARCO TEÓRICO DEL LEAN MANUFACTURING	19
2.1.- INTRODUCCIÓN.....	19
2.2.- CONCEPTO LEAN MANUFACTURING	21
2.2.1.- Principios del Lean.....	21
2.2.2.- Beneficios del Lean	21
2.2.3.- Concepto de despilfarro	21
2.3.- TÉCNICAS DEL LEAN MANUFACTURING	22
2.4.- ENFOQUE PHVA PARA LA APLICACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING	24
2.5.- HOJA DE RUTA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING	25
3.- CASO DE ESTUDIO: IMPRENTA FQM.....	27
3.1.- RECURSOS HUMANOS	27
3.2.- PRODUCTOS	30

3.3- PRODUCCIÓN.....	35
3.3.1.- Estudio de la producción por procesos.....	35
3.3.2.- Herramienta para el control de calidad	38
3.4.- MAQUINARIA.....	58
3.5.- LAYOUT DE LA PLANTA.....	65
 4.- MAPEO DE LA CADENA DE VALOR	 67
4.1.- MAPA DE FLUJO DE VALOR ACTUAL	67
4.1.1- Identificación de las familias de productos.....	68
4.1.2.- Análisis de las ventas	69
4.1.3.- Elementos del Mapa de Flujo de Valor Actual.	70
4.2.- TIEMPOS DE CICLO Y TAKT TIME	81
4.2.1.- Familia 1: Formularios en continuo.	81
4.2.2.- Familia 2: Juegos autocopiativos.	82
4.3.- CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	83
 5.- ESTUDIO DEL TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO	 87
5.1.- VALOR AGREGADO FRENTE A VALOR NO AGREGADO EN LAS ÓRDENES DE PRODUCCIÓN.....	87
5.2.- CÁLCULO DE LA VARIANZA ESTÁNDAR DEL TIEMPO NO PRODUCTIVO EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN	90
 6.- ANÁLISIS DE LAS VARACIONES DE LOS TIEMPOS DE CAMBIO POR OPERACIÓN. ESTANDARIZACIÓN.	 95
6.1.- DISCUSIÓN DE LAS MAYORES VARIACIONES	103
 7.- METODOLOGÍA PARA LAS REDUCCIONES DE TIEMPOS MÁS SIGNIFICATIVOS. TÉCNICAS LEAN.....	 107
7.1.- MAPA DE VALOR ACTUAL	107
7.2.- SELECCIÓN DEL PROCESO DE MEJORA	108
7.3.- CINCO ESES	108
7.4.- TRABAJO ESTANDARIZADO	110
7.5.- SMED: Single-Minute Exchange of Dies.....	111
7.6.- TPM: Mantenimiento Productivo Total.....	116
7.7.- POKA YOKE	118

8.- ANÁLISIS DEL IMPACTO PRODUCTIVO/ECONÓMICO. CONCLUSIONES	127
8.1.- ANÁLISIS DEL IMPACTO PRODUCTIVO. CONCLUSIONES.....	127
8.2.- ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO. CONCLUSIONES	131
8.3.- CONCLUSIONES FINALES	132
9.- SOSTENIBILIDAD, PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO.....	135
9.1.- SOSTENIBILIDAD	135
9.2.- PLANIFICACIÓN	135
9.3.- PRESUPUESTO	137
10.- BIBLIOGRAFÍA	139
11.- ANEXOS.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tiempos que agrega y no agrega valor por área para formularios.	6
Figura 2. Tiempos que agrega y no agrega valor por área para juegos autocopiativos.	6
Figura 3. Value added time – non value added time per área for continue forms	8
Figura 4. Value added time – non value added time per área for snap	8
Figura 5. Adaptación de la Casa Toyota a la actualidad	20
Figura 6. Técnicas del Lean	23
Figura 7. Ciclo PHVA.....	24
Figura 8. Organigrama de FQM.....	28
Figura 9. Formulario en continuo	30
Figura 10. Juego autocopiativo. Snap-out.....	31
Figura 11. Talonario autocopiativo.....	31
Figura 12. Impreso confidencial.	32
Figura 13. Documento autoensobrado.	32
Figura 14. Documento postal.	32
Figura 15. Bobina de marketing.....	33
Figura 16. Etiqueta integrada	33
Figura 17. Tarjeta integrada	33
Figura 18. Etiquetas en rollo.	33
Figura 19. Tickets/Entradas.	34
Figura 20. RFID.	34
Figura 21. Documento de seguridad.	34
Figura 22. Docuparking.	35
Figura 23. Simbología para diagramas de flujo.	39
Figura 24. Flujograma del proceso de compras.	40
Figura 25. Flujograma del proceso de presupuesto.....	42
Figura 26. Flujograma del proceso de pedido.....	44
Figura 27. Flujograma del proceso de incendios.....	45
Figura 28. Flujograma del proceso de recepción.	46
Figura 29. Flujograma del proceso de almacenaje.....	47
Figura 30. Flujograma del proceso de preimpresión.....	49
Figura 31. Flujograma del proceso de impresión.....	52
Figura 32. Flujograma proceso de postimpresión.....	54
Figura 33. Flujograma del proceso de retractilado.....	55
Figura 34. Flujograma del proceso de expedición.	57
Figura 35. CTP.....	58
Figura 36. Plotter.....	58
Figura 37. Procesadora de planchas	59
Figura 38. Rotatek RK1 (izquierda) y con panel de operaciones (derecha)	60
Figura 39. Rotatek RK2	60
Figura 40. Goebel Optiforma con equipo de control numérico	61
Figura 41. Control remoto Versamark DP5120	61
Figura 42. Rotatek RC	62
Figura 43. Colectora Biolematik.....	63
Figura 44. Omegher	63
Figura 45. Dispensadora Label Market.....	64
Figura 46. Retractiladora Belca	64
Figura 47. Atadora de fleje	65
Figura 48. Modelo de metodología para el rediseño del sistema.....	67

Figura 49. Datos de ventas de Febrero 2016. Elaboración propia.	70
Figura 50. Ruta de procesos. Elaboración propia.	72
Figura 51. VSM para la familia de formularios en continuo.	74
Figura 52. VSM para la familia de juegos autocopiativos.	79
Figura 53. Comparativa Takt Time – TC para Formularios.	82
Figura 54. Comparativa Takt Time – TC para Snap.	83
Figura 55. Distribución de trabajados entregados En Plazo – Fuera de Plazo.	84
Figura 56. Comparativa de tiempo de valor agregado-no agregado por área de formularios en continuo.	88
Figura 57. Comparativa de tiempo de valor agregado-no agregado por área de juegos autocopiativos.	89
Figura 58. Gráfica de cajas.	91
Figura 59. Informe de la prueba de hipótesis para la desviación estándar.	92
Figura 60. Resultados de la prueba de Índice de Capacidad para la varianza del tiempo no productivo.	93
Figura 61. Comparativa del Tiempo No Productivo en función del números de hojas de los productos.	94
Figura 62. Disposición de las tintas ordenadas, junto con las herramientas necesarias (espátulas, productos de limpieza etc.) junto a las máquinas.	109
Figura 63. (Izq.) Colocación de las bobinas de impresión etiquetadas junto a las máquinas. (Der) Contenedor para tirar todos los desperdicios.	109
Figura 64. Colocación de anilinas. Cada máquina cuenta con sus depósitos propios.	110
Figura 65. Hoja de mantenimiento preventivo.	117
Figura 66. Diagrama de espina de pez	119
Figura 67. Dispositivo Quick Peek.	120
Figura 68. Sensor BIS510	121
Figura 69. Sensor PMI-F110.	122
Figura 70. Sensores ultrasónicos UC300-F43, UB300-18GM	122
Figura 71. Sensores VDM28, RL28, UB500-30GM, UB500-F54	123
Figura 72. Sensor ultrasónico UB120-12GM	125
Figura 73. Hoja de registro para la rotura de papel.	126
Figura 74. VSM del estado futuro para formularios en continuo	130
Figura 75. VSM del estado futuro para juegos autocopiativos	130
Figura 76. Diagrama de Gantt.	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de desperdicio.	22
Tabla 2. Cuadro de procesos.	38
Tabla 3. Matriz para identificar familias de productos	69
Tabla 4. Opciones de modelos ofertados de formularios en continuo.	72
Tabla 5. Demanda de formularios.	75
Tabla 6. Disponibilidades y Tiempos de Ciclo en el proceso de Impresión para los formularios.	75
Tabla 7. Disponibilidades y Tiempos de Ciclo en el proceso de Postimpresión para los formularios.	76
Tabla 8. Tiempo de Valor Agregado para formularios.	77
Tabla 9. Opciones de modelos ofertados de juegos autocopiativos.	78
Tabla 10. Demanda de juegos autocopiativos.	80
Tabla 11. Disponibilidades y Tiempos de Ciclo en el proceso de Impresión para juegos autocopiativos.	80
Tabla 12. Disponibilidades y Tiempos de Ciclo en el proceso de Postimpresión para juegos autocopiativos.	80
Tabla 13. Tiempo de valor agregado para juegos autocopiativos.	81
Tabla 14. Tiempo total de producción de las órdenes de trabajo de formularios.	87
Tabla 15. Tiempo total de producción de las órdenes de trabajo de juegos autocopiativos.	89
Tabla 16. Tiempos de preparación por operarios y operaciones en el proceso de impresión.	99
Tabla 17. Tiempos de cambio por operarios y operaciones en el proceso de impresión.	101
Tabla 18. Tiempos de preparación por operarios y operaciones en el proceso de ensamblaje.	102
Tabla 19. Tiempos de cambio por operarios y operaciones en el proceso de ensamblaje.	103
Tabla 20. Tiempo promedio por órdenes de fabricación.	104
Tabla 21. Tiempos promedio por operación de cambio.	113
Tabla 22. Identificaciones de operaciones internas y externas del proceso de impresión.	114
Tabla 23. Conversión de operaciones internas en externas.	115
Tabla 24. Costes/Beneficio desglosados por trabajo. Fuente: FQM.	132
Tabla 25. Presupuesto del trabajo.	137

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La imprenta, como origen, tiene como función la reproducción sobre papel de textos y/o imágenes mediante la aplicación de una tinta.

Sin embargo, el sector de las artes gráficas presenta una gran complejidad debido a su diversidad de productos y procesos. Esto se debe a que la evolución de diversas tecnologías ha dado lugar a diferentes métodos de impresión y reproducción, como son: la flexografía, la impresión offset, la serigrafía, el huecograbado, el alto grabado o, por último y más innovador, la impresión digital.

Actualmente, a grandes rasgos se pueden distinguir en el sector varios tipos de empresas. Los impresores editoriales, dedicados a los periódicos, libros o revistas, son un ejemplo de ello. Por otro lado, se encuentran los impresores comerciales, cuyo negocio se centra en productos como carteles, catálogos, sobres, tarjetas...etc. En este sector también se engloban los impresores de envases y etiquetas. Por último, el desarrollo de internet ha dado lugar a un tipo de imprenta mucho más innovador: la imprenta online. Este tipo de empresa permite configurar y diseñar el formato de impresión y obtener el producto totalmente personalizado.

Como consecuencia de la situación económica actual y de los cambios en la tendencia de los mercados, los impresores se enfrentan a cambios bruscos entre la combinación de la impresión tradicional y digital, la cual cada vez va tomando mayor importancia aunque todavía no ha penetrado de manera significativa en el sector.

En el contexto en el que se desarrolla el presente trabajo, a pesar de la situación económica que vive el país, el panorama es positivo. El motivo es que aunque subir los precios es una tarea complicada, generalmente ha aumentado el volumen de impresión en las empresas, aunque en muchos casos el margen de beneficio es inferior.

En esta situación de lucha por la supervivencia y centrándonos a partir de ahora en la impresión comercial, la tendencia es mejorar la eficacia, reducir costes además de ofrecer nuevos servicios a los clientes. Así, cada vez se hace más hincapié ofrecer al consumidor opciones como impresión de datos variables, diseños creativos, servicios de gestión de existencias, almacenaje y pedidos.

Concluyendo, este trabajo se va a centrar en el análisis y propuestas de mejora a través de técnicas Lean Manufacturing en una empresa del sector gráfico con el objetivo de intentar mejorar los procesos de fabricación y logística y de esta forma ayudar a incrementar la relación Calidad-Precio así como el grado de satisfacción de los clientes.. Para ello, el trabajo estará basado en el caso de estudio particular de una imprenta comercial de formularios en continuo a la que se hará referencia con el nombre de “FQM”.

1.2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo final de este Trabajo es la elaboración de un modelo enfocado en el Lean Manufacturing para la empresa FQM con la finalidad de obtener mejoras en su proceso productivo y conseguir que sea más eficiente. Los objetivos parciales se muestran a continuación de manera desglosada:

- Plantear un modelo teórico que sirva como base para la implantación del enfoque Lean Manufacturing en la empresa que se estudia en este Trabajo.
- Realizar un estudio detallado y estructurado de la empresa FQM desarrollando un análisis documental de la organización, del cual carece, incluyendo recursos humanos, productos, maquinaria y en especial, del proceso de producción, incorporando herramientas de gestión por procesos.
- En base al estado del arte de FQM, realizar un diagnóstico del proceso de producción para las familias escogidas que sirva para determinar los puntos de mejora que puedan ser abordados mediante técnicas Lean Manufacturing.
- Aplicar las técnicas Lean seleccionadas para la empresa piloto, especialmente en el proceso de impresión.
- Evaluar tanto de forma productiva como económica la aplicación de este modelo de gestión.

1.3.- ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Este documento se encuentra estructurado en ocho capítulos. El primer capítulo permite al lector situarse en el contexto de este trabajo y conocer los objetivos del mismo.

En el segundo capítulo se proporciona una referencia teórica del Lean Manufacturing, entre la que se encuentra la definición, bases, principios y técnicas de este modelo de gestión.

En el capítulo 3 se presenta FQM, la empresa de la industria gráfica foco de estudio de este trabajo. En este capítulo, se detallan sus principales ramas: recursos humanos, productos que oferta, maquinaria y sistema de producción, haciéndose especial hincapié en la documentación de todos los procesos.

Los capítulo 4, 5 y 6 abarcan el estudio de la cadena de valor de FQM mediante el análisis del estado actual de las familias escogidas, la estandarización de los procesos y discusión de los puntos de mejora.

El capítulo 7 se centra en la presentación detallada de las técnicas seleccionadas y su implementación en FQM.

Por último, en el capítulo 8 se exponen las conclusiones del trabajo tanto a nivel productivo como a nivel económico.

2.- MARCO TEÓRICO DEL LEAN MANUFACTURING

2.1.- INTRODUCCIÓN

Toda empresa tiene una serie de metas estratégicas. Una de ellas es la centrada en la mejora continua de sus sistemas de producción. Como primer y más importante aspecto, es fundamental el compromiso de todas las partes interesadas, incluida la dirección de la empresa y todos sus integrantes. Este camino a la mejora continua se puede alcanzar a partir de diferentes métodos, pero en este trabajo se va a utilizar una serie de técnicas enfocadas en la gestión de la planta de producción y en la optimización de las operaciones de tal forma que se puedan conseguir tiempos de respuesta más cortos, mayor calidad, menos coste y mejor servicio a los clientes: se va a tratar el Lean Manufacturing.

Existen múltiples enunciaciones para describir qué es el Lean Manufacturing. Podría definirse como “una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.”¹. Se entiende como un enfoque en la gestión que engloba desde la materia prima hasta el producto terminado que se entregará al cliente, es decir, como un conjunto de aplicaciones que sirven para eliminar aquellas operaciones que no aportan valor al sistema.

Las herramientas y técnicas de estas filosofía nacen a principios del siglo XX con Henry Ford y F.W. Taylor. Mientras que Taylor fue fundador en las técnicas de la organización de la producción estableciendo las primeras bases relacionadas con los equipos, tiempos, personas o movimientos, Ford usó la normalización de los productos en la fabricación en cadena de automóviles y consiguió la simplificaciones de los procesos centrándose además en la especialización del trabajo.

El primer pensador reconocido del pensamiento Lean es Sakichi Toyoda, fundador de la Corporación Toyota Motor Company. Uno de sus ingenieros, Taiicho Ohno, al que se le considera el padre del Lean Manufacturing, instauró los fundamentos de un nuevo sistema de gestión: Just in Time (Justo a tiempo), también comúnmente conocido como TPS (Toyota Manufacturing System). El sistema enunciaba un principio sencillo: “producir sólo lo que se necesita cuando se necesita”.

La adaptación de la casa Toyota a la actualidad puede resumirse en la siguiente figura:

¹Escuela de Organización Industrial (EOI). Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implementación.

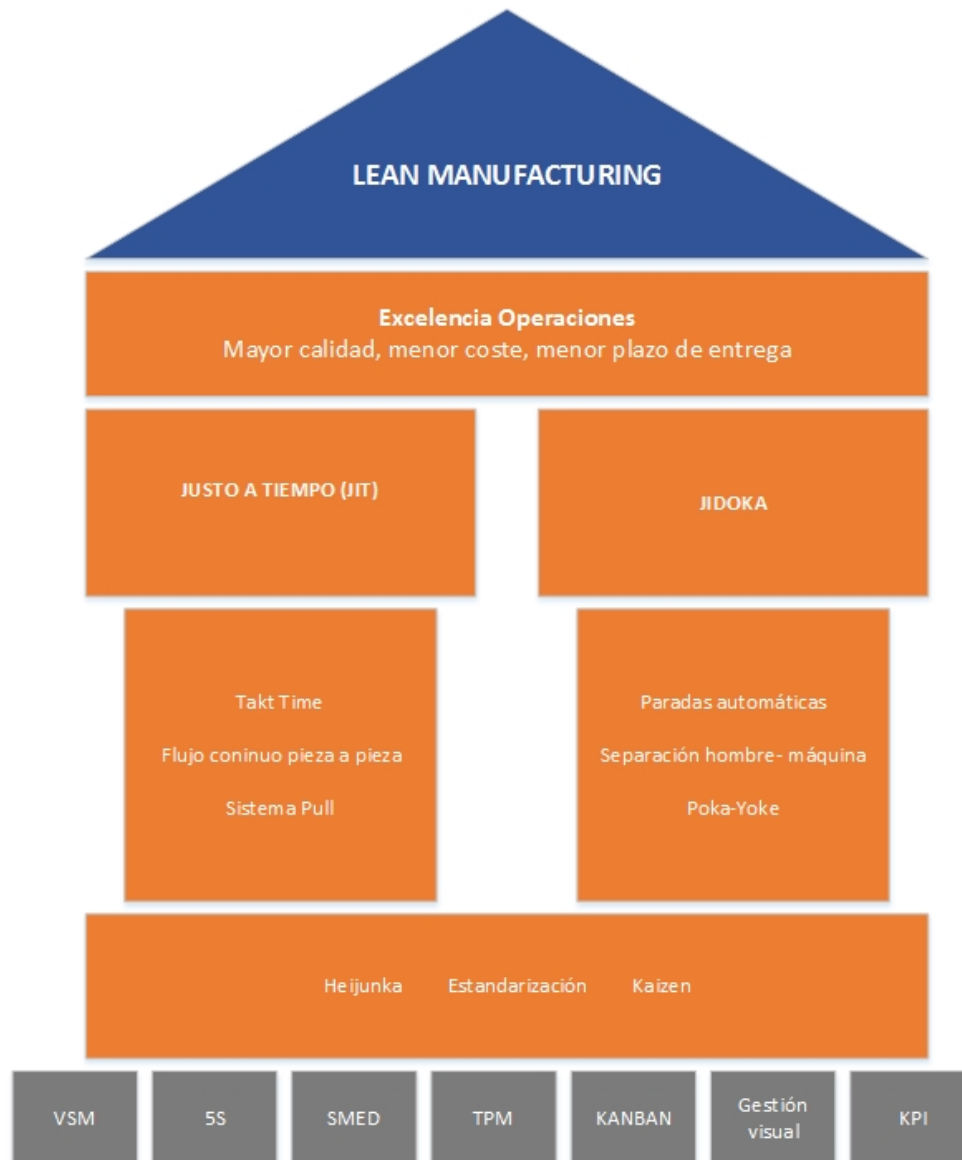


Figura 5. Adaptación de la Casa Toyota a la actualidad

La parte superior de la casa la conforman los objetivos que se procuran alcanzar: más calidad, menor coste y menor Lead Time. Sosteniendo dicho techo se encuentran los pilares que sujetan el sistema, el JIT (producir lo que se necesita en el momento en el que se necesita) y Jikoda, es decir, dotar a las máquinas y operarios de la capacidad de poder determinar cuándo se produce algún fallo o suceso anormal y poder detener el proceso. Con esto se puede detectar la causa de la problemas y no continuar la producción para un producto que ya es defectuoso. El siguiente escalafón lo constituyen la estandarización, la estabilidad o nivelación de la producción (Heijunka) y la aplicación de la mejora continua. No debe olvidarse que la implicación de las personas es fundamental, esto implica formación, capacitación y motivación, entre otros. Por último y como se indica en la figura, los cimientos de esta casa son una serie de herramientas Lean, que son las que se utilizarán en este trabajo, y que pueden ser tanto técnicas de diagnóstico, de seguimiento o como técnicas a nivel operativo.

2.2.- CONCEPTO LEAN MANUFACTURING

2.2.1.- Principios del Lean

El Lean Manufacturing se sustenta sobre diversos principios que son de aplicación en toda la cadena de valor:

- Definir el valor del producto: especificar qué es lo que agrega valor para el cliente de tal forma que se produzca lo que realmente se va a percibir como valor.
- Definir e identificar el flujo de proceso: se basa en conocer todas las operaciones que agregan valor al cliente. Cada actividad, operación o función debe agregar valor, por tanto, se trata de eliminar o minimizar aquellas operaciones que no lo hacen.
- Establecer un flujo continuo: los materiales han transferirse de un proceso a otro al equilibrio del tiempo que marca el cliente. Hay que lograr que el producto fluya incesablemente agregando valor.
- Introducir el sistema de Pull (tirar): se debe introducir un sistema donde el cliente “tire” lo que requiera, y que eso sea el eje central del proceso. Es el cliente quien establece las condiciones para las entregas del producto y se debe tratar de dar una respuesta rápida.
- Formar líderes comprometidos que instruyan a otros, trabajadores implicados que sigan los objetivos de la empresa y promover personas multidisciplinarias.

2.2.2.- Beneficios del Lean

Algunos de los beneficios que pueden obtenerse de implantar este sistema son los siguientes:

- Reducción en el tiempo de producción.
- Aumento en calidad.
- Menor flujo de los materiales.
- Tiempos de alistamientos más reducidos.
- Reducción de inventarios.
- Mayor responsabilidad a las demandas del mercado.
- Mayor medida de compromiso de los trabajadores en lo referente a la resolución de problemas.
- Reducción de desperdicios y no conformidades.

2.2.3.- Concepto de despilfarro

El Lean Manufacturing, establece como principal objetivo la eliminación de desperdicio, que no es más que todo aquello que no agrega valor al proceso. En 1988, Ohno expone que en lo referente a la eliminación de desperdicio debe tenerse en cuenta dos puntos principales: la eficiencia en el mejoramiento y todo aquello que no sea lo estrictamente necesario para en cuanto a equipos, tiempo, materiales, espacio y partes.

Es de vital importancia entender que el valor añadido engloba todas aquellas actividades que tratan de transformar las materias primas tal y como se han recibido a otro acabado que el cliente solicite, eso es lo que mantiene vivo el negocio y por tanto, debe ser foco continuo de supervisión y mejora. Consecuentemente, se debe tener cuidado y no confundir como despilfarro con lo necesario ya que en ocasiones puede llevar a error y confusión.

Por tanto, para seleccionar las herramientas Lean más eficientes que se deben aplicar el primer paso es reconocer los desperdicios que tiene la empresa. En la siguiente tabla se muestran los tipos de desperdicios y una breve descripción:

TIPO DE DESPILFARRO	DESCRIPCIÓN
Inventarios	Son los stocks en exceso tanto de materia prima como inventario de producto en proceso o de producto terminado. Necesitan cuidados, vigilancia, mantenimiento y producen costes de contabilización compleja.
Sobreproducción	Es el resultado de producir antes que el cliente lo requiera, bien sea porque no se va a usar o vender inmediatamente. También es el resultado de invertir o diseñar en equipos con más capacidad de la que necesita. Esto provoca, entre otros, gran cantidad de stock, falta de espacio de almacenamiento, grandes lotes o desequilibrios en la línea.
Esperas	Son aquellas actividades en las cuales el operario observa cómo opera el equipo o la máquina, o se espera por algún elemento necesario para su operación. Un proceso mal diseñado puede provocar que mientras unos trabajadores no realizan ninguna actividad otros estén desbordados.
Transporte	Movimientos de material que no son necesarios. Las líneas de producción deben estar lo más cerca próximas posible y los materiales deben fluir directamente desde una estación a otra sin esperar en colas de inventario.
Movimientos	Actividades que realiza el personal que no son convenientes dentro del proceso.
Reprocesos	Trabajo extra que se tiene que realizar por no haber hecho las operaciones de forma correcta a la primera.
Defectos	Producción de partes defectuosas. Esto conlleva tiempos adicionales y recursos extras, para inspección. Se deben diseñar los procesos productivos a prueba de errores para conseguir una alta calidad sin reprocesos ni trabajo adicional.

Tabla 1. Tipos de desperdicio.

2.3.- TÉCNICAS DEL LEAN MANUFACTURING

La implantación de la filosofía Lean se consigue mediante una serie de herramientas muy diversas. Estas técnicas pueden utilizarse de manera conjunta o por separado en función de aquello que se esté estudiando. Para obtener una visión simplificada, las técnicas se pueden englobar en la siguiente figura:



Figura 6. Técnicas del Lean

- **Las 5S:** estrategia que sirve para tener el área de trabajo con mejores condiciones, es decir, más limpia, ordenada y organizada. El objetivo es lograr un funcionamiento más eficiente de las personas. Estas 5S son:
 - o SEIRI: clasificar.
 - o SEITON: ordenar.
 - o SEISO: limpiar.
 - o SEIKETSU: estandarizar.
 - o SHITSUKE: disciplina.
- **SMED:** sistemas que tienen como finalidad disminuir el tiempo de preparación.
- **Estandarización:** es una técnica que se utiliza para crear instrucciones de tal forma que se quede reflejado por escrito la mejor forma de hacer las cosas.
- **TPM:** mantenimiento productivo total. Son operaciones que buscan evitar que haya tiempos de parada de las máquinas.
- **Control visual:** operaciones de control y notificación visual. La finalidad es que los operarios tengan un conocimiento de cómo se encuentra el sistema y que se pueda perseguir la mejora.
- **Jidoka:** se basa en la incorporación de dispositivos y sistemas que provean a las máquinas la capacidad de averiguar los errores que puedan estar produciendo.
- **Técnicas de calidad:** persiguen eliminar o reducir defectos.
- **SPP:** sistemas de participación del personal. Sistemas que procuren la creación de grupos de trabajo para focalizar, integrar y mantener la filosofía Lean.
- **Heijunka:** el objetivo es que la producción evolucione hacia el flujo continuo, pieza a pieza. Por ello, son un conjunto de operaciones que sirven para planificar la demanda.

- **Kanban:** sirve para controlar la producción y mejorar los procesos. Se sincroniza la producción a través de un sistema de tarjetas.
- **Poka Yoke:** técnica que sirve para prevenir y evitar errores mediante dispositivos.

Estas son las principales técnicas que se utilizan en el Lean Manufacturing. Es necesario realizar un estudio previo al caso FQM que se está analizando en este trabajo para conocer cuáles pueden ser las más útiles. Una vez completado este paso, se procederá en posteriores capítulos a tratar las herramientas seleccionadas con mayor profundidad.

2.4.- ENFOQUE PHVA PARA LA APLICACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING

La capacidad para la resolución de problemas en toda empresa u organización es fundamental para mantener una posición en el mercado. Uno de los métodos que utilizan las empresas que están enfocadas en desarrollar programas de mejoramiento continuo es el Ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar), también conocido como PDCA (plan, do, control, act) o ciclo de la rueda Deming. Este ciclo permite la mejora de la organización a todos los niveles, desde el operativo y hasta el estratégico.

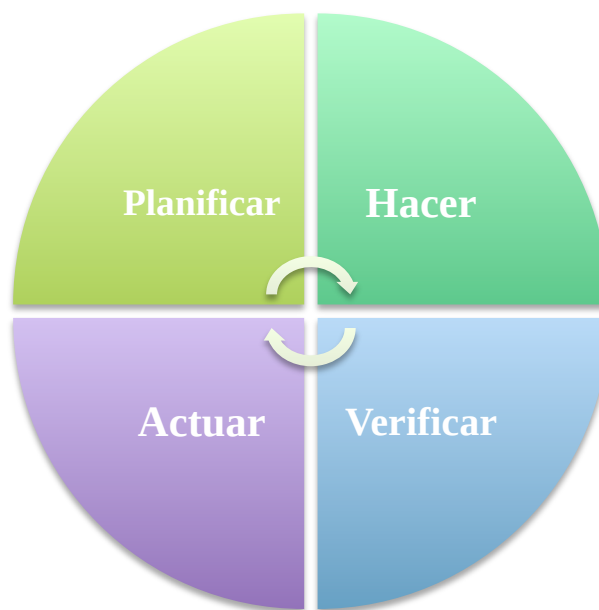


Figura 7. Ciclo PHVA

Las cuatro fases del Ciclo PHVA son:

- **Planificar:** esta fase debe realizarse una vez se haya estudiado la situación inicial. Una vez finalizado este análisis, se analizan los resultados con el objetivo de conocer cuáles son las áreas y aspectos potencialmente mejorables. Se eligen cuáles son las técnicas a utilizar y se seleccionan unos indicadores con unos valores objetivo.
- **Hacer:** en esta fase se pone en práctica lo planeado en la fase anterior, tomando nota de que todo se realiza según lo previsto y se recolectan datos.
- **Verificar:** se analizan los resultados obtenidos y se comparan con los objetivos que se habían estipulado en la primera fase de planificación.

- **Actuar:** si fuera necesario si aplican las medidas correctivas que se requieran según los resultados obtenidos de la fase verificación para que no se repitan aquellos puntos que han ido como se esperaba.

2.5.- HOJA DE RUTA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING

Se pretende establecer los pasos que permiten la implantación de las técnicas Lean previamente mencionadas para cualquier organización. A partir del siguiente capítulo y la finalización del trabajo, se aplicará esta metodología a una empresa del sector de las artes gráficas.

Son diferentes fases principales las que se necesitan para la implantación del Lean:

- Identificar el perfil de la empresa: se debe contextualizar la situación, es decir, la presentación de la misma, aspectos generales, recursos humanos, aspectos productivos y sistema de calidad con el que pueda contar la empresa.
- Realizar un mapeo de la cadena de valor. Se identifican las familias de productos mediante una clasificación de las de las operaciones que requieren, así como un estudio de los valores facturados para delimitar la/las líneas de productos que se consideran clave para la empresa.
- Diagnóstico y análisis de las operaciones, es decir, se detalla la participación de los procesos en el sistema, la elaboración del ideograma de recorrido general de producción, se diseña el mapa de flujo de valor actual para las familias seleccionadas y se estudia el ritmo de demanda de los clientes frente los tiempos de ciclo.
- Evaluar la empresa frente a las diferentes técnicas Lean, se basa en la recogida de información de todo el sistema.
- Aplicación de las técnicas Lean con mira a la mejora del proceso.

3.- CASO DE ESTUDIO: IMPRENTA FQM

FQM es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de todos los documentos relacionados con la gestión y marketing utilizados en el entorno empresarial y de la administración, especializados en la impresión en rotativa y la fabricación de documentos inteligentes.

La imprenta lleva operando en el mercado desde 1987, año en el que comenzó sus operaciones de fabricación, para atender la demanda del sector gráfico ampliando su mercado a clientes tanto del sector público, como del sector privado. Desde entonces, la actividad de la empresa se concentra en llevar a cabo un seguimiento constante del proceso de diseño, fabricación y distribución, buscando siempre dar valor y satisfacción a los clientes y dando servicio en todo el territorio nacional.

El modelo de negocio se basa en la fabricación de distintos tipos de documentos, que posteriormente serán especificados, y que abarcan desde los más comunes hasta otros más elaborados e innovadores.

Actualmente las instalaciones de FQM se encuentran establecidas en un polígono al sur de Madrid con unas instalaciones de 2000 m² y un tamaño de trece empleados.

3.1.- RECURSOS HUMANOS

De acuerdo con lo establecido en la misión estratégica de la organización se puede afirmar que el capital humano de FQM es uno de sus principales activos. Según la capacidad de producción y la maquinaria necesaria para cada uno de los procesos y productos, actualmente FQM cuenta con una plantilla de trece trabajadores repartidos en diferentes departamentos, que más adelante se detallarán.

Su filosofía se centra en asegurar la calidad de los trabajos. Para ello, cuenta con un personal que interviene en la realización de los mismos dotado de una base de formación, habilidades y experiencias. De esta forma, en FQM se realiza anualmente un plan de formación en el que se incluyen los cursos para satisfacer las necesidades de formación del personal y asegurar la toma de conciencia de la importancia de sus actividades, evaluando la eficacia de las acciones tomadas mediante la puesta en práctica del mismo. El resultado de esta evaluación se indica en la Revisión por la Dirección.

FQM determina la competencia necesaria para la realización de trabajos que afectan a la calidad del producto o servicio, documentándolo sobre el registro “perfiles de puesto”. Para asegurar que el personal cumple esta competencia, se mantienen registros de “Ficha individual de formación”, el CV y registros de formación.

Todo el personal que realiza tareas específicas está cualificado mediante formación inicial o complementaria y/o una experiencia apropiada, según las necesidades. Dicha formación es impartida por el jefe de producción.

Por último cabe destacar que el turno de trabajo de los empleados en la actualidad es de ocho horas diarias.

El organigrama del grupo se expone a continuación:

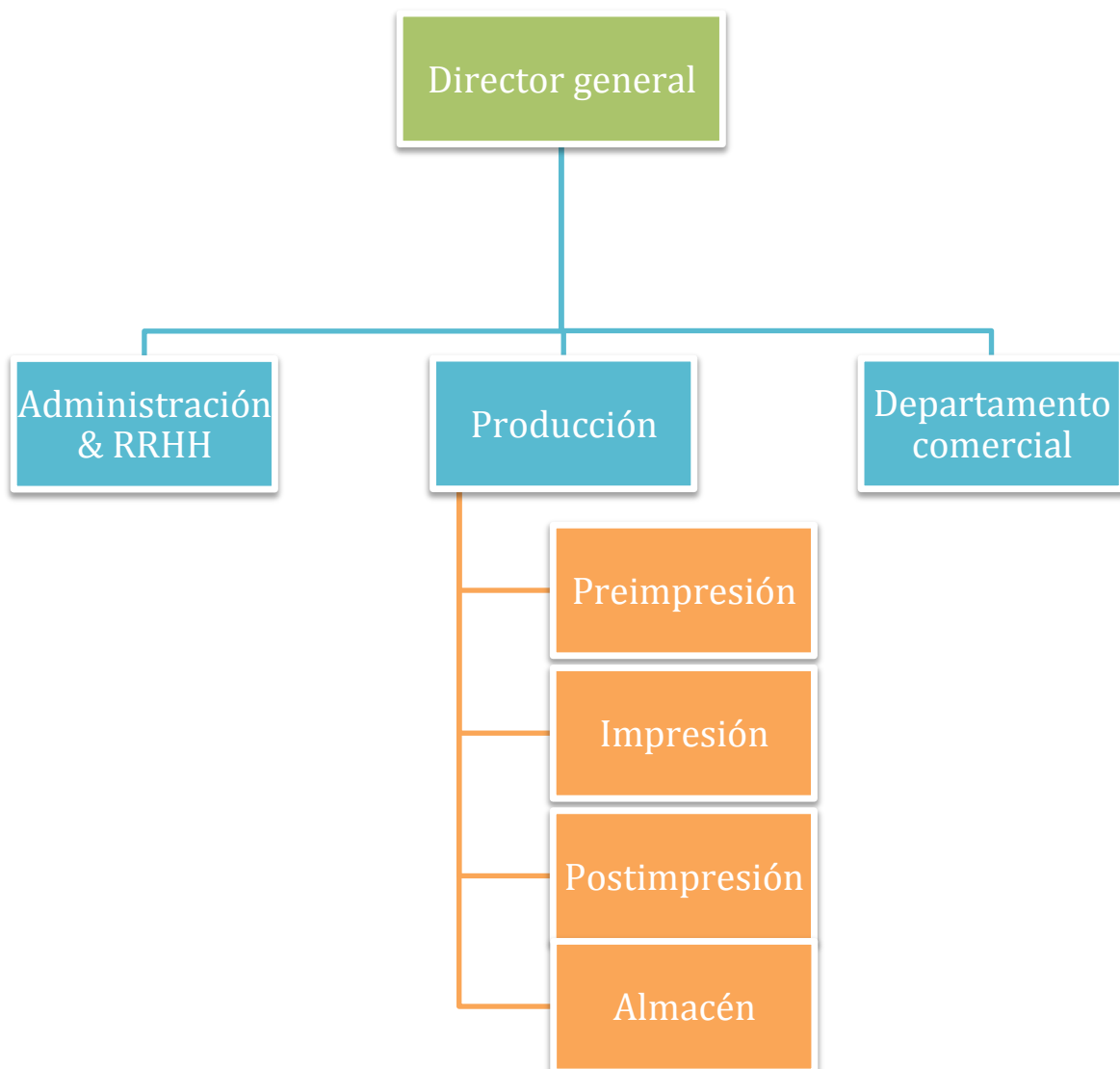


Figura 8. Organigrama de FQM

Partiendo de este organigrama, cada uno de los integrantes de la organización tiene una serie funciones:

- Dirección - 1 persona (1 turno)
Responsable de controlar el buen funcionamiento de la empresa, del cumplimiento de los objetivos y de la calidad con el fin de dar el mejor servicio posible a los clientes.
- Departamento de administración
 - 1 administrativa (1 turno)
 - Captación de clientes
 - Generación de presupuestos
 - Generación hoja de pedido
 - Generación ordenes de fabricación
 - Visado y seguimiento de pedidos subcontratados

- Compra de papel
- Facturación a los clientes
- Generación órdenes de compra de subcontratación

- 1 secretaria (1 turno).
- Preparación de albaranes
- Atención al cliente

- Departamento Comercial – 1 persona (1 turno)
 - Captación de clientes
 - Generación de presupuesto
 - Generación pedido de fabricación
 - Atención de reclamaciones

- Departamento de Producción
 - o 1 jefe de producción
 - Control del departamento
 - Planificación del trabajo en función de los plazos de entrega
 - Revisión de las of prevenientes de administración
 - Distribución de las planchas a las distintas máquinas
 - Supervisión de los trabajos
 - Aceptación de los productos terminados
 - Introducción de las ordenes de trabajo en la base de datos una vez finalizados
 - Contratación de personal de taller
 - Formación de personal de taller
 - Compras de materias primas
 - Atención de averías e incidencias

 - o 1 operario en preimpresión
 - A partir de la of (especificaciones, original, fotomecánica, diseño) se generan fotolitos y planchas para la producción.

 - o 3 operarios en impresión (1 turno a excepción de momentos puntuales en los que la carga de trabajo necesite de horas extra)
 - 3 maquinistas de rotativas para las tres máquinas de impresión.
 - A partir de la of (especificaciones del cliente, materia prima proveniente del almacén y material aportado por preimpresión se fabrica los documentos especificados en la orden de fabricacion.
 - En impresión variable se personaliza mediante impresión láser los documentos a partir de las bases de datos y especificaciones del cliente.

 - o 4 operarios entre postimpresión (1 turno a excepción de momentos puntuales en los que la carga de trabajo necesite de horas extra)
 - 3 encargados de las máquinas de ensamblado (colectoras): 2 oficiales y un auxiliar que a su vez hace las labores de almacén.
 - 1 operario encargado de la máquina de acabado especial Omegher.

- Las operaciones de postimpresión abarcan el ensamblado del producto y su correspondiente embalaje.
- 1 operario encargado del almacén. Este operario es un encargado a su vez de las máquinas de ensamblado, por tanto, ya ha sido contabilizado.
- Los trabajos acabados pasan etiquetados a almacén donde se preparan para el envío.

3.2- PRODUCTOS

En FQM se realizan una gran cantidad de productos de impresión diferentes. Cada uno de ellos tiene una serie de características y de opciones de personalización que el cliente puede solicitar, tales como las medidas, los colores, el gramaje del papel, la opción de la impresión variables mediante códigos de barras, troquelado, microperforados, tintas, acabados, Etc.

A continuación se va a detallar cada uno de ellos, junto con sus características²:

✓ **Formularios en continuo**



Figura 9. Formulario en continuo

- Las medidas disponibles son: 4", 8", 8 1/2, 9", 11", 11" 4/6, 12"
- Impresión de 1 a 8 tintas (cuatricromía CMYK), además de tinta desensibilizante y tinta invisible ultravioleta.
- El número de hojas que puede incluir tiene un máximo de 8 hojas, que a su vez pueden ser autocopiativas o en papeles offset de 70, 80, 90, 120, 170 gramos.
- Puede incluir numeraciones, mecánicas simples, con códigos de control o mediante códigos de barras variables.
- Opciones extras: Taladros de archivo, microperforados y cortes interiores para vales o cupones.

² Las especificaciones de los productos están disponibles en la página web de la empresa: www.forquima.es

✓ **Juegos autocopiativos. Snap-out**



Figura 10. Juego autocopiativo. Snap-out

- Impresión de 1 a 8 tintas (cuatricromía CMYK), además de tinta desensibilizante y tinta invisible ultravioleta.
- El número de hojas que puede incluir tiene un máximo de 8 hojas, que a su vez pueden ser autocopiativas o en papeles offset de 70, 80, 90, 120, 170 gramos.
- Puede incluir numeraciones, mecánicas simples, con códigos de control o mediante códigos de barras variables.
- Opciones extras: Taladros de archivo, microperforados y cortes interiores para vales o cupones.

✓ **Talonarios autocopiativos**



Figura 11. Talonario autocopiativo

- Impresión de 1 a 8 tintas (cuatricromía CMYK), además de tinta desensibilizante y tinta invisible ultravioleta.
- El número de hojas que puede incluir tiene un máximo de 8 hojas, que a su vez pueden ser autocopiativas o en papeles offset de 70, 80, 90, 120, 170 gramos.
- Puede incluir numeraciones, mecánicas simples, con códigos de control o mediante códigos de barras variables.
- Incluye extras tales como cortes interiores para cupones o vales, taladros de archivo o microperforados.
- Los acabados que se ofertan pueden ser: cubiertas con portada, cartón vuelto, grapa, engomados.

✓ **Impresos confidenciales**



Figura 12. Impreso confidencial.

- o Los documentos pueden presentar diferentes hojas cerradas por sus cuatro extremos a través de áreas autocopiativas unidas mediante colas, con la información confidencial en su interior.
- o FQM oferta formatos en continuo o juegos sueltos.
- o Con medidas de seguridad, conteniendo troqueles y tintas invisibles.

✓ **Documentos autoensobrables**



Figura 13. Documento autoensobrible.

- o Pueden ser en hoja Din A4 ó en continuo.
- o El documento está cerrado mediante colas que pueden ser de contacto o humectables.

✓ **Documentos postales**



Figura 14. Documento postal.

- o Según la normativa de correos.
- o Puede fabricarse en cualquier medida de hoja o en continuo
- o Formatos en continuo: 4", 6", 8" y 11" 4/6" y 12".
- o Puede incluir etiquetas integradas o combinarlos con documentos autoensobrables.

✓ **Impresión de bobinas marketing**



Figura 15. Bobina de marketing.

- Puede ser de hasta ocho colores y 600 mm de radio.
- Los acabados pueden ser taladros, perforados o troquelados.

✓ **Etiquetas integradas**



Figura 16. Etiqueta integrada

- Producto formado por una hoja de papel, que puede ser suela o en continuo, el cual incluye una etiqueta adhesiva personalizada según las especificaciones del consumidor.

✓ **Tarjetas integradas**



Figura 17. Tarjeta integrada

- Está formado por una Tarjeta integrada y laminada por las dos caras junto con un formulario de captación de datos. Además es ligera o de muy difícil rotura.

✓ **Etiquetas DINA4 rollo y continuo**



Figura 18. Etiquetas en rollo.

- Puede ser impresa con impresiones fijas o datos variables, numeraciones y códigos de barras.
- Las etiquetas de rollo puede incluir plastificados, estampaciones, hologramas inserción de RFID.

✓ **Tickets y Entradas**



Figura 19. Tickets/Entradas.

- Se fabrica sobre papeles térmicos o de seguridad. También en cartulinas.
- Formato: en rollo, continuo, zig-zag, o talonarios.
- Puede incluir un máximo de ocho tintas, así como numeraciones variables o códigos de barras. Hasta en 8 colores más tintas invisibles o estampaciones oro y plata.

✓ **Documentos impresos + RFID**



Figura 20. RFID.

- Las etiquetas son incluidas en cada documento, que puede ser en hoja o en continuo

✓ **Documentos de seguridad**



Figura 21. Documento de seguridad.

Estos documentos que incluyen PINCODE (Personal Identification Number). Son fabricados con el principio de la tarjeta integrada.

✓ **Ducoparking Acreditaciones**



Figura 22. Docuparking.

- Tarjetas para ser adheridas a los vehículos.
- Incluye datos de personalización del vehículo
- Se fabrica con tintas ultravioleta.

3.3- PRODUCCIÓN

En esta apartado se va a proceder a documentar todas las actividades que participan en FQM, no sólo las que se desarrollan directamente en la fabricación de los productos, sino también otras que permiten y facilitan su desarrollo.

En primer lugar cabe distinguir que la producción es del tipo Job Shop por talleres, que le permite producir gran cantidad de referencias en diferentes secuencias de operación y bajos volúmenes en los procesos. Por otro lado, las diferentes equipos y máquinas están distribuidos en un Layout funcional, por tanto, las máquinas de impresión se ubican en una parte diferente de los equipos de terminado o postimpresión.

Los operarios trabajan solamente en la máquina designada, solo en caso del subproceso de troquelado o embalaje pueden utilizar las máquinas correspondientes. Por otra parte, al presentarse un flujo de producción de muchos productos (de cualquier grupo) en bajos volúmenes no se observan máquinas especializadas, usándose máquinas de propósito general. El flujo de materiales es diferente para cada trabajo.

El modelo de producción opera basado en órdenes de venta Make to order, lo cual lleva a que en el proceso de producción existan trabajos de diferentes características en su elaboración. Sin embargo, se desarrollan rutas para cada orden de trabajo a través de la planta, aunque en ocasiones es difícil el control debido a la continua variación en la planeación. A pesar de ello, una ventaja a destacar es la alta flexibilidad por parte de los equipos para reprogramar las diferentes órdenes de trabajo.

A continuación se explican y detallan los procesos:

3.3.1.- Estudio de la producción por procesos

En el momento de la realización de este trabajo, FQM no presentaba un manual de procesos. Por ello, se ha procedido a hacer una clasificación y caracterización de los procesos con el objetivo de aclarar el proceso de producción y poder así optimizar los resultados.

Para ello se ha hecho un análisis en planta, tanto de los procesos que se realizan en los diferentes departamentos que ya han sido presentados anteriormente, como de las operaciones que cada uno de

ellos engloban. Todo ello se ha ido realizando mediante la observación de los lugares de trabajo y con el contacto directo de todos los operarios de la compañía.

Con el fin de tener una visión más clara del proceso productivo se han dividido los procesos en tres grandes bloques:

- *Procesos de administración o de control:* definen la estrategia y la política de la empresa. También corresponden al control de las acciones que se realizan con el fin de lograr los objetivos de la organización.
- *Procesos de soporte:* son aquellos que engloban actividades internas de la empresa y que aseguran su buen funcionamiento. Suelen ser invisibles para el cliente y hacen posible que se cumplan los procesos de realización.
- *Procesos de realización:* corresponden a la realización del producto o servicio.

Tipología	Proceso	Área responsable	Área afectada	Entrada	Recurso	Salidas
Soporte	Gestión de cobros	Administración	Administración	Factura	Responsable de administración. Documentación: facturas, recibos, albaranes	Recibo de ingreso
	Formación del personal	Producción	Preimpresión/Impresión/Postimpresión/Almacén	Trabajador sin formación	Jefe de producción.	Trabajador formado
	Contratación del personal	Producción	Producción	Puesto vacante	Jefe de producción. Documentación: Perfiles de puesto, CV.	Trabajador contratado
	Compras	Administración/Producción	Preimpresión/Impresión/Postimpresión	Petición de compra	Implicados: operario y jefe de producción. Documentación: Registro de compra.	Recepción de compra
	Contabilidad	Administración	Administración / Comercial	Datos financieros	Responsable de administración. Documentación financiera.	Cuentas
	Subcontratación	Administración/Secretaría	Administración/Producción	Pedido de producción externa	Secretaría. Presupuesto	Producto

	Pedidos	Administración	Preimpresión/Impresión/Postimpresión/Almacén	Recepción de un pedido	Responsable de administración. Presupuesto. Hoja de pedido.	Orden de fabricación.
	Presupuesto	Administración/Comercial	Preimpresión/Impresión/Postimpresión/Almacén	Solicitud de presupuesto	Responsable de administración y comercial. Plataforma web. Hoja de cálculo de FQM para presupuestos.	Envío de presupuesto al cliente
	Captación de clientes	Comercial	-	Oportunidad de negocio	Responsable comercial.	Clientes
	Atención al cliente	Administración/Secretaría	-	Petición de información	Secretaria. Fax, teléfono, página web	Información
Realización	Recepción	Administración/Producción	Almacén	Entrada de material en camión	Responsable de almacén. Albarán. Sello. Carretilla elevadora.	Material
	Almacenamiento	Administración/Almacenaje	Almacén	Materia prima.	Responsable de almacén. Hoja de control de movimientos. Carretilla elevadora.	Materia prima preparada para producción. Material devuelto
	Planificación de pedidos	Producción	Impresión	Planchas, pruebas y o.f del pedido.	Jefe de producción.	Material ordenado por prioridad de impresión en cada máquina
	Preimpresión de planchas	Administración/Preimpresión	Impresión	Orden de fabricación. PDF's o documento en papel	Responsable de preimpresión. Programa de edición. Maquinaria de generación de planchas	Planchas
	Impresión de documentos	Impresión	Postimpresión	Planchas. Orden de fabricación	Jefe de producción. Operarios responsables de máquinas. Materia prima. Máquinas rotativas	Bobinas impresas

	Ensamblado	Postimpresión	Postimpresión	Bobinas impresas. Orden de fabricación.	Operarios responsables de las máquinas. Maquinaria de ensamblado. Materia prima	Producto final
	Embalaje	Postimpresión	Almacén	Producto final. Orden de fabricación.	Operario. Etiquetas.	Producto final embalado y dispuesto en pallets
	Expedición	Administración/ Almacén	Almacén	Producto terminado	Responsable de almacén. Jefe de producción. Responsable de administración. Albaranes. Vehículos de transporte.	Producto introducido en el transporte
Administración	Control de incidencias	Preimpresión/Impresión/Postimpresión/ Almacén	Preimpresión/Impresión/Postimpresión/ Almacén	Avería/Incidencia.	Jefe de producción. Empresas satélites. Hoja de incidencias.	Avería resuelta.
	Gestión de reclamaciones	Comercial	Producción	Reclamación	Responsable comercial	Solución*
	Seguimiento de resultados financieros	Comercial	Producción	—	Responsable comercial. Informes y documentación.	—

Tabla 2. Cuadro de procesos.

3.3.2.- Herramienta para el control de calidad

Introducción

La planificación, ejecución y mejora requiere el registro de las actividades, las etapas y las tareas. Como mecanismo de apoyo para este fin se puede utilizar los diagramas de flujo. Por tanto, se va a detallar más en profundidad las actividades que se realizan en los procesos principales a través de estos diagramas de flujo.

En ellos se representan las etapas en las que se pueden descomponer cada proceso, y la forma en la que están realionadas entre sí. Con ello, se puede ayudar a conocer las necesidades y los momentos de incoportación al proceso de equipos, personal, materias primas..etc.

Para realizarlos ha sido imprecindible la toma de conectato con las personas que participan en todas las actividades con el objetivo de conocer con precisión los límites del proceso (inicio y fin), las etapas principales, las necesidades, los recursos, los tiempos de ciclo y el análisis y la verificación de los mismo.

Es importante conocer la simbología para tener una comprensión clara de los diagramas, por ello se sintetiza en este cuadro los simbolos utilizados.

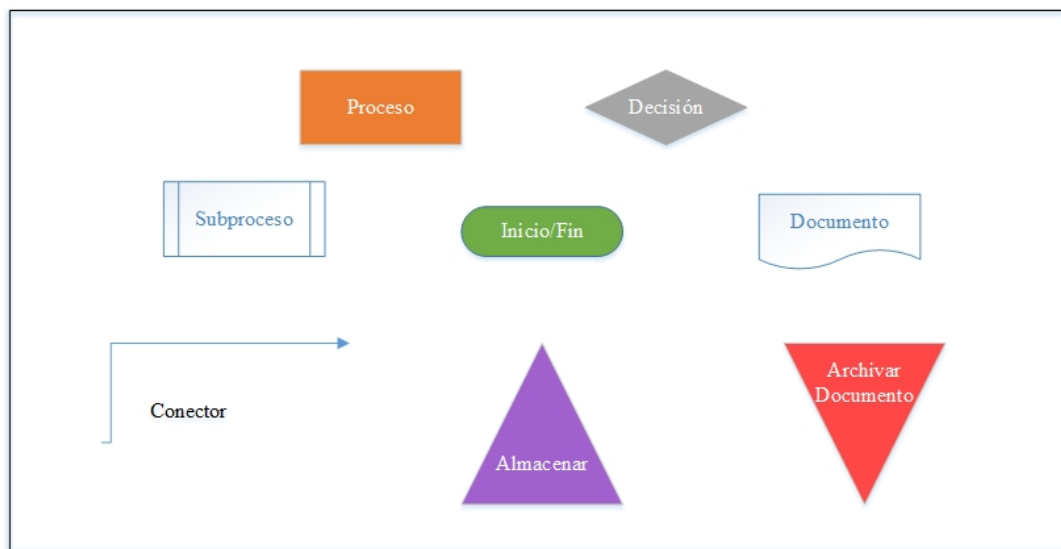


Figura 23. Simbología para diagramas de flujo.

Tras el trabajo en planta los diagramas obtenidos se van a presentar clasificados como se ha descrito en el apartado anterior en los procesos de soporte y de realización.

PROCESOS DE SOPORTE

- Proceso de compras:

Para garantizar el éxito en la compra se parte de una descripción precisa del suministro y una identificación clara y completa de los requisitos que ha de cumplir el proveedor sobre el mismo. En caso de que el pedido sea de papel, se realizará por el departamento de administración, en cualquier otro caso es el Jefe de producción quien lleva a cabo el proceso. Los documentos de compra son archivados por el departamento de administración junto con los albaranes del proveedor.

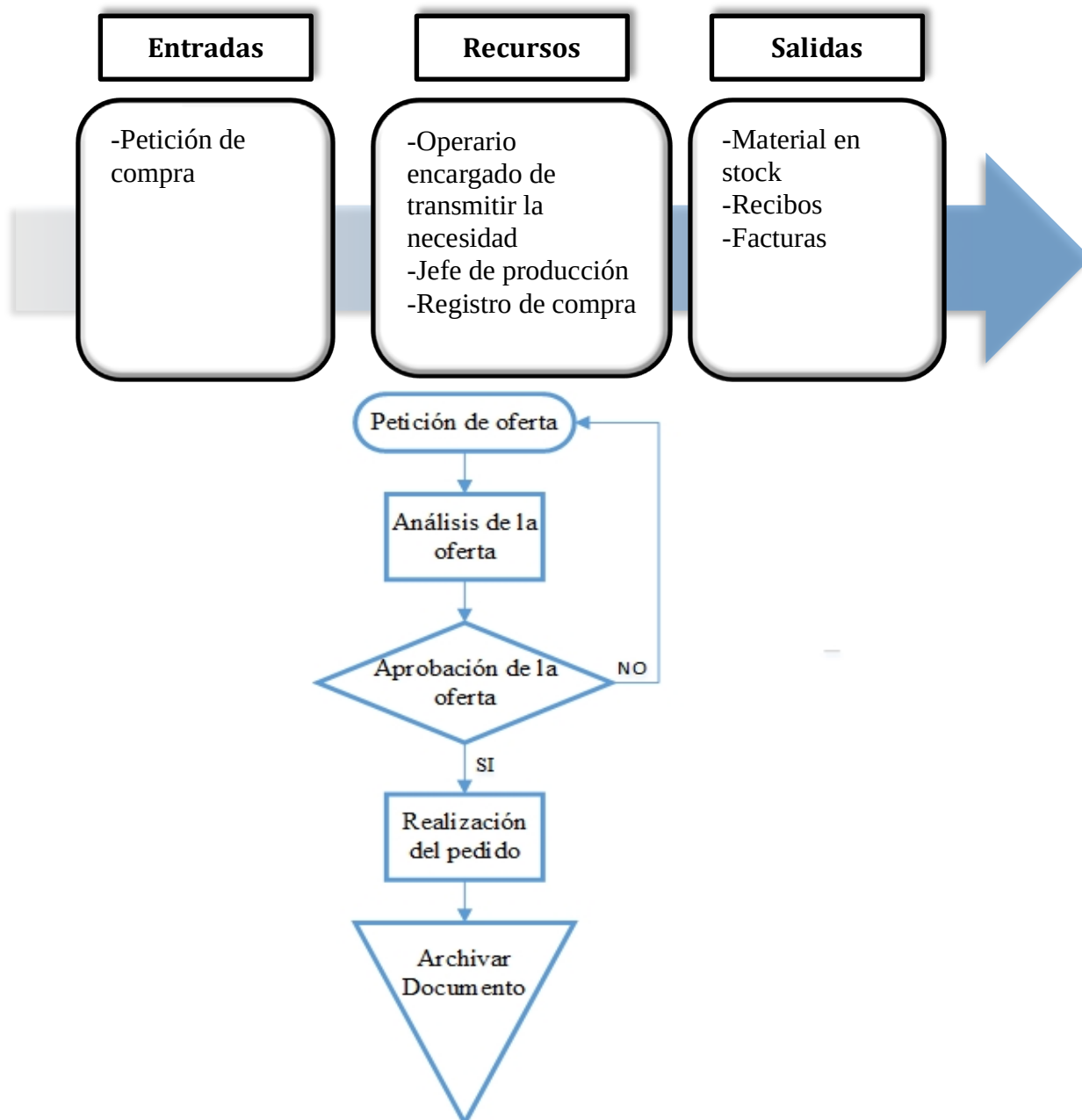
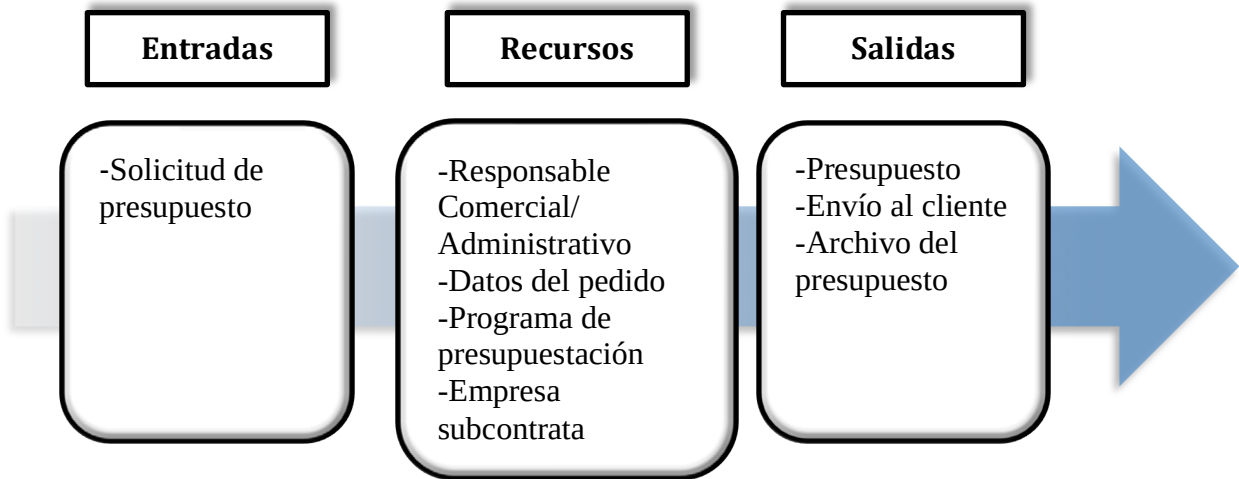


Figura 24. Flujograma del proceso de compras.

- Proceso de solicitud de presupuesto

Dicho proceso comienza con la recepción de la solicitud de presupuesto por parte del cliente en el departamento de administración. En caso de que el tipo de producto del pedido entre dentro del margen de los estándares ofrecidos por FQM, el presupuesto se realiza en Administración. Si el cliente requiere de características especiales dicho presupuesto es transferido al departamento comercial. Una vez realizado el presupuesto es enviado al cliente. Este presupuesto se utiliza el programa de gestión Sege.



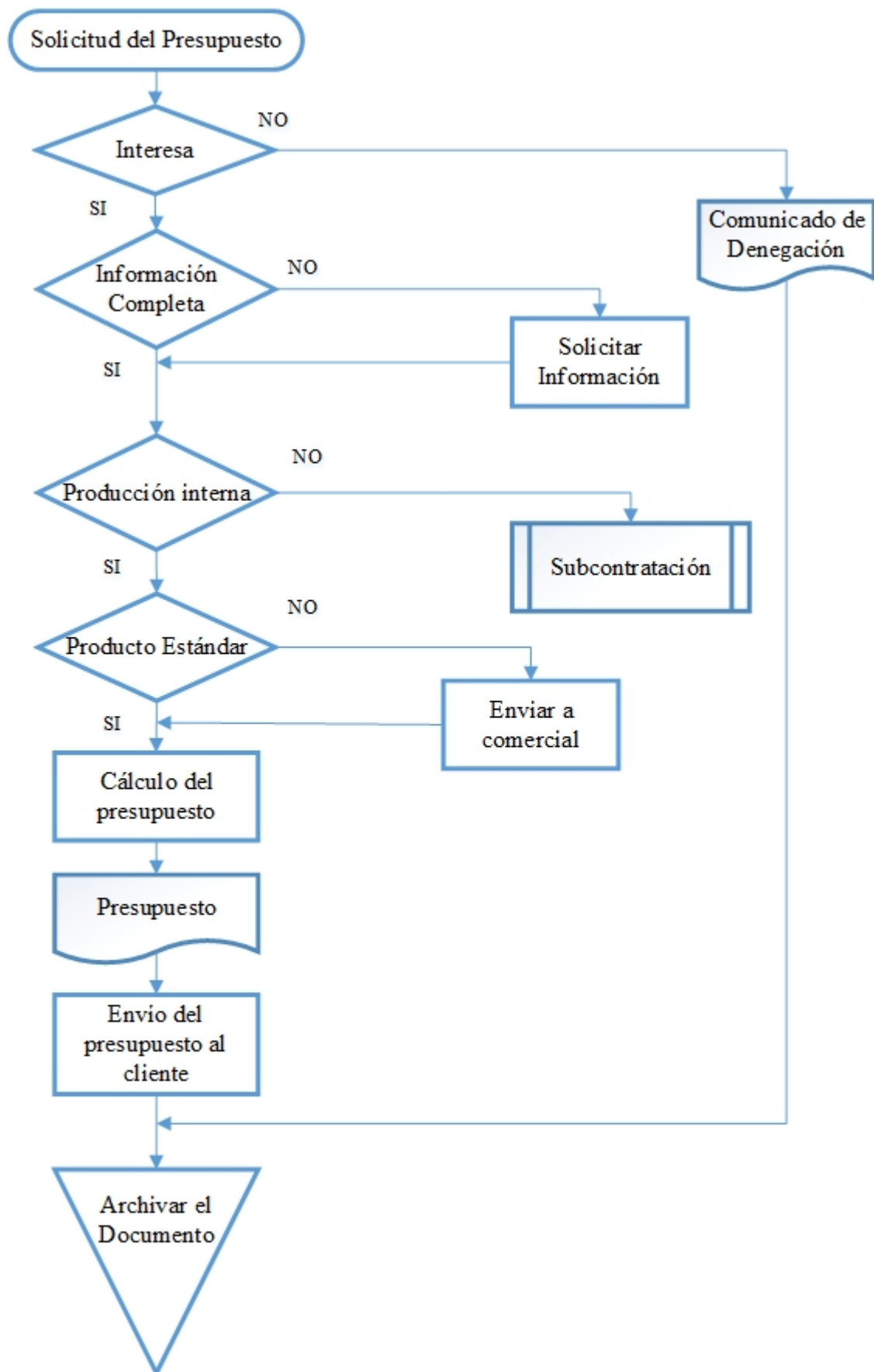
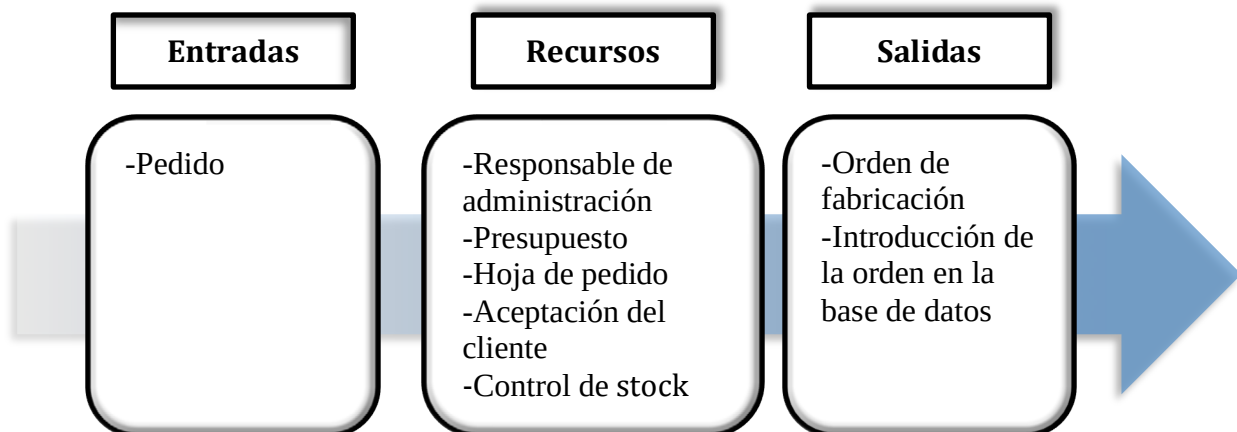


Figura 25. Flujograma del proceso de presupuesto.

- Proceso de pedido:

En caso de que el cliente no apruebe el pedido puede ser necesario hacer una modificación del mismo, o incluso uno nuevo. Una vez aceptado, se comprueba si las condiciones de entrega siguen siendo factibles en la fecha de aprobación, en caso de no ser así se comunica al cliente. Las fechas de entrega se establecen en quince días por defecto. Una vez aceptado el presupuesto, se abre una hoja de pedido por el responsable de administración con los detalles del cliente, del producto y de las fechas de entrega. Se comprueba si hay suficiente papel en stock y de no ser así se hace un pedido. Por último se abre la orden de fabricación que es transferida al jefe de producción.



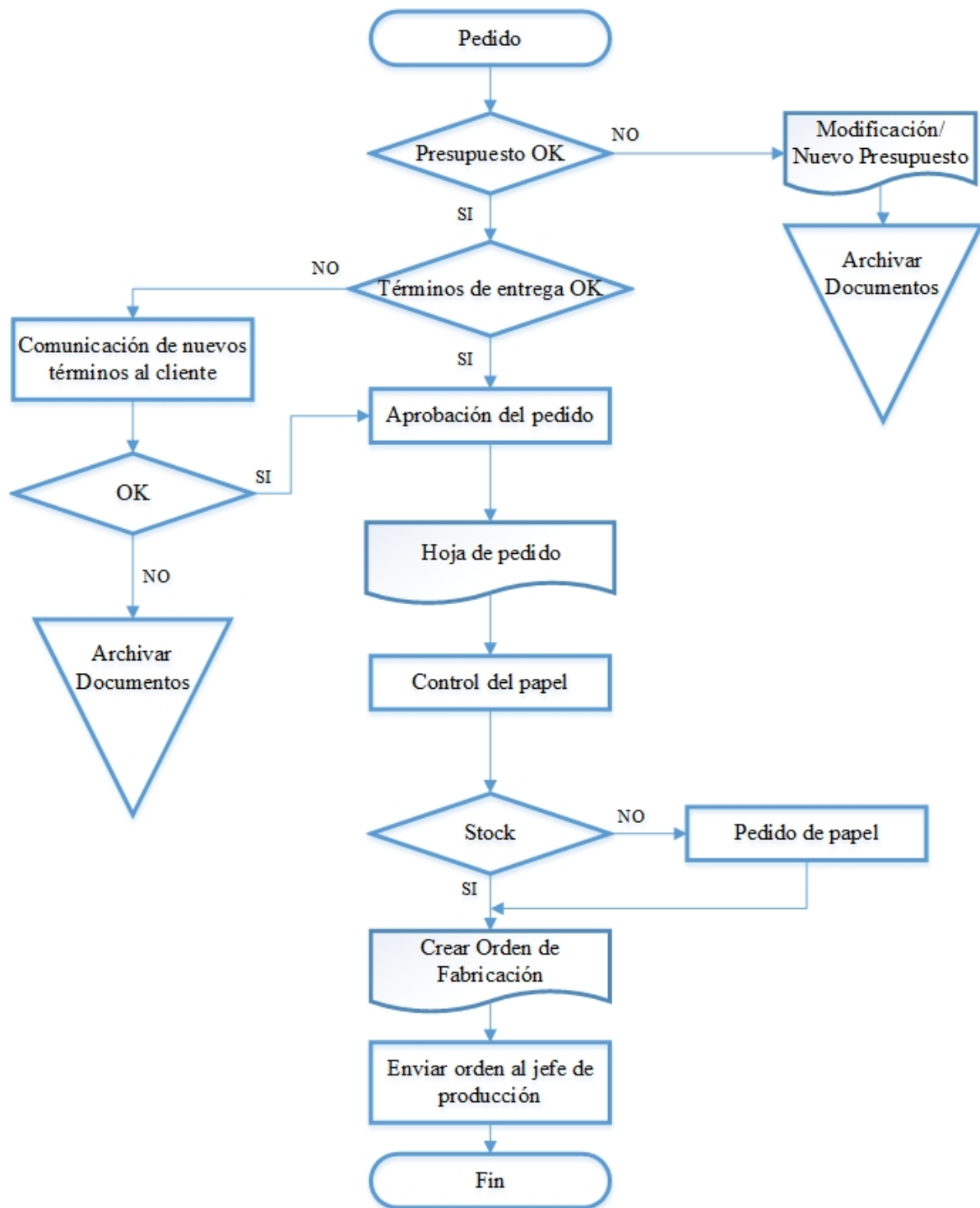


Figura 26. Flujograma del proceso de pedido.

- Proceso de gestión averías/incidencias:

En caso de detectarse una incidencia durante la producción de un producto el jefe de producción es el encargado de su consecuente resolución tras estudiar el problema y tomar decisiones. En caso de que una máquina esté averiada y no se tengan los medios para su reparación, el jefe de producción acude a una empresa satélite. Todos los fallos e incidencias se archivan en una base de datos de incidencias.

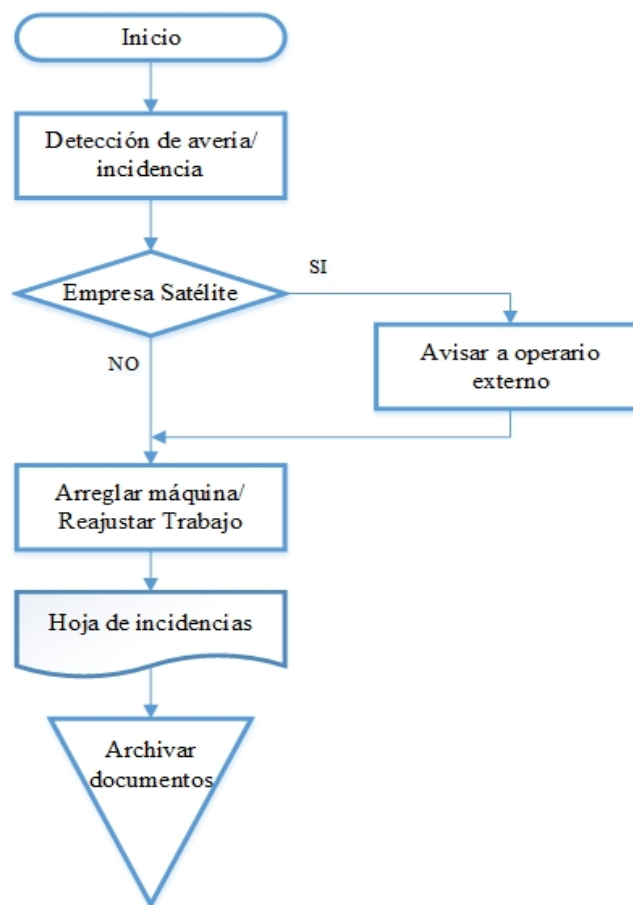
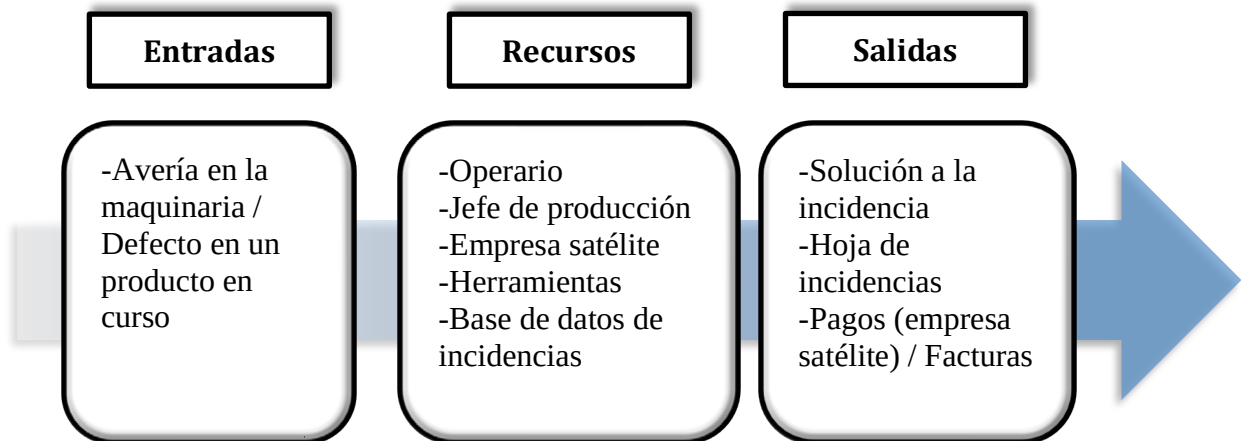


Figura 27. Flujograma del proceso de incidencias.

PROCESOS DE REALIZACIÓN

- El proceso de Recepción y Almacenamiento se da en el momento de llegada del material del exterior y en el momento de almacenar material para los procesos internos.

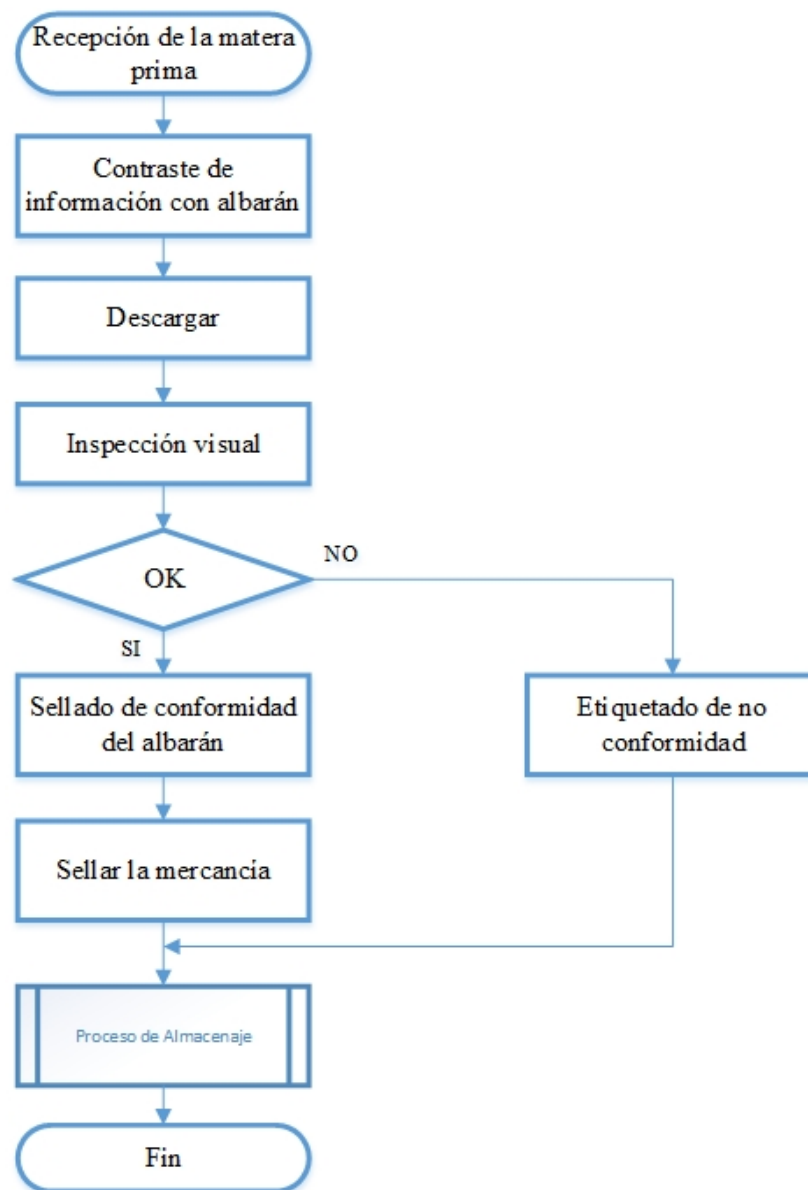
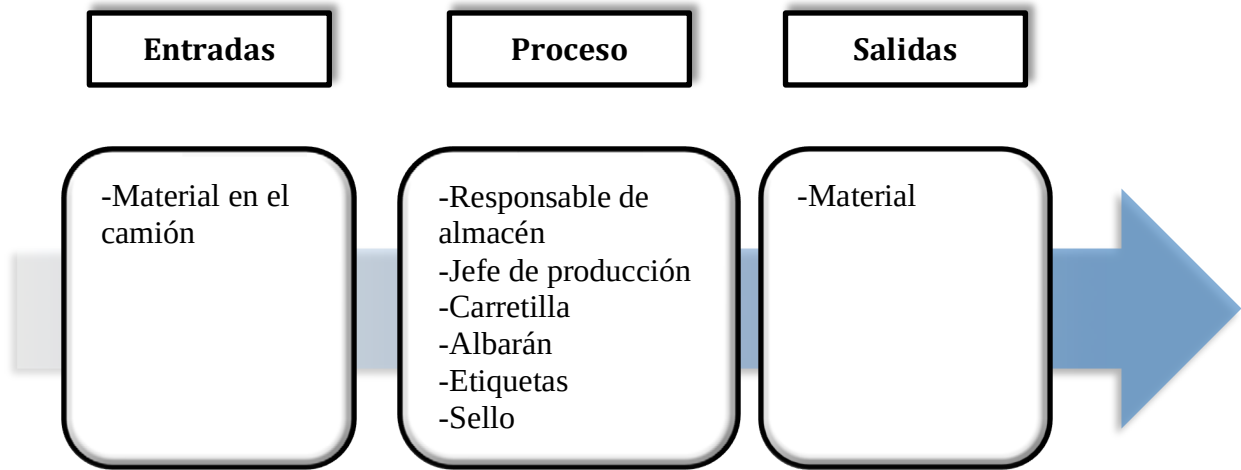


Figura 28. Flujograma del proceso de recepción.

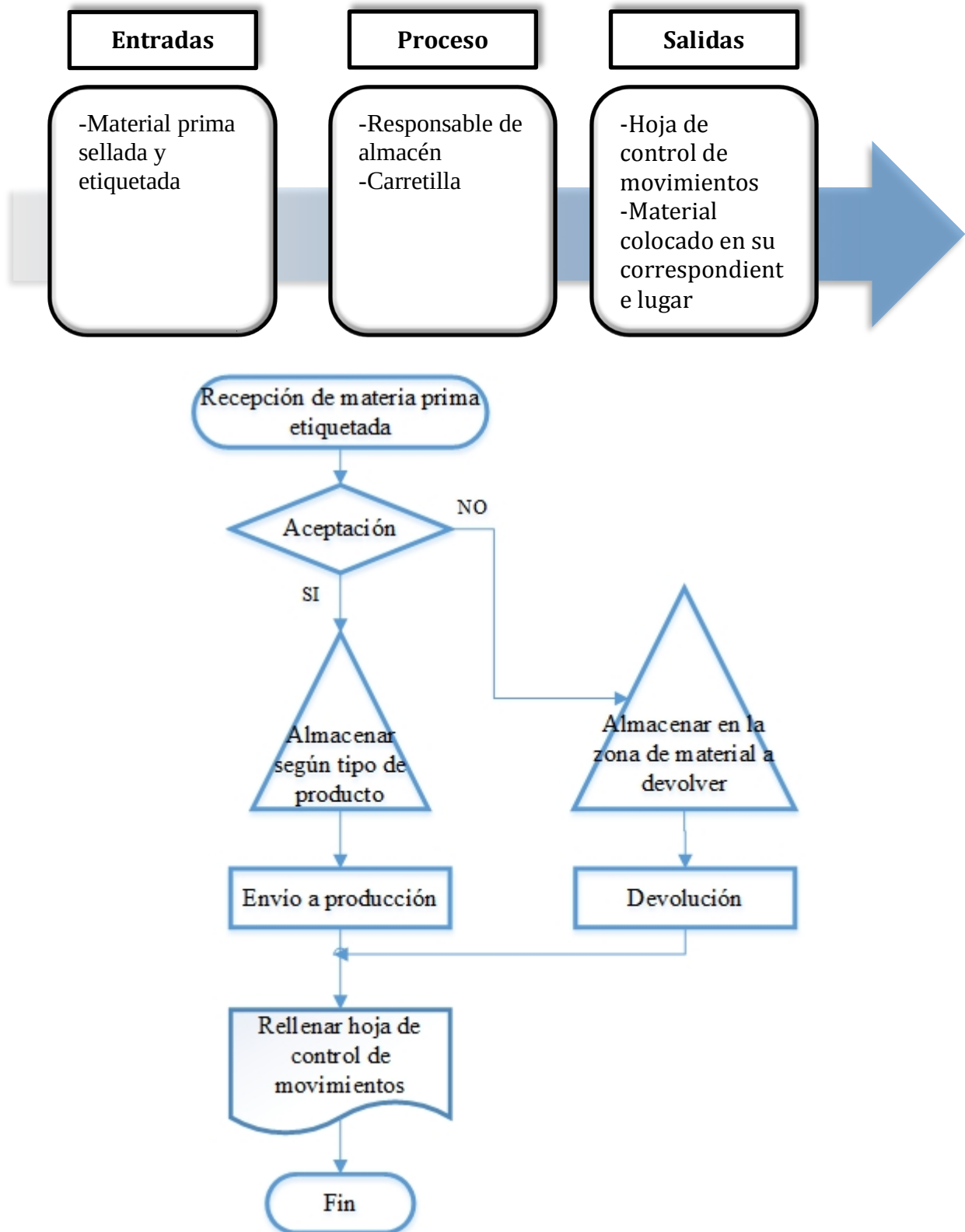


Figura 29. Flujograma del proceso de almacenaje.

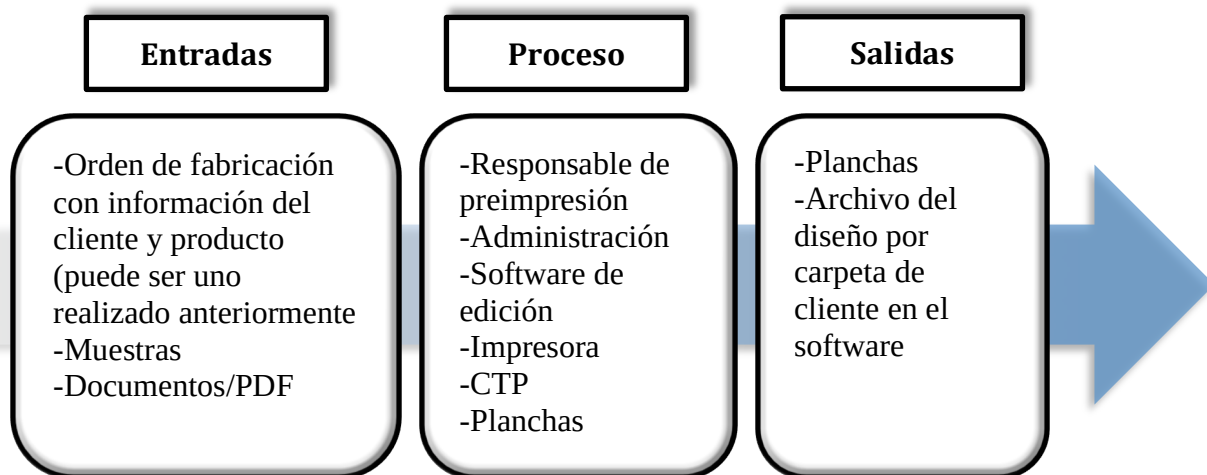
- Proceso de preimpresión:

Recoge todos los procedimientos a seguir desde la recepción de originales hasta la obtención de la forma impresora.

El diseño del producto puede obtener mediante varias vías:

- Envío de un documento patrón. En este caso, el departamento de Administración envía el documento a Preimpresión para la realización directa de las plantillas siguiendo dicho patrón.
- Envío de una ciertas especificaciones (textos, imágenes, patrones...). En este caso es en el departamento de Preimpresion donde se diseña el propio documento.

En ambos casos el cliente tiene la libertad de podir una muestra de forma gratuita.



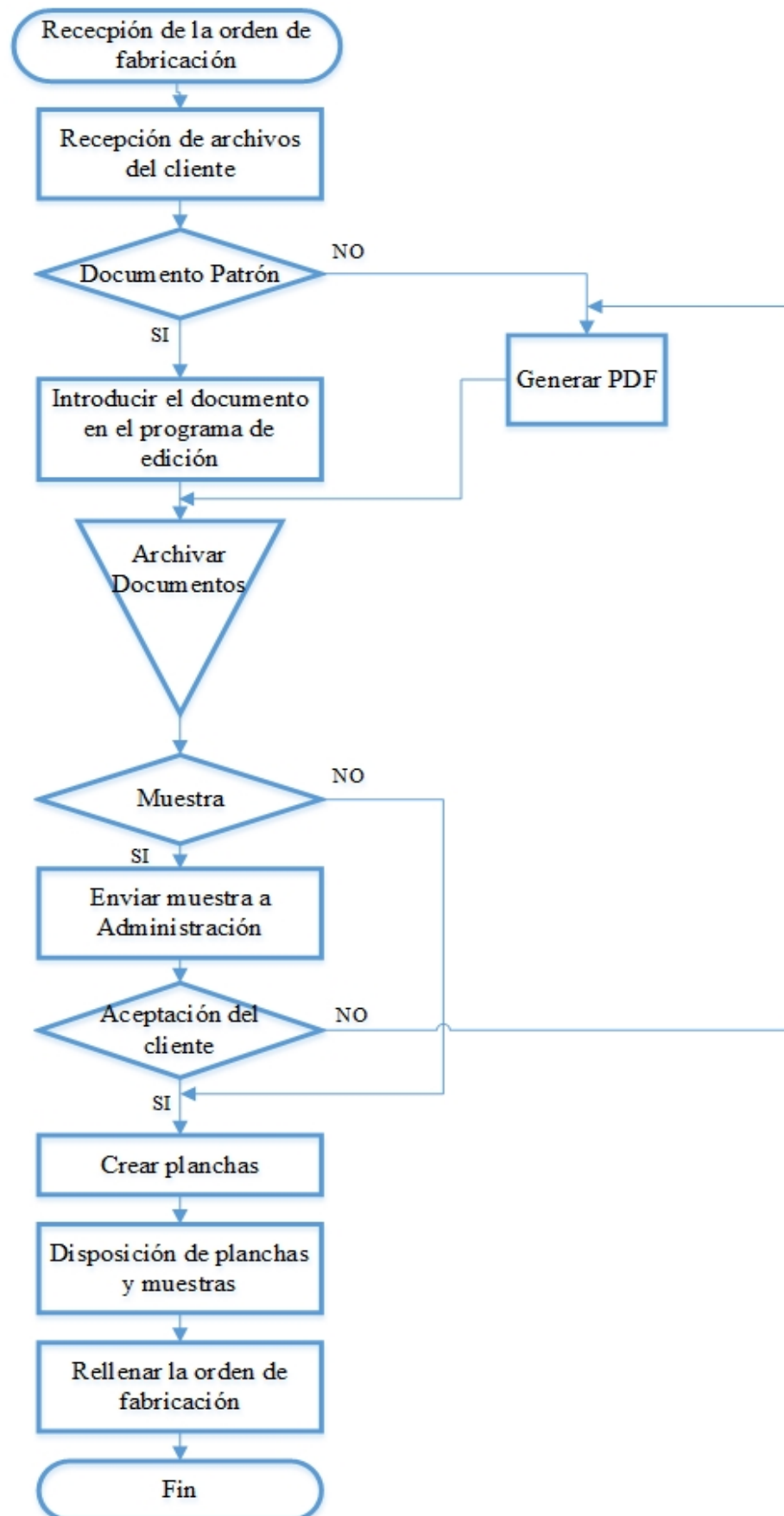


Figura 30. Flujograma del proceso de preimpresión.

- Proceso de Impresión:

FQM ofrece diferentes tipos de productos a sus clientes. Está especializada en impresión rotativa y documentos inteligentes e integrados y formularios en continuo.

Prácticamente todos los productos están fabricados sobre papel litos o papel offset. El método de impresión que se utiliza en FQM con las máquinas rotativas que dispone es la impresión en offset³. Con el fin de personalizar los productos, también se utiliza la impresión de datos variables permite que el nombre del cliente y la dirección aparezcan en cada documento o códigos de barras, por ejemplo. Para ello, las máquinas disponen de unos ordenadores con las correspondientes bases de datos. Por otro lado también se utiliza la tecnología RFID⁴, y la impresión ink-jet.

El tiempo de preparación de las máquinas, que incluye el cambio de formatos, el cambio de las panchas, las bobinas de papel, la programación del autómatas y la puesta en marcha, se estima por experiencia de los operarios y se incluye por el departamento Comercial o de Administración para realizar el presupuesto del mismo.

En cuanto a la coloración del papel para realizar los trabajos hay varias alternativas:

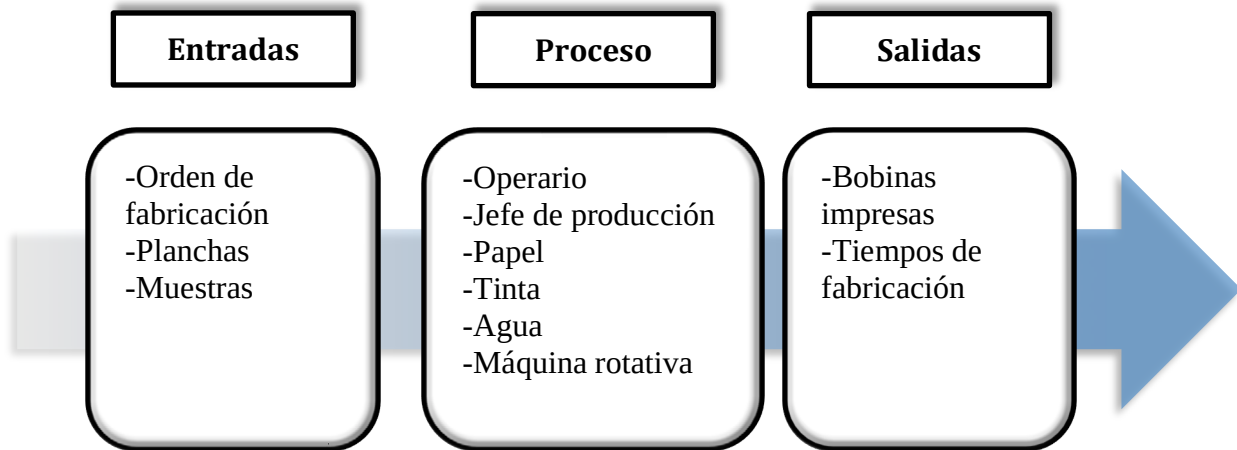
- ❖ Impresión en cuatricromía: La impresión offset se realiza mediante planchas monocromáticas, de modo que debe crearse una plancha por cada color a imprimir; en el caso de la fotocromía, por cada uno de los cuatro colores del modelo de color CMYK (cian, magenta, amarillo y negro), además, interviene en el proceso un quinto color: el blanco del papel. Utilizando cantidades diferentes de esos cinco colores, pueden reproducirse casi cualquier color.
- ❖ Eligiendo directamente de la carta de colores PANTONE.

Cabe mencionar que actualmente suelen realizarse sobre un 5%- 10% (es una estimación de manera estándar) más de impresos por cubrir posibles márgenes de error. En dicho caso, el trabajo vuelve a repetirse y existe una base de datos donde se anotan dichos errores, la causa y la solución tomada. El papel sobrante es reciclado.

Una vez que las bobinas han sido imprimidas, por orden de salida los operarios las llevan al departamento de ensamblado para su posterior tratado.

³ “La plancha se moja con agua o una solución polar para que repela la tinta en las zonas donde no hay imagen (zona hidrófila), así el resto de la plancha toma la tinta en las zonas donde hay un compuesto hidrófobo o apolar (también conocido como oleófilo) con la forma del motivo a imprimir previamente grabado en la plancha. La imagen o el texto se transfieren a la superficie a imprimir a través de un cilindro cubierto en su superficie por un material flexible (mantilla), generalmente caucho o silicona, que recibe la imagen para transferirla, por presión, a la superficie impresa que generalmente es de papel.” Fuente: <http://www.dayako.com/impresion/offset>

⁴ **RFID** (Identificación por radiofrecuencia) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto utilizando unos dispositivos llamados etiquetas o tags, que son adhesivas y pueden ser tratadas como “pegatinas”. El objetivo es transmitir información mediante ondas de radiofrecuencia y no mediante ondas ópticas como en los códigos de barras. Tienen una antena que puede responder a un lector-emisor.



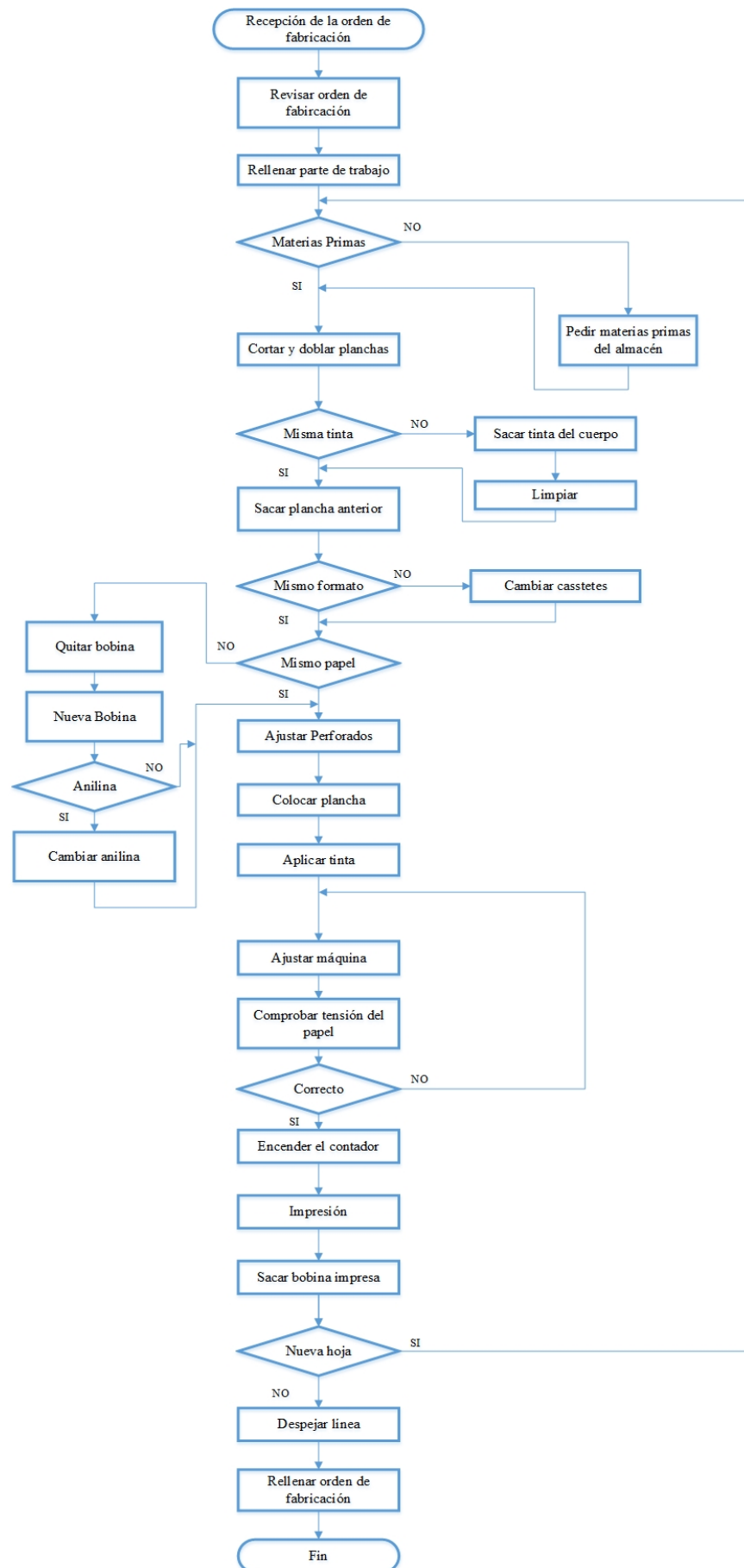


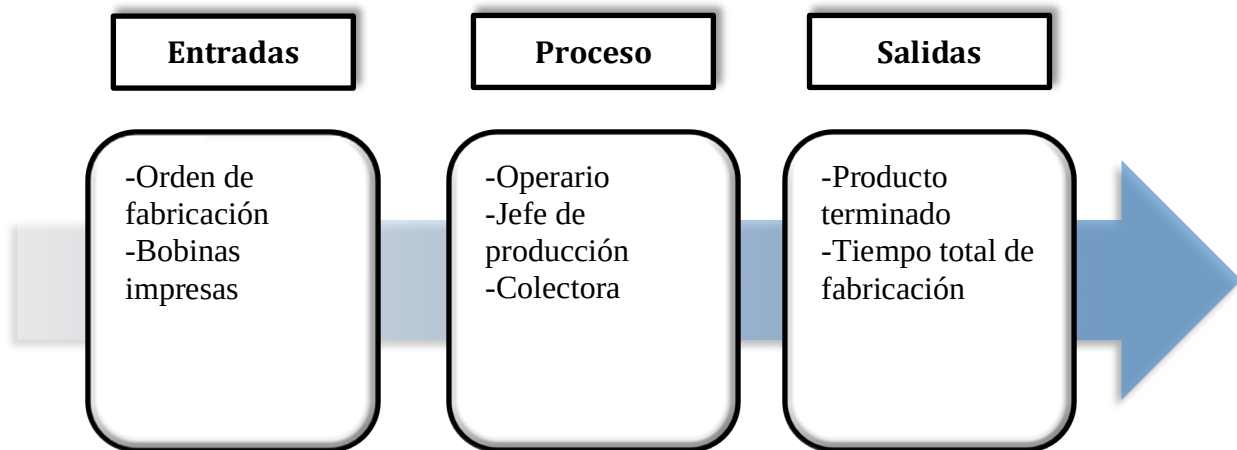
Figura 31. Flujograma del proceso de impresión.

- Proceso de Postimpresión:

Este proceso recoge todas las operaciones desde que las bobinas de papel salen del proceso de impresión hasta el producto final. Por tanto, se abarcan todas las operaciones de corte, plegado, troquelado, perforado, adhesivos... etc, que el producto requiera según las especificaciones de la o.f

Para ello, los responsables serán los operarios de las colectoras, la máquina Omegher y las máquinas auxiliares.

Una vez que el producto final está terminado, se procede al retractilado en caso de que sea necesario y/o al introducir el producto terminado en cajas para su posterior expedición, según la orden de fabricación lo requiera.



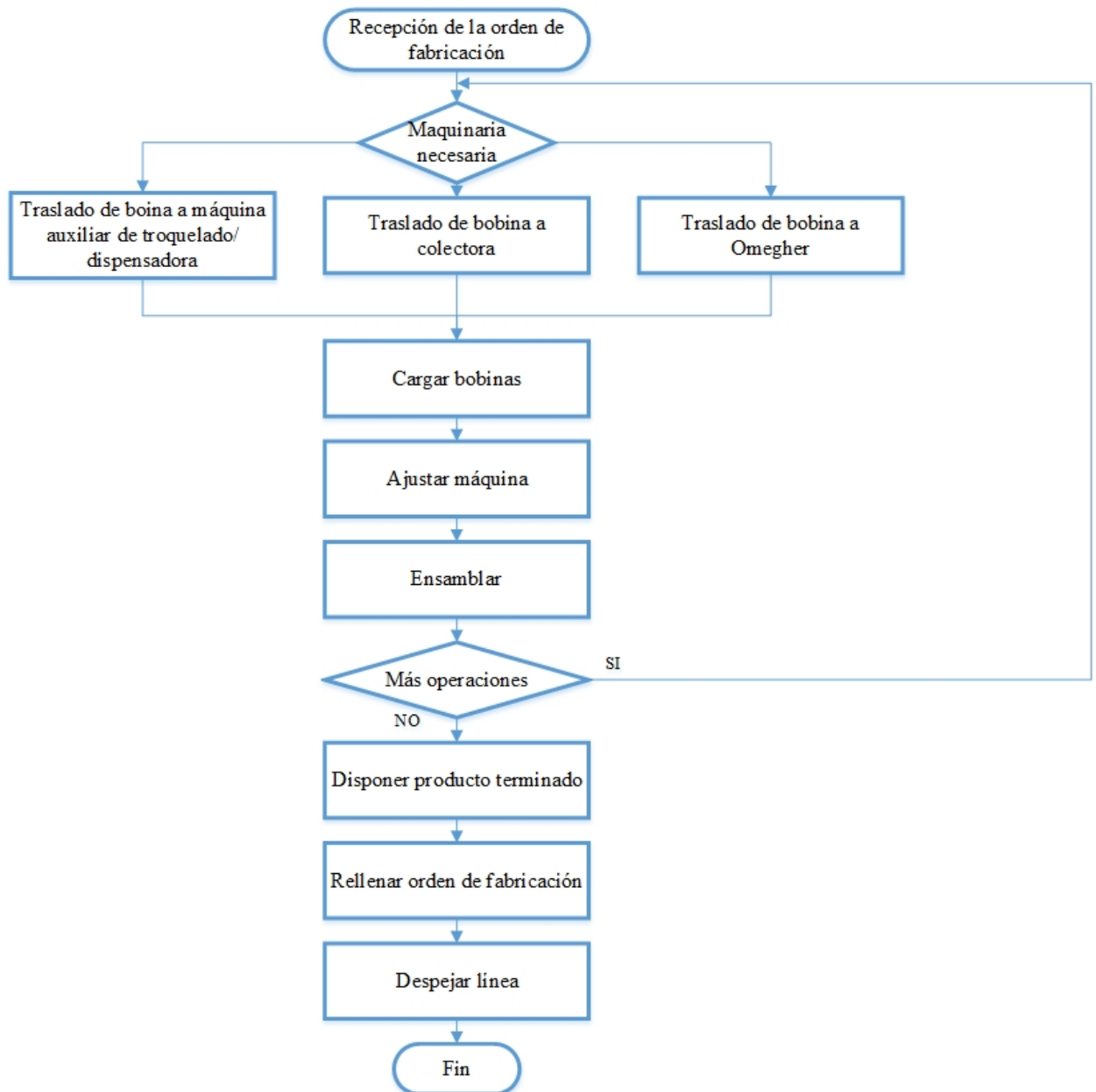
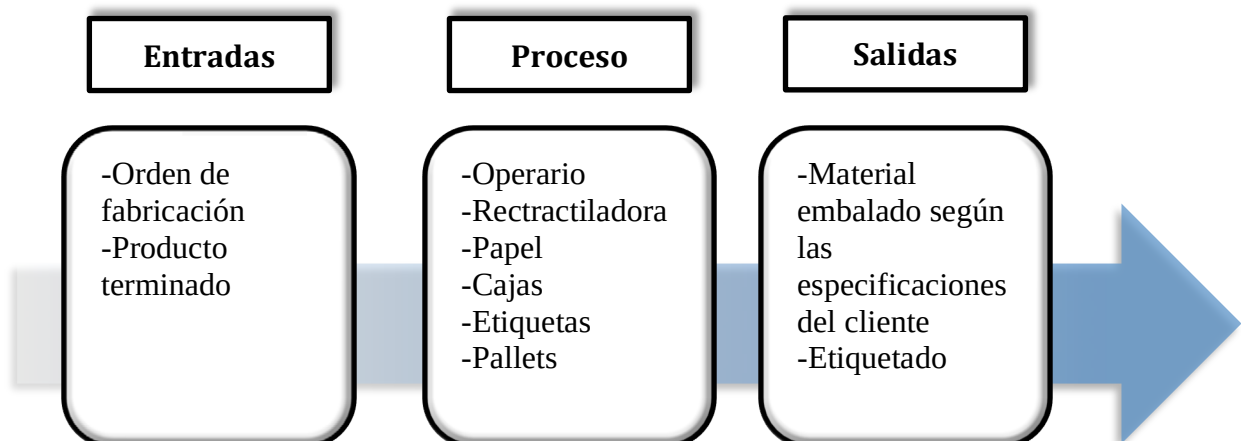


Figura 32. Flujograma proceso de postimpresión.



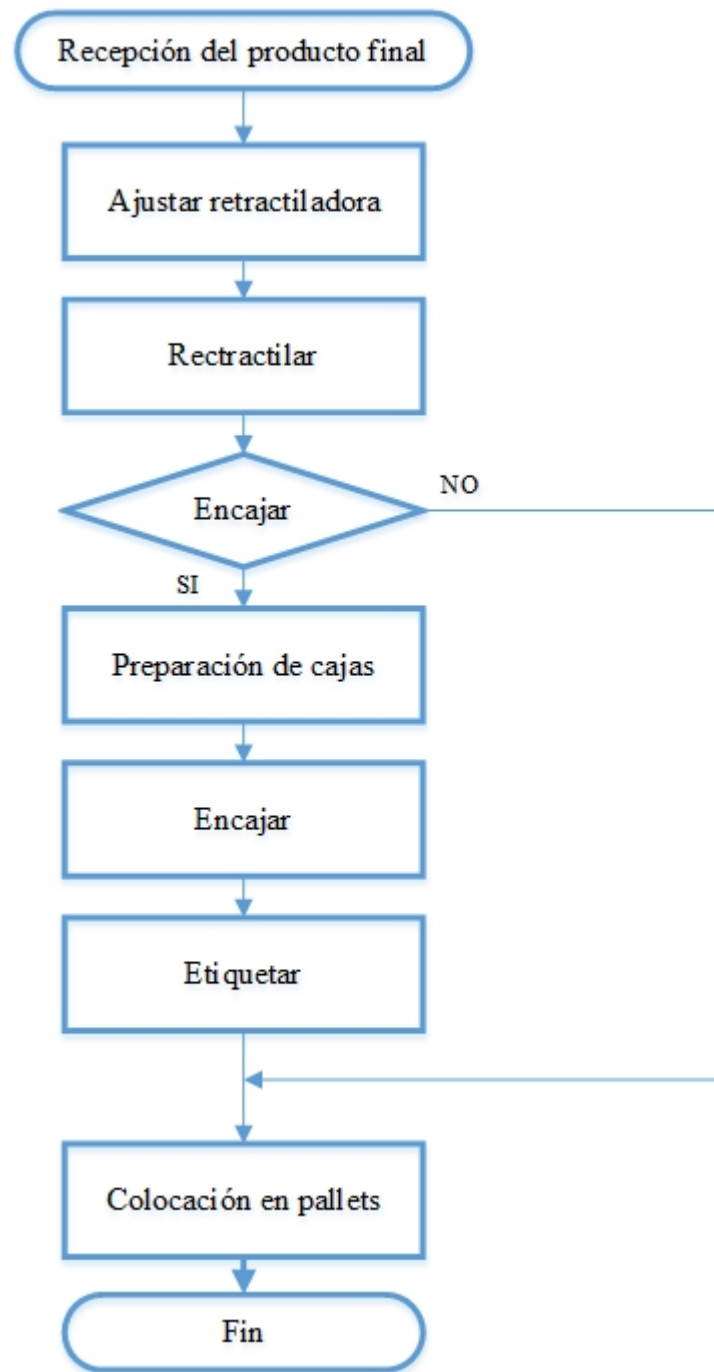
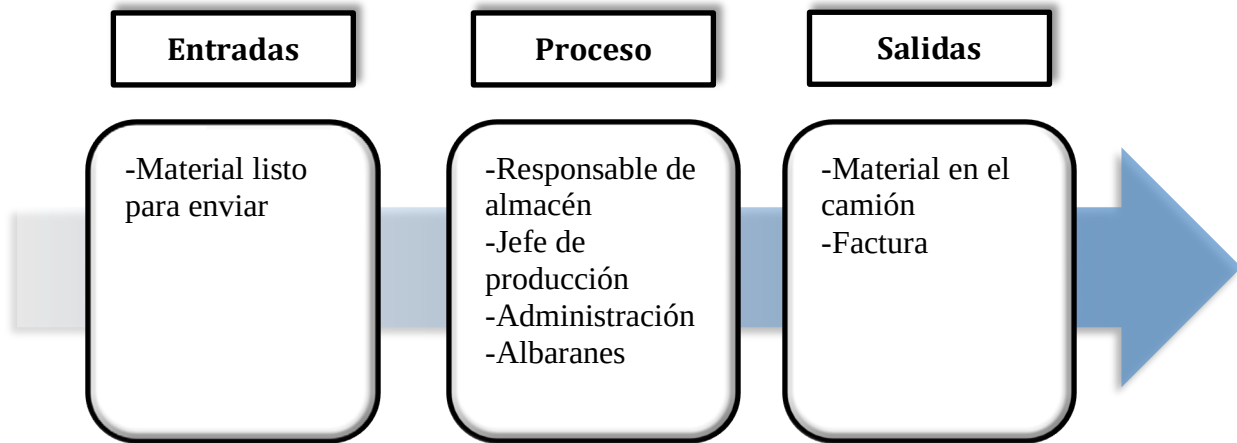


Figura 33. Flujograma del proceso de retractorilado.

- Proceso de expedición:

Se incluyen las operaciones desde que el producto final es embalado hasta que es enviado en el camión al cliente.



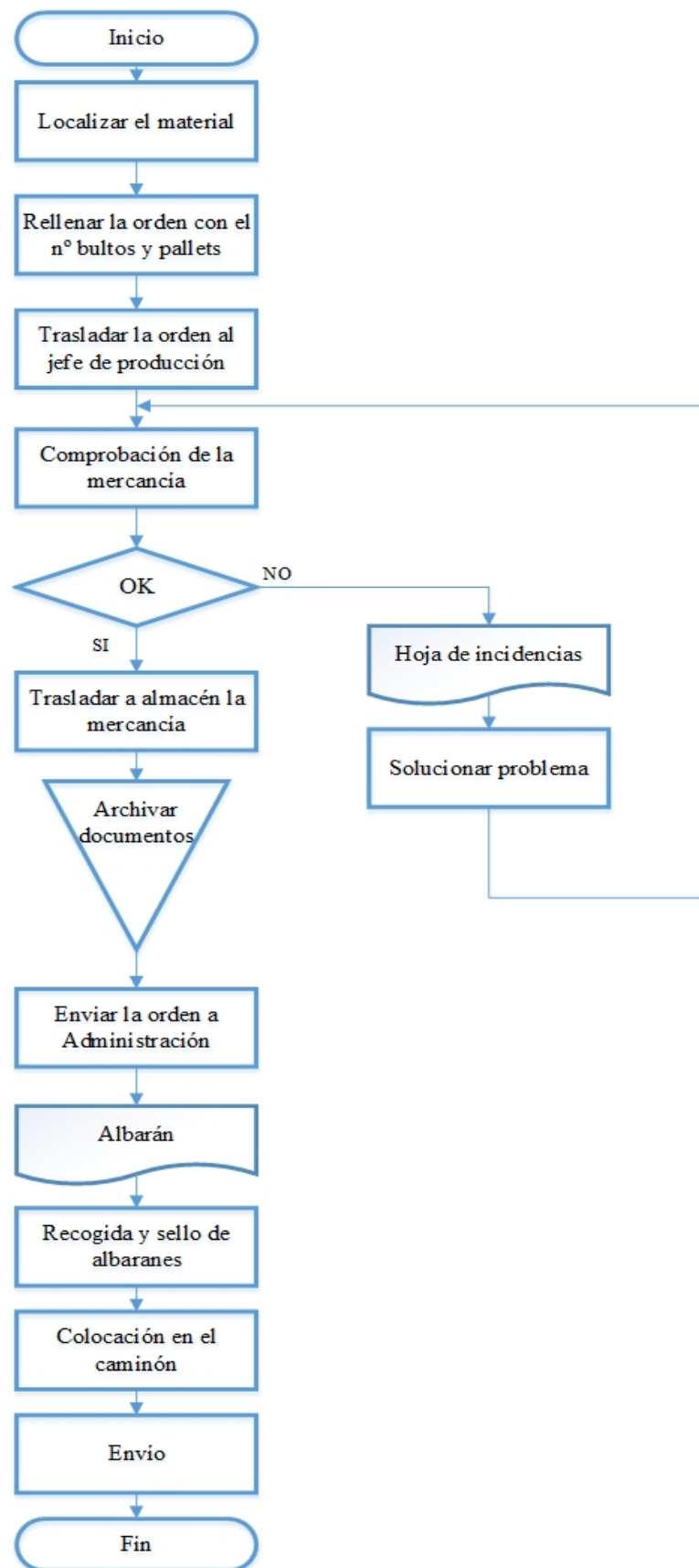


Figura 34. Flujograma del proceso de expedición.

3.4.- MAQUINARIA

A continuación se va a detallar la maquinaria utilizada en el proceso productivo:

Preimpresión

- o 3 ordenadores
- o 1 impresora
- o 1 CTP marca Heidelberg modelo TRENDSETTER, soportado por dos equipos: máquina y un ordenador (en el que se diseñan los documentos)



Figura 35. CTP

- o 1 plotter marca Epson Stylus PRO 7880



Figura 36. Plotter

- o 1 procesadora de planchas Kodak

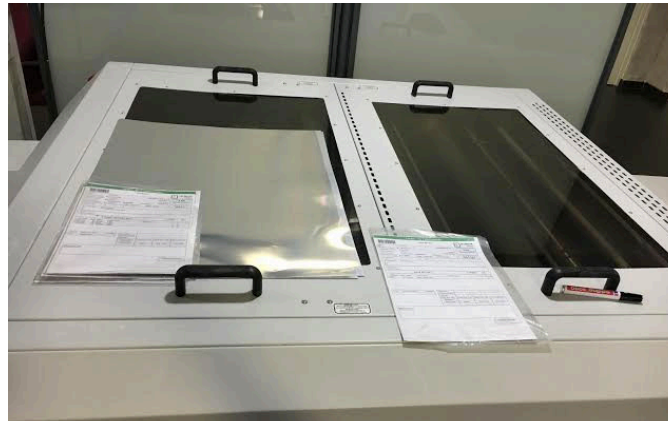


Figura 37. Procesadora de planchas

Taller:

- o Máquinas rotativas. Incluyen equipos de numeración variable Kodak 1'' y sistema de tintado de papel. Los autómatas son manuales. Incorporan un ordenador con una base de datos para incluir en los impresos en caso de ser necesario información personal o específica (nombres, numeración...)
 - Rotatek RK200. (3 colores) del año 1985 / formatos a 24'', 22'', 11 4/6'', 25'' y 17''

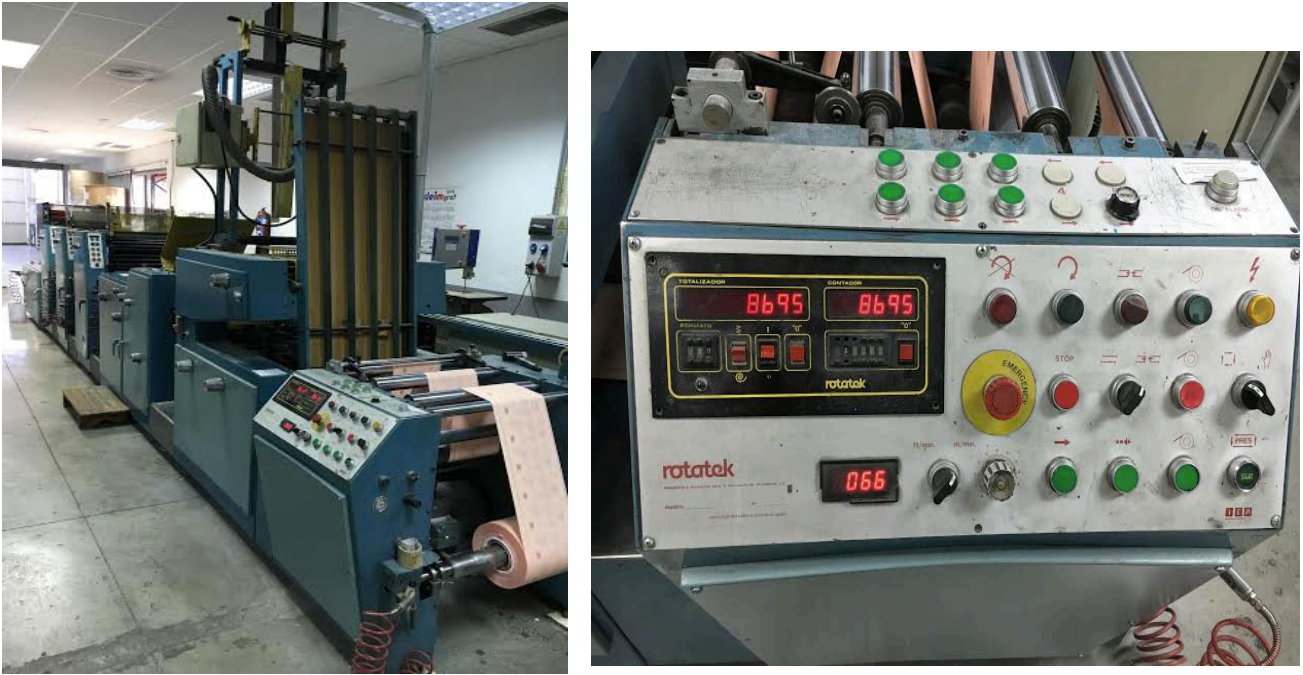


Figura 38. Rotatek RK1 (izquierda) y con panel de operaciones (derecha)

- Rotatek RK200 (4 colores) del año 1985 / formatos a 24'', 22'', 11 4/6'', 25'' y 17'' + reprocesing



Figura 39. Rotatek RK2

- GOEBEL OPTIFORMA fr-520 del año 1979/ (4 colores) + reprocesing + hornos U.V.I / formato único de 24''



Figura 40. Goebel Optiforma con equipo de control numérico



Figura 41. Control remoto Versamark DP5120

Ensamblado:

- o 3 colectoras

- 1 Rotatek modelo RC del año 1985.



- 1 Rotatek modelo RC Jumbo del año 1990.



Figura 42. Rotatek RC

- 1 Bielomatik P631 del año 1978.



Figura 43. Colectora Biolematik

o Máquina OMEGHER



Figura 44. Omegher

Esta máquina se utiliza para los acabados especiales, como las etiquetas integradas, o las tarjetas integradas.

o Dispensadora Label Market

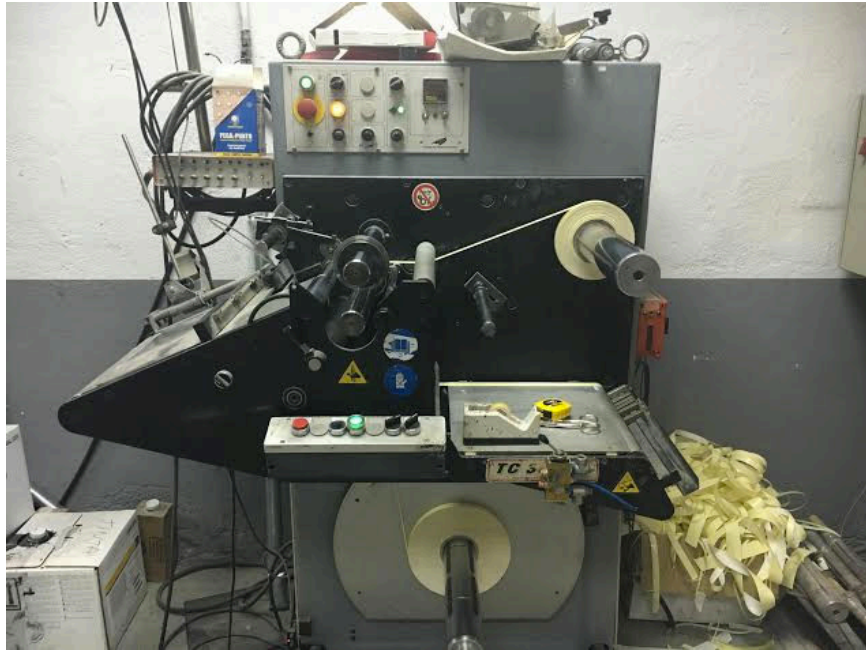


Figura 45. Dispensadora Label Market

Embalaje

- o Retractiladora Belca



Figura 46. Retractiladora Belca

- o Atadora de fleje



Figura 47. Atadora de fleje

3.5.- LAYOUT DE LA PLANTA

La fábrica está formada por dos plantas, una superior donde se encuentran las oficinas y una planta inferior donde se encuentra el taller. Puesto que para objetivos del trabajo sólo es necesario conocer la parte del taller en el Anexo III se muestra un plano del su layout a escala 1/100.

4.- MAPEO DE LA CADENA DE VALOR

La primera fase para la implantación del Lean es el diagnóstico de la situación actual para después tener un conocimiento de dónde y cómo se puede aplicar las técnicas que se han expuesto en el capítulo anterior y poder conseguir mejoras en el proceso productivo. La recopilación de información inició con la obtención de los requerimientos de los clientes. Con esta información se partió al seguimiento y realización de una metodología para estudiar la situación actual de la producción y su posterior propuesta de mejoras, en ella destacan específicamente la herramienta VSM planteada por Rother M. and Shook en 1998. El estudio de las familias de productos existentes se hizo por un periodo de 1 mes, en concreto en Febrero de 2016, que podría considerarse parte del trabajo en campo. Durante este periodo además de tratar de conocer el proceso, se realizó muestreo en tiempos de ciclo, se tomaron distancias, se analizaron los lotes de transferencia y el comportamiento de los procesos.

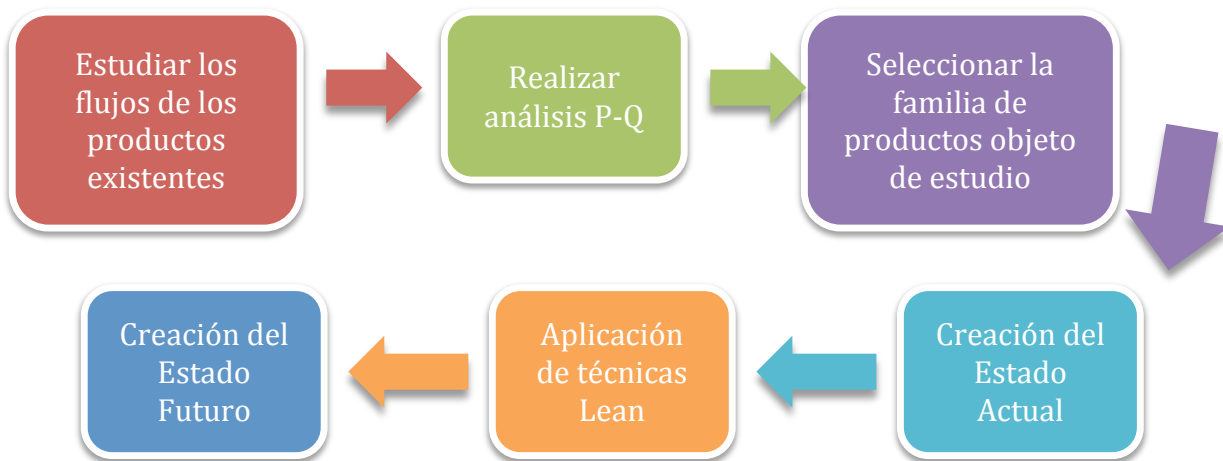


Figura 48. Modelo de metodología para el rediseño del sistema.

4.1.- MAPA DE FLUJO DE VALOR ACTUAL

El mapa de la cadena de valor actual, es una de las grandes herramientas que permite diagnosticar el sistema productivo y los aspectos a mejorar. Esta herramienta es comúnmente usada en programas de mejoramiento continuo para ayudar a entender y mejorar el flujo de material y de información entre las organizaciones.

Se trata de un modelo gráfico en el que se representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Tiene por objetivo plasmar en un papel todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar dónde se producen los mayores desperdicios del proceso. Con ello, se pueden identificar las actividades que no aportan valor añadido y poder así eliminarlas.

A través del mapa de la cadena de valor se puede conseguir múltiples ventajas:

- Identificar el valor, como el conjunto de todas las acciones específicas requeridas

para traer un producto preciso, a través de la administración de las tareas críticas de cualquier organización.

- La resolución de problemas desde la producción hasta la entrega.
- Administración de la información que puede ser desde la toma de pedidos hasta la entrega
- Transformación física abarcando desde las materias primas hasta el producto terminado en las manos del cliente.
- Flujo : desarrollar los pasos para la creación de valor que sean continuos.

4.1.1- Identificación de las familias de productos

La empresa no se encuentra especializada en una línea de producción específica de productos impresos, puesto que desde sus inicios se han elaborado en diversas cantidades, especificaciones y variaciones; por lo tanto debido a la amplia variedad de productos se han agrupado los diferentes productos bajo una clasificación propia, tomando como criterio las características similares en su producción, siendo los procesos de preimpresión e impresión, transversales para cualquier producto gráfico, y su diferencia se presenta en el proceso final de postimpresión (acabados y/o terminados).

Se procedió a la realización del análisis de similitud, entre los distintos productos, con el cual se pretende examinar la maquinaria y procesos compartidos entre los diferentes productos de una misma familia, lo cual permitirá crear la ruta obligatoria de procesos.

En la siguiente matriz se van a representar las operaciones por las que cada tipo de productos pasa a lo largo de su sistema de producción con el objetivo de conseguir delimitar las familias de productos.

	Impresión	Colectora	Guillotina/H endidora/Pro padora	Auxiliar de troquelado	Auxiliar de dispensar	Omegher	Rectractilado
Formularios	X	X					
Juegos autocopiativos SNAP	X	X					X
Talonarios SNAP	X	X	X	X			X
Impresos confidenciales	X	X					X
Doc. Autoensobrables	X	X					
Doc. Postales	X	X					X
Bobinas de marketing	X						
Etiquetas	X	X				X	
Tarjetas	X	X				X	X
Etiquetas DIN A4	X				X		
Tickets y entradas	X	X					
RFID	X				X		
Doc PINCODE	X					X	
Ducoparking	X					X	

Tabla 3. Matriz para identificar familias de productos

Para determinar una familia de productos a estudiar se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Familia de productos que tengan un flujo común.
- Familia de productos de alto volumen y/o frecuencia.

Tal y como se muestra en el cuadro, la mayor parte de los productos utilizan la misma maquinaria. Se puede realizar una distinción clave en aquellos que utilizan en su proceso de postimpresión las colectoras (ajustadas a sus requisitos) o utilizan la máquina Omegher, cuya velocidad de producción es muy diferente o inferior al resto.

Puesto que con esta matriz de productos no se identifica claramente cuáles de los productos aportar valor a la empresa, se procede a realizar un estudio de las ventas con el objetivo de saber cuáles son los productos que la empresa más realiza. Además a través de ese estudio se obtiene uno de los pasos clave para la realización del VSM: conocer la demanda del cliente.

4.1.2.- Análisis de las ventas

Se ha procedido a realizar un estudio de las ventas realizadas en Febrero de 2016. Es clave destacar que la empresa no cuenta con ningún tipo de sistema en el que quede reflejado los la cantidad total

de productos o pedidos que realizan en un periodo de tiempo. Simplemente en el momento del estudio se contaba con carpetas en las que se encontraban archivadas las órdenes de fabricación. De esta forma se han revisado de manera manual. Para estudiar el resultado se realizó un análisis P – Q:

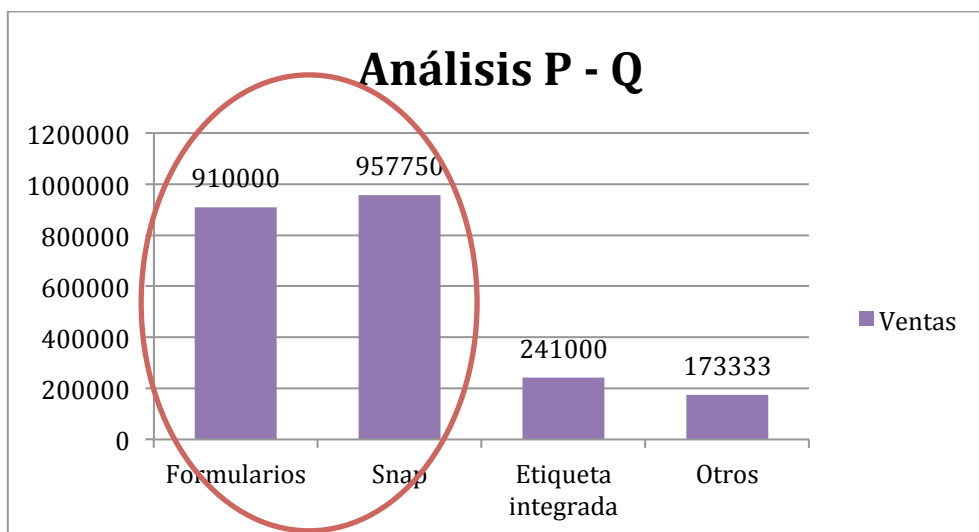


Figura 49. Datos de ventas de Febrero 2016. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la gráfica, entre los productos que FQM oferta el 82% lo representan los productos de formularios en continuo y los juegos autocopiativos o Snap. Por otro lado, el 10% de las ventas de Febrero 2016 fueron de etiquetas integradas,. Sin embargo, el 86,73% de los ejemplares fueron subcontratados a otras empresas, por tanto, no es relevante para la actividad global de la empresa en lo que concierne al proceso de fabricación.

Concluyendo, puesto que el 82% de las ventas de FQM son procedentes de estos dos tipos de productos vamos a proceder a su análisis mediante el Value Stream Mapping.

4.1.3.- Elementos del Mapa de Flujo de Valor Actual.

Se van a realizar dos Value Stream Mapping, uno para cada una de las dos familias identificadas.

En el VSM se presenta el flujo de información que involucra a todas las partes interesadas de la organización, es decir, a los clientes, proveedores y la dirección de producción, quien sirve de puente entre ellos. La información transmitida puede ser electrónica (que se representa con una flecha en forma de rayo) o no. Esta información se basa en la orden de trabajo incluyendo producto, cantidad y especificaciones que se debe producir. Esto sirve para planear los materiales que se van a necesitar y poder tomar contacto con el proveedor de los mismos mediante una asistencia de compras.

Para cada proceso se han incluido los siguientes datos:

- Tiempo de ciclo (T/C): tiempo que transcurre entre la fabricación de una unidad o producto completo y la consecutivo.
- Tiempo de cambio de modelo (T/M): tiempo necesario para cambiar un tipo de proceso a uno diferente debido a un cambio en las características del producto.

- o Ocupación: Porcentaje de tiempo de utilización o funcionamiento de las máquinas.
- o Tiempo disponible para trabajar (EN): Tiempo de trabajo disponible del personal restando descansos.
- o Número de personas requeridas para realizar un proceso particular.
- o Número de turnos disponibles para la realización del proceso.
- o Tiempo del valor agregado (VA). Tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción que transforman el producto de tal forma que el cliente esté dispuesto a pagar por el producto.
- o Takt time: representa la tasa de consumo requerida por el mercado, lo que significa que el sistema de producción debe sincronizar su flujo con el comercial y/o de ventas, para lo cual es necesario conocer el ritmo de producción que cumpla con la demanda.

Elaboración del ideograma general de producción.

Mediante el ideograma general de producción, se ha destacado la ruta obligatoria de las familias de productos elegidas, siendo aquella formada por los procesos que no pueden ser excluidos para poder concluir la fabricación de cualquiera que sea el modelo producido. Es la ruta indispensable a seguir en el procesamiento de un producto.

Esta ruta comienza con el proceso comercial y administrativo, para pasar por la impresión, la postimpresión y el almacén. Se han marcado también los lugares donde se almacena el trabajo en curso y el trabajo terminado.

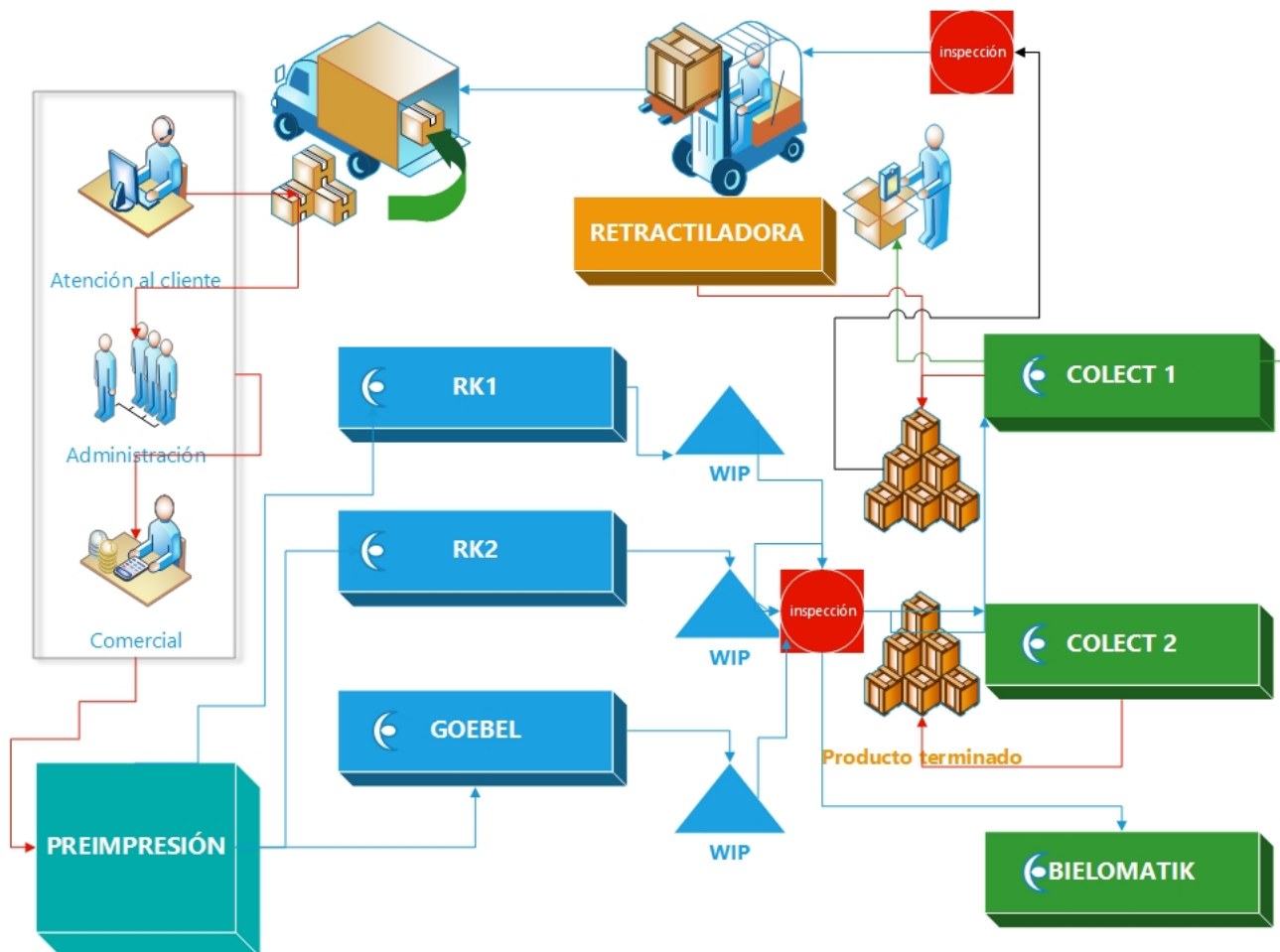


Figura 50. Ruta de procesos. Elaboración propia.**I. FORMULARIOS EN CONTINUO**

Los formularios en continuo pueden tener diferentes formatos, por tanto, las velocidades de las máquinas serán diferentes y con ello los tiempo de ciclo de cada uno de ellos.

Las características que se ofertan en cuanto a posibilidades de fabricación para los formularios en continuo se recogen en la siguiente tabla:

NºHojas-Gramaje	Ancho (mm)	Alto (")	Tintas	Colores de papel	Numeración	Perforados
1-70gr	115	3	0+0	Sin copas de color	Sin numeración	Sin perforados
1-80gr	140	4	1+0	Con una copia de color	Numeración Normal	Horizontales o verticales
1-90gr	210	5,5	1+0	-	Código de barras variables	-
1-120gr	240	6	2+0	-	-	-
2-70/57gr	260	7 1/3	3+0	-	-	-
2-80/57gr	310	8	4+0	-	-	-
2-90/57gr	340	8,5	1+1	-	-	-
2-56/57gr	430	11	2+1	-	-	-
2-56/173gr	480	11 4 / 6	3+1	-	-	-
3-56/53/57gr	-	12	4+1	-	-	-
3-70/53/57gr	-	24	2+2	-	-	-
3-80/53/57gr	-	-	4+2	-	-	-
3-90/53/57gr	-	-	4+3	-	-	-
3-56/53/173gr	-	-	4+4	-	-	-
4-56/53/53/57gr	-	-	-	-	-	-
5-56/53/53/53/57gr	-	-	-	-	-	-

Tabla 4. Opciones de modelos ofertados de formularios en continuo.

Los formatos pueden ser más utilizados y que se utilizarán en el trabajo como objeto de estudio serán:

4", 8", 8" ½, 11", 11" 4/6, 12".

De esta forma vamos a considerar a cada uno de los formatos como un producto diferente y los formularios en continuo como una familia de productos.

Para la realización del Mapa de Flujo de Valor, y como se ha mencionado anteriormente, se tomaron datos de la planta en el periodo de Febrero de 2016. Los datos analizados de mayor relevancia para el estudio, son desglosados a continuación:

- **Demanda mensual:** 461.945 formularios que hacen un total de 910.000 hojas impresas. Cada formulario puede tener una, dos, tres o cuatro hoja adheridas según las especificaciones del cliente. Este acabado se realiza en la colectora.
- **Demanda diaria:** Considerando 20 días laborables se supone una demanda diaria total de 23.098 formularios.
- **Lote de producción:** Puesto que cada cliente requiere a FQM una cantidad de lote muy dispar que varía entre las 1.000 y 50.000 unidades (este dato se refiere al juego completo con sus hojas adheridas correspondientes) se ha tomado una media de lote de 5.000 unidades para la realización del VSM.
- **Trabajo en proceso:** hay acumulamiento entre procesos, no existen métricos, cantidades, mínimos o máximos establecidos.
- Se ha promediado una Velocidad de máquina rotativa: 90m/min.
- Se ha promediado una Velocidad de colectora: 35m/min.
- **Plazos de entrega:** el tiempo habitual de entrega que se da a los clientes es de 11 días laborables.
- **Tiempo disponible:** la jornada laboral diaria es de 8 horas con descansos descontados, es decir, 480 min/día.
- Suponemos que se realiza la elaboración de 3 planchas/pedido, un total de $3 \times 53 = 159$ planchas mensuales (8 planchas/día)
- La dos rotativas RK200 pueden realizar formatos de 24", 22", 17", 25", 11" 4/6 y sus correspondientes múltiplos obteniéndose de una única vuelta el doble, triple... de hojas. Por tanto, la disponibilidad diaria en el proceso de impresión para los formularios **no** múltiplos de 24" sería de:
 $2 \text{ máquinas} \times 480 \text{ min} = 960 \text{ min}$
- Hay que tener en cuenta que la máquina GOEBEL sólo permite formato de 24" es decir: 24", 12", 6", 4". Por tanto la disponibilidad diaria en el proceso de impresión para los formularios múltiplos de 24" sería de:
 $3 \text{ máquinas} \times 480 \text{ min} = 1440 \text{ min}$
- Hay dos colectoras disponibles para producir los formularios: 960 min
- No es necesario el retractilado, sino que el operario según sale el formulario de la colectora la va introduciendo en cajas.
- Se supone una producción del 5% adicional en cada lote producido. Este valor se utiliza como promedio ya que en una la producción real de cada de orden este porcentaje varía en función del tamaño del lote.

A partir del contexto anterior y en base a la información analizada sobre los procesos y tiempos necesarios en cada uno, se desarrolla la construcción del mapa de cadena de valor para los formularios en continuo.

Cabe destacar que para ciertos datos se presenta una tabla anexa con el objetivo de especificar para cada producto diferente sus T/C, Takt Time...

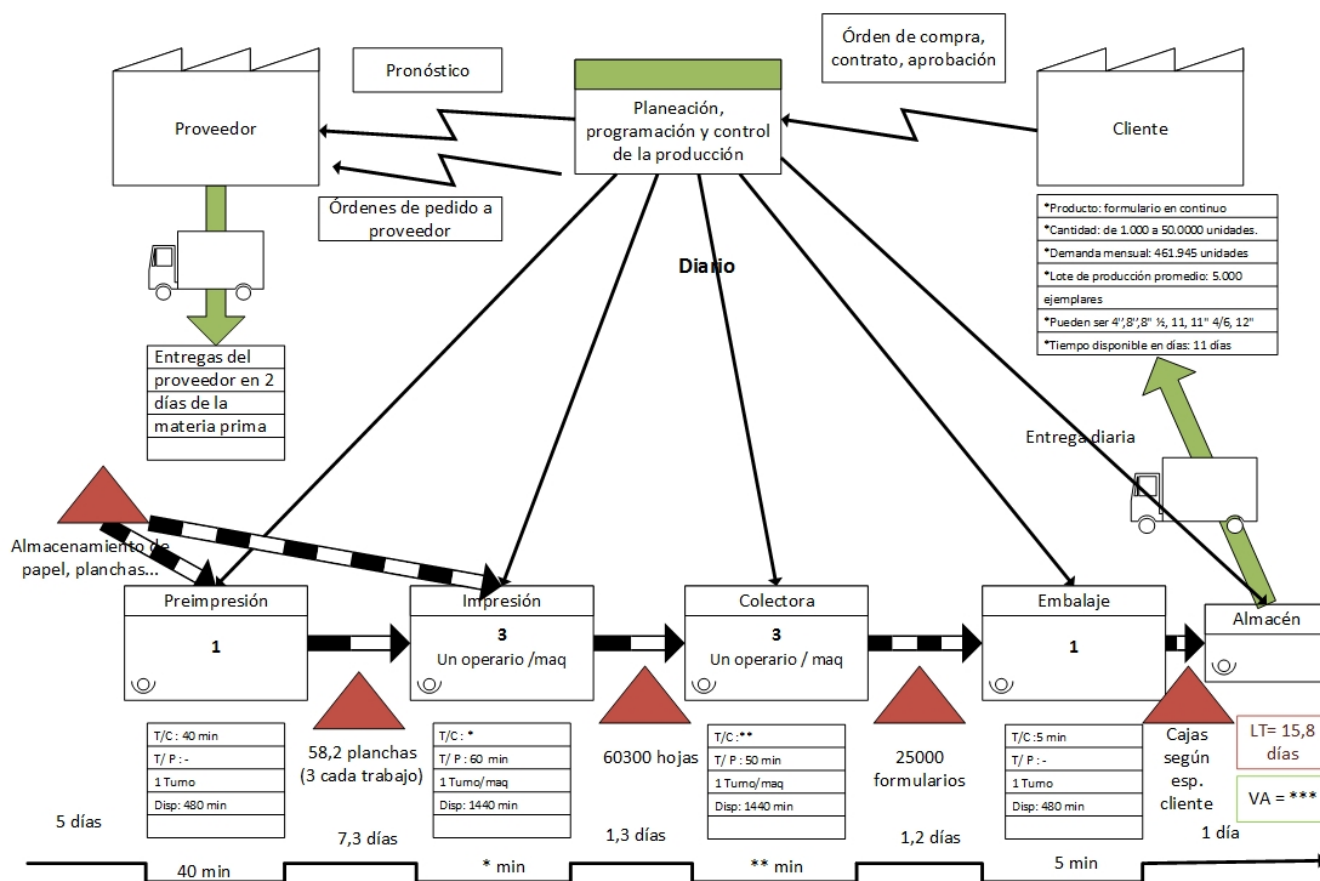


Figura 51. VSM para la familia de formularios en continuo.

Cálculo del VSM formularios en continuo.

A continuación se van a mostrar las distintas tablas que recorren todos los cálculos y resultados correspondientes a la realización del Mapa de Flujo de Valor para que exista un claro entendimiento del mismo.

En primer lugar, se recogen las demandas mensuales de cada uno de los modelos:

FORMULARIO	DEMANDA MENSUAL	MEDIA HOJAS/FORMULARIO
12"	8750	2,75
8"	74000	2,34
6"	72000	2,13
4"	46000	1,50
11" 4/6	32500	1,75
11"	123000	2,50

8" ½	74500	2,50
------	-------	------

Tabla 5. Demanda de formularios.

Con el objetivo de simplificar el estudio se ha promediado el número de hojas de cada uno de los productos en base a los distintos pedidos de febrero 2016 ya que existe una amplia variación de los mismos.

Una medición complementaria que se considera importante dentro de las acciones de identificación de las operaciones de cada proceso productivo y que afectan la producción de los productos del grupo seleccionado, es el **tiempo de ciclo**. Este tiempo se define como el necesario para fabricar un producto en régimen uniforme en un puesto de trabajo y éste quede disponible para pasar a la siguiente actividad del proceso general.

Se define como **tiempo de producción del lote** en cada proceso a la suma del tiempo de ciclo del proceso y el tiempo de preparación y esperas.

Los tiempos reportados en planta será la suma de este tiempo de ciclo y los tiempos de preparación. Este tiempo de preparación recoge los tiempos derivados de operaciones como:

- Limpieza de las máquinas
- Cambio de tinta
- Colocación de bobinas de papel
- Introducción de datos en las máquinas
- Ajuste de los utillajes

Los tiempos de ciclo de impresión para un lote de 5.000 unidades se resume en la tabla (*):

FORMULARIO	DISPONIBILIDAD DIARIA (min)	T/C (min)
12"	1440	48,92
8"	1440	27,71
6"	1440	18,89
4"	1440	8,93
11" 4/6	960	30,32
11"	960	40,83
8" ½	960	31,50

Tabla 6. Disponibilidades y Tiempos de Ciclo en el proceso de Impresión para los formularios.

Cálculo de T/C:

- 12": $305\text{mm} \cdot 60\text{s} / (90.000\text{mm}/\text{min}) = 0,203 \text{ s};$
 $0,203\text{seg}/\text{hoja} \cdot 5000\text{unidades} \cdot 2,75\text{hojas}/\text{unidad} \cdot 1,05 = 3320,6 \text{ s} = 48,92 \text{ min}$
- 8": $203\text{mm} \cdot 60\text{s} / (90.000\text{mm}/\text{min}) = 0,135 \text{ s};$
 $0,135 \cdot 5000 \cdot 2,34 \cdot 1,05 = 1872 \text{ s} = 1662,6 \text{ s} = 27,71 \text{ min}$
- 6": $152\text{mm} \cdot 60\text{s} / (90.000\text{mm}/\text{min}) = 0,101 \text{ s};$
 $0,101 \cdot 5000 \cdot 2,13 \cdot 1,05 = 1133,16 \text{ s} = 18,89 \text{ min}$

- 4": $102\text{mm} \cdot 60\text{s} / (90.000\text{mm}/\text{min}) = 0,068 \text{ s};$
 $0,068 \cdot 5000 \cdot 1,50 \cdot 1,05 = 535,50 \text{ s} = 8,93 \text{ min}$
- 11" 4/6: $297 \cdot 60\text{s} / (90.000\text{mm}/\text{min}) = 0,198 \text{ s};$
 $0,198 \cdot 5000 \cdot 1,75 \cdot 1,05 = 1819,13 = 30,32 \text{ min}$
- 11": $280\text{mm} \cdot 60\text{s} / (90.000\text{mm}/\text{min}) = 0,187\text{seg};$
 $0,187 \cdot 5000 \cdot 2,50 \cdot 1,05 = 2450,00 = 40,83\text{min}$
- 8" 1/2: $216\text{mm} \cdot 60\text{s} / 90.000\text{mm}/\text{min}) = 0,144;$
 $0,144 \cdot 5000 \cdot 2,50 = 1890,00 = 31,50\text{min}.$

A sí mismo, los tiempos de ciclo para el colectado (**) en el lote de 5.000 unidades son los siguientes:

FORMULARIO	DISPONIBILIDAD DIARIA (min)	T/C (min)
12"	960	43,57
8"	960	29,00
6"	960	21,71
4"	960	14,16
11" 4/6	960	42,42
11"	960	40,00
8" 1/2	960	30,85

Tabla 7. Disponibilidades y Tiempos de Ciclo en el proceso de Postimpresión para los formularios.

Cálculo de T/C:

- 12": $305\text{mm} \cdot 60\text{s} / (35.000\text{mm}/\text{min}) = 0,52 \text{ s};$
 $0,52\text{s}/\text{hoja} \cdot 5000\text{unidades} = 2614,2\text{s} = 43,57 \text{ min}$
- 8": $203\text{mm} \cdot 60\text{s} / (35.000\text{mm}/\text{min}) = 0,35 \text{ s};$
 $0,35 \cdot 5000 = 1740\text{s} = 29 \text{ min}$
- 6": $152\text{mm} \cdot 60\text{s} / (35.000\text{mm}/\text{min}) = 0,26 \text{ s};$
 $0,26 \cdot 5000 = 1302,9 \text{ s} = 21,71 \text{ min}$
- 4": $102\text{mm} \cdot 60\text{s} / (35.000\text{mm}/\text{min}) = 0,17 \text{ s};$
 $0,17 \cdot 5000 = 850,0 \text{ s} = 14,16 \text{ min}$
- 11" 4/6: $297 \cdot 60\text{s} / (35.000\text{mm}/\text{min}) = 0,51 \text{ s};$
 $0,51 \cdot 5000 = 2545,7 \text{ s} = 42,42 \text{ min}$
- 11": $280\text{mm} \cdot 60\text{s} / (35.000\text{mm}/\text{min}) = 0,48 \text{ s};$
 $0,48 \cdot 5000 = 2400,0 \text{ s} = 40 \text{ min}$
- 8" 1/2: $216\text{mm} \cdot 60\text{s} / (35.000\text{mm}/\text{min}) = 0,37;$
 $0,37 \cdot 5000 = 1851 \text{ s} = 30,85 \text{ min}$

Inventarios de formularios en continuo.

Existe una forma de convertir los inventarios de los distintos procesos en unidades de tiempo:

$\text{Inventario (días)} = \text{Inventario observado} / \text{demanda diaria}$

Se ha procedido a tomar datos de planta de los inventarios con el objetivo de poder transformarlos en tiempo, obteniéndose los siguientes resultados:

- Planchas: Inventario medio observado: 58,2
Demanda diaria: 8
Días de inventario: $58,2 / 8 = 7,3$ días
- Hojas impresas: Inventario medio observado: 60.300
Demanda diaria: $910.000 / 20 = 45.500$
Días de inventario: $= 60.300 / 45.500 = 1,3$ días
- Formularios: Inventario medio observado: 25.000
Demanda diaria: $415.750 / 20 = 20.788$
Días de inventario: $25.000 / 20.788 = 1,2$ días

A partir de la suma de todos aquellos tiempos que aportan valor al producto final, se define el valor agregado. Haciendo a referencia a (***):

FORMULARIO	VA (min)
12"	137,49
8"	101,71
6"	85,60
4"	68,09
11" 4/6	117,74
11"	125,83
8" ½	107,35

Tabla 8. Tiempo de Valor Agregado para formularios.

II. SNAP

Al igual que los formularios en continuo, los juegos autocopiativos pueden tener diferentes formatos, por tanto, las velocidades de las máquinas serán diferentes y con ello los tiempo de ciclo de cada uno de ellos. Los diferentes modelos que se ofertan son se resumen en la siguiente tabla:

NºHojas-Gramaje	Formato (mm)	Tintas	Colores de papel	Numeración	Perforados	Retractable
1-70gr	105x148	0+0	Sin copas de color	Sin numeración	Sin perforados	25 Juegos
1-80gr	148x210	1+0	Con una copia de color	Numeración Normal	Horizontales o verticales	50 Juegos
1-90gr	210x297	1+0	-	Código de barras variables	-	100 Juegos
1-120gr	297x420	2+0	-	-	-	250 Juegos
2-70/57gr	200x102	3+0	-	-	-	500 Juegos
2-80/57gr	200x203	4+0	-	-	-	-
2-90/57gr	210x102	1+1	-	-	-	-
2-56/57gr	210x203	2+1	-	-	-	-
2-56/173gr	297x203	3+1	-	-	-	-
3-56/53/57gr	310x216	4+1	-	-	-	-
3-70/53/57gr	-	2+2	-	-	-	-
3-80/53/57gr	-	4+2	-	-	-	-
3-90/53/57gr	-	4+3	-	-	-	-
3-56/53/173gr	-	4+4	-	-	-	-
4-56/53/53/57gr	-	-	-	-	-	-
5-56/53/53/53/57gr	-	-	-	-	-	-

Tabla 9. Opciones de modelos ofertados de juegos autocopiativos.

Para la realización del Mapa de Flujo de Valor se han tomado datos de la planta en el periodo de Febrero de 2016. Los resultados han sido los siguientes:

- **Demanda mensual:** 343.612 juegos que hacen un total de 957.750 hojas impresas. Cada juego puede tener una, dos, tres o cuatro hoja adheridas según las especificaciones del cliente. Este acabado se realiza en la colectora.
- **Demanda diaria:** Considerando 20 días laborables se supone una demanda diaria total de 17.181 juegos.
- **Lote de producción:** Puesto que cada cliente requiere a FQM una cantidad de lote muy dispar que varía entre las 1.000 y 50.000 unidades (este dato se refiere al juego completo con sus hojas adheridas correspondientes) se ha tomado una media de lote de 10.000 juegos para la realización del VSM.
- **Trabajo en proceso:** hay acumulamiento entre procesos, no existen métricos, cantidades, mínimos o máximos establecidos.
- Velocidad de máquina rotativa: 90m/min en promedio.
- Velocidad de colectora: 35m/min en promedio.

- **Plazo de entrega:** El tiempo habitual de entrega que se da a los clientes es de 11 días laborables.
- **Tiempo disponible:** La jornada laboral diaria es de 8 horas con descansos descontados, es decir, 480 min/día.
- Suponemos que se realiza la elaboración de 3 planchas/pedido, un total de $3 \times 25 = 75$ planchas mensuales (3,75 planchas/día)
- Hay tres colectoras disponibles para producir los formularios: 1440 min.
- En muchos de los pedidos es necesario el retractilado. Suponemos que se realiza en cantidades de 50 juegos. La velocidad son 300 paquetes/hora, por tanto se tardará 4 min en empaquetar los juegos y 5 min en encajar.

A partir del contexto anterior y en base a la información analizada sobre los procesos y tiempos necesarios en cada uno, se desarrolla la construcción del mapa de cadena de valor para los formularios en continuo.

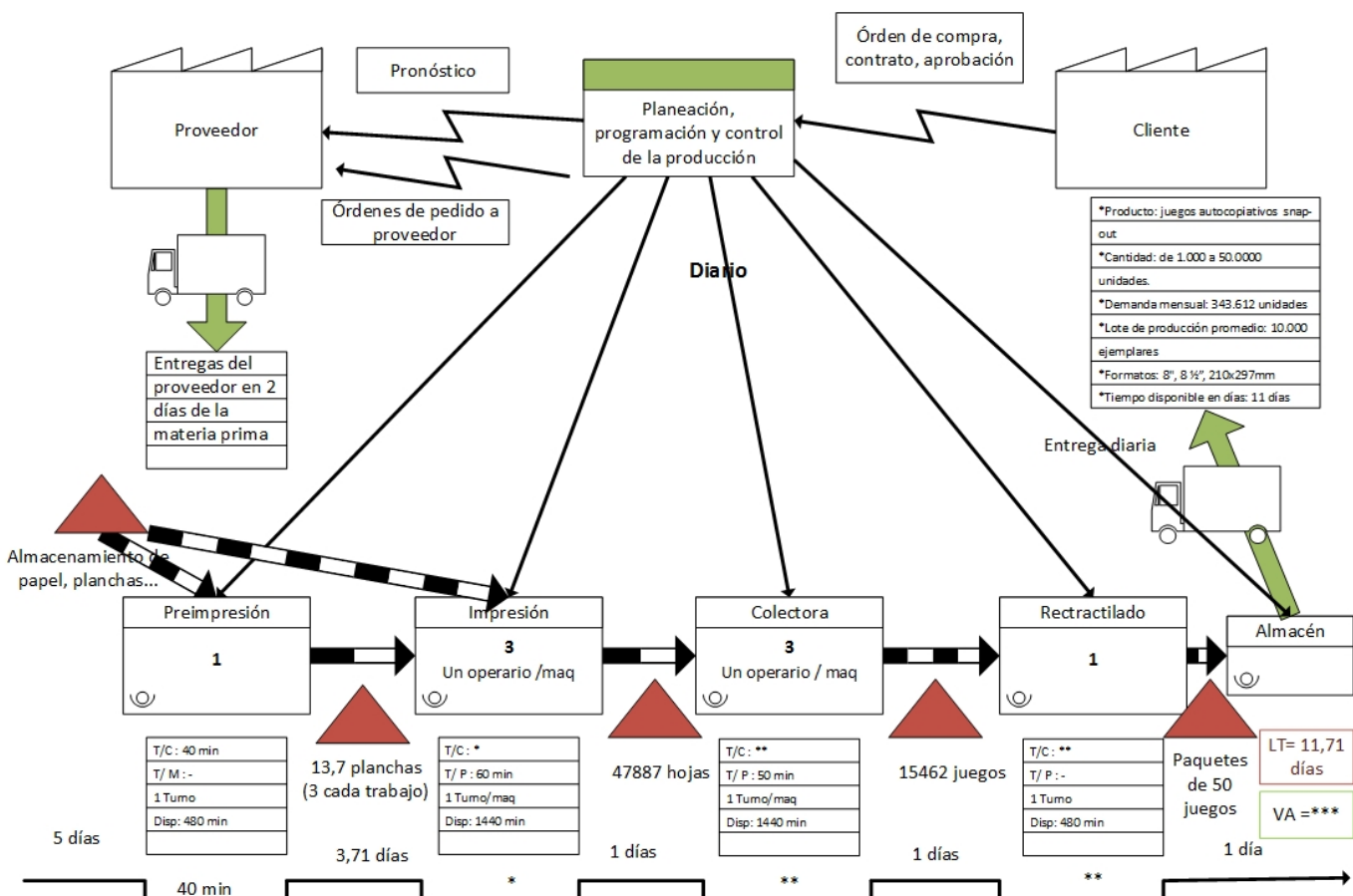


Figura 52. VSM para la familia de juegos autocopiativos.

La demanda mensual registrada y el número medio de hojas por cada juego de cada uno de los productos se resumen la siguiente tabla:

JUEGO	DEMANDA MENSUAL	MEDIA HOJAS/JUEGO
8"	25.000	3,5
8 ½ "	141.000	2,3
210 x 297 mm	131.250	3,0

Tabla 10. Demanda de juegos autocopiativos.

Donde los tiempos de ciclo para el proceso de impresión denotados con un el símbolo (*) en la VSM en un lote de 10.000 unidades son los siguientes

JUEGO	DISPONIBILIDAD DIARIA(MINT)	TC (MINT)
8"	960	83,89
8 ½ "	1440	57,96
210x297 mm	1440	73,50

Tabla 11. Disponibilidades y Tiempos de Ciclo en el proceso de Impresión para juegos autocopiativos.

Los tiempos de ciclo han sido calculados de forma análoga a los formularios en continuo puesto que es el proceso es el mismo. Por otro lado, para el ensamble, haciendo referencia a (**) y (***) los tiempos de ciclo son:

JUEGO	DISPONIBILIDAD DIARIA(MINT)	COLECTORA: TC (MINT)	RETRACTILADO Y ENCAJADO: TC (MINT)
8"	960	58,3	45
8 ½ "	960	61,7	45
210x297mm	960	60,3	45

Tabla 12. Disponibilidades y Tiempos de Ciclo en el proceso de Postimpresión para juegos autocopiativos.

De igual modo, los tiempo de ciclo del proceso de ensamblado se han calculado análogamente a los formularios en continuo.

En cuanto al retractilado, se ha cronometrado al operario encargado de esta operación para conocer cuál es el ritmo de producción. Después de varios datos tomados para lotes distintos el resultado es que se empaquetan 300 paquetes/hora. El lote de 10.000 juegos se ha considerado que se retractila en paquetes de 50 unidades, es decir, 200 paquetes. Esta consideración se debe a que una de los procedimientos más habituales.

Los 200 paquetes son retractilados en 40 minutos. Por otro lado, los paquetes son introducidos en las cajas al tiempo que se retractilan y se consideran 5 minutos adicionales para el movimiento de las cajas.

Inventarios de Snap

- Planchas: Inventario medio observado: 13,7
Demanda diaria: 3,75
Días de inventario: 3,71 días

- Hojas impresas: Inventario medio observado: 47887
Demanda diaria: 47887
Días de inventario: = 1 día
- Juegos: Inventario medio observado: 15.462
Demanda diaria: 15.462
Días de inventario: 1 día

En este caso los valores agregados son los siguientes:

JUEGO	VA (MIN)
8"	227,19
8 ½ "	204,66
210x297mm	218,80

Tabla 13. Tiempo de valor agregado para juegos autocopiativos.

4.2.- TIEMPOS DE CICLO Y TAKT TIME

El **takt time** representa la tasa de consumo requerida por el mercado, lo que significa que el sistema de producción debe sincronizar su flujo con el comercial y/o de ventas, para lo cual es necesario conocer el ritmo de producción que cumpla con la demanda; es así como a partir de los datos sobre los pedidos de los clientes el takt time proporciona como resultado el tiempo en que un producto se produce con el fin de satisfacer las necesidades del cliente.

Para obtener la medida de cálculo del takt time y tomando como base la siguiente expresión:

$$\text{Takt Time} = (T - T_{nP}) * D_l / D_c$$

Donde:

- o **T:** Tiempo del turno que corresponde al día de trabajo
- o **T_{nP}:** Tiempo no productivo que equivale a tiempos de descanso y otros en los cuales se encuentra sin producir.
- o **D_c:** Demanda del cliente cantidad de unidades que el cliente espera o solicita.
- o **D_l:** Días laborables del mes total de días que se realiza las operaciones productivas.

4.2.1.- Familia 1: Formularios en continuo.

TAKT TIME = tiempo disponible de trabajo al día / demanda diaria = 8 horas*60min / 415750 formularios/20 días = 0,023 minutos = **1,39 segundos/formulario.**

Para un lote medio de 5.000 unidades: takt time= 1,39*5.000= 6950 s = 115,83 min

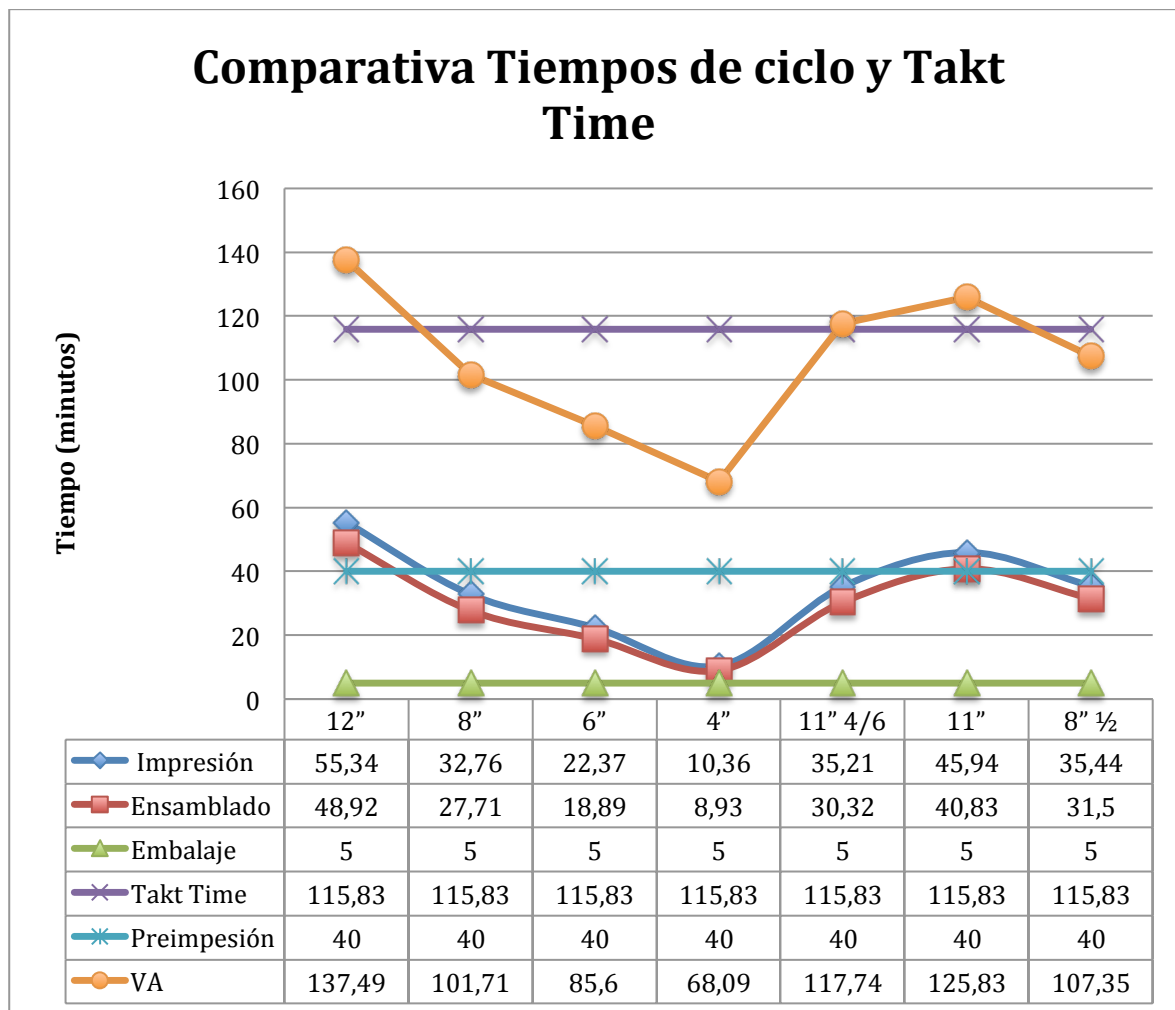


Figura 53. Comparativa Takt Time – TC para Formularios.

4.2.2.- Familia 2: Juegos autocopiativos.

Takt Time= tiempo disponible de trabajo al día / demanda diaria = 8 horas*3600s /15.462 = **1,86 s/juego**

Para un lote medio de 10.000 unidades: takt time= 1,86*10.000= 1860 s = 310 min

En la siguiente figura se muestra una comparación entre los tiempos de ciclo de cada uno de los procesos y el takt time total :

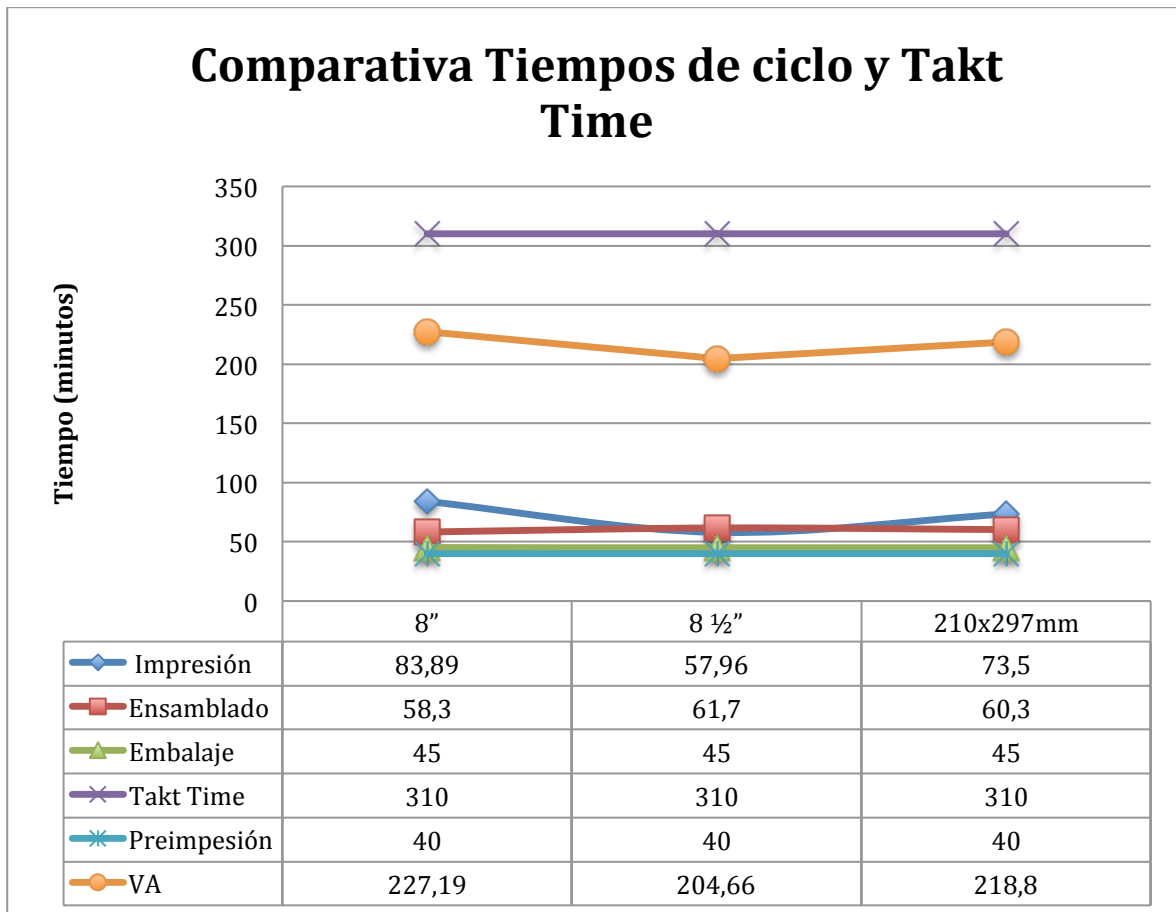


Figura 54. Comparativa Takt Time – TC para Snap.

4.3.- CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En el cálculo del takt time no se tiene en cuenta la maquinaria compartida. Tal y como se ha desarrollado el estudio en el apartado anterior los tiempos de ciclo de cada uno de los procesos son inferiores al takt time. Esto significa que no habría problema en entregar a tiempo, pero ¿qué ocurre si la maquinaria se comparte?. Esto es lo que se va a analizar a continuación.

En estos casos se ha tenido en cuenta que las máquinas están dedicadas en su totalidad a cada una de las familias por separado, por esto no es cierto en la realidad porque tanto los formularios como los snap comparten las tres máquinas de impresión. En caso de las máquinas de ensamblado, una de ellas está dedicada al 100% a los formularios en continuo, otra está dedicada al 100% a los juegos autocopiativos y la tercera de ellas comparte trabajo de ambos, según la carga de trabajo, teniendo en cuenta que el cambio de una familia a otra supone unos sesenta minutos de media.

Tal y como se puede apreciar en ambas figuras, los tiempos de ciclo de cada proceso son inferiores al Takt Time, y por tanto, no debería existir problema en el cumplir con el ritmo de demanda que los clientes solicitan.

Vamos a suponer que el tiempo disponible real que se tiene para realizar estas dos familias de productos es un 75%, ya que es un valor medio de las ventas de estos productos en comparación con el resto que oferta FQM.

En el proceso de impresión, si tenemos que en cuenta que hay tres máquina, y por tanto, tres turnos, trabajando 8 horas diarias (480 min/día), suman un total de 1440 minutos. Como la disponibilidad es del 75% como se ha mencionado anteriormente, se disponen de unos 1080 minutos al día para fabricar productos de las dos familias que se están estudiando.

Ahora la pregunta es, como la maquinaria es compartida para ambas familias ¿somos capaces de entregar a tiempo?. Pues bien, si la demanda de formularios al día es de 23.098 con una media de dos hojas y media y una producción de un 5% más y la demanda de snap es de 17.181 y las mismas características anteriores esto supone que el tiempo de producción diaria que agrega valor al sistema es de 307 min.

Como se ha apuntado, contamos con 1080 minutos para fabricar esta demanda, lo que supone que 773 min restantes se pueden dedicar a tiempos de preparación y cambios. Hay que tener en cuenta que dependiendo del número de lotes que se fabriquen al día va a variar el número de veces que se van a preparar las máquinas. Así como que los tiempos de cambio también son diferentes en función de la complejidad de los productos.

Sin embargo, suponiendo unos tiempos de preparación de 50 min, reportados por los trabajadores de la empresa, y unos tiempos de cambio menores, en una primera aproximación se debería ser capaz de poder producir a tiempo la demanda aun con la maquinaria compartida.

En el caso del ensamblaje, se disponen de dos máquinas para cada una de las familias, es decir, una disponibilidad de 960 min/día. Fabricando los 23.098 y los 17.181 juegos suponen 346 min de valor agregado, es decir restan 614 min para la preparación y los cambios.

Concluyendo, se debería poder entregar a tiempo los productos al cliente, ya que además, para hacer los aproximaciones se han tomado los productos más lentos de fabricar de cada una de las familias para considerar los casos más desfavorables. Sin embargo, en la muestra tomada de la fabricación de febrero 2016 se decide lo siguiente:

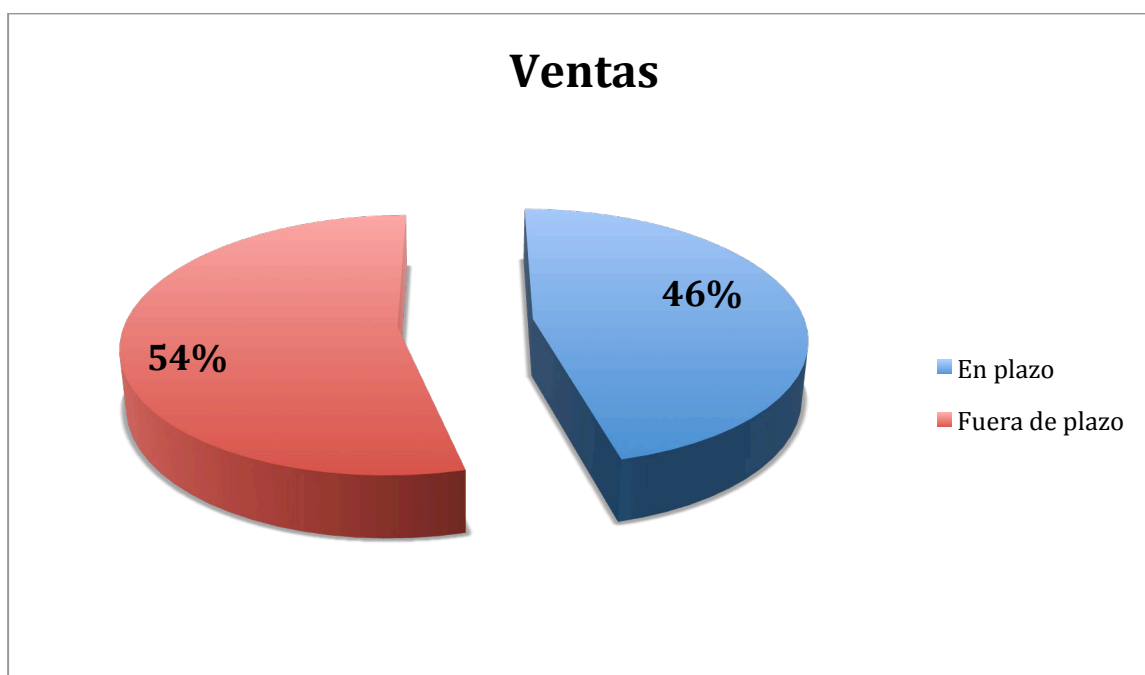


Figura 55. Distribución de trabajados entregados En Plazo – Fuera de Plazo

El 54% de los trabajos se entregaron con uno o varios días de retraso. Es un porcentaje alto, que no debería ocurrir teniendo en cuenta lo analizado anteriormente. Por ello, en los siguientes capítulos se hará un análisis y se plantarán unas posibles soluciones para intentar solucionar el problema.

5.- ESTUDIO DEL TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO

Una vez estudiados los tiempos de ciclo de los distintos productos y familias de objeto de estudio es necesario hacer un análisis de los tiempos reales de producción de las órdenes de fabricación con el objetivo de conocer los tiempos en los que no se aporta valor en cada uno de los procesos. Para ello, se realiza un estudio de cada una de las familias que están siendo sometidas a análisis.

Para la realización de este análisis, se tomaron nota de los tiempo reportados de cada orden y proceso en planta y a continuación se van a mostrar los tiempos promedio obtenidos.

5.1.- VALOR AGREGADO FRENTE A VALOR NO AGREGADO EN LAS ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

I. FORMULARIOS

Para la realización de este estudio y con el objetivo de su correcta comprensión se decidió utilizar el producto más demandado, que en este caso son los formularios de 11", para hacer el estudio.

Con respecto a los tiempos de preparación y cambios se ha estimado un promedio a partir de los datos obtenidos de los distintos productos.

	Áreas					
Tiempo	Preimpresión	Impresión	Ensamblado	Embalaje		
Tc	40,0	40,83	40,0	5		
T preparación y cambios	2,0	99,91	58,62	0		
Totales	42,0	140,74	108,62	5	296,36	min
					Tiempo de producción real	4,94 horas

Tabla 14. Tiempo total de producción de las órdenes de trabajo de formularios.

Además, se va a presentar en la siguiente figura un histograma que refleja la cantidad de minutos en la fabricación de la orden que agregan valor al producto y los que no agregan valor. Es importante para poder conocer qué procesos son potencialmente más viables para unas posibles mejoras:

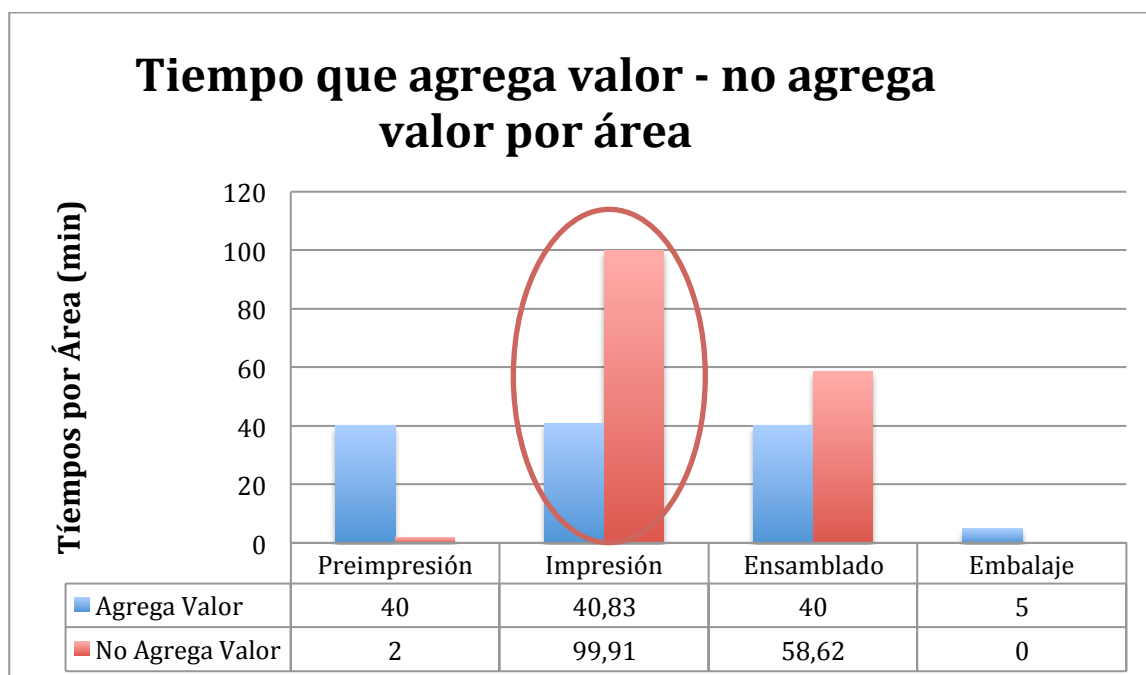


Figura 56. Comparativa de tiempo de valor agregado-no agregado por área de formularios en continuo.

El tiempo que no agrega valor en el proceso de impresión es muy significativo, sin despreciar el del ensamblado, ya que prácticamente lo dobla. Por ello, debe estudiarse para encontrar las posibles causas ya que puede tener un alto potencial de mejora.

II. SNAP

Al igual que en el caso anterior, para la realización de este estudio y con la misma finalidad de su correcta comprensión, se decidió utilizar un producto. Sin embargo, en esta ocasión no se usó el de mayor número de juegos autocopiativos producidos, sino el que mayor número de lotes demandados. Por tanto, se utiliza los juegos de 8”.

Con respecto a los tiempos de preparación y cambios se ha estimado un promedio a partir de los datos obtenidos de los distintos productos, al igual que en el caso anterior.

	Áreas					
Tiempo	Preimpresión	Impresión	Ensamblado	Embalaje		
Tc	40,0	83,89	58,3	45		
T preparación y cambios	2,0	169,85	58,6	0		
Totales	42,0	253,75	116,9	45	457,65	min
					Tiempo de producción real	7,62 horas

Tabla 15. Tiempo total de producción de las órdenes de trabajo de juegos autocopiativos.

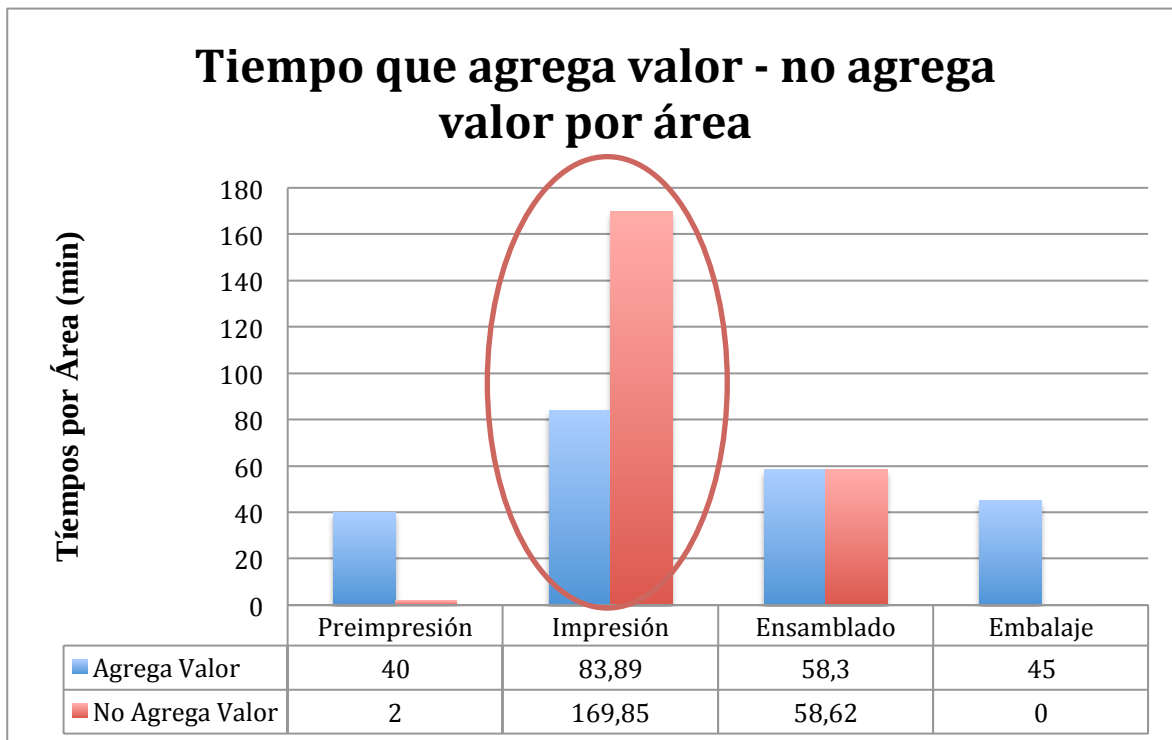


Figura 57. Comparativa de tiempo de valor agregado-no agregado por área de juegos autocopiativos.

A la vista de los resultados anteriores, parece de especial relevancia el elevado tiempo que no agrega valor al proceso, en promedio un 70%, durante la impresión de los productos teniendo en cuenta los resultados del Value Stream Mapping, donde se refleja que dicho proceso de impresión es el cuello de botella del sistema.

Para conocer con detalle las causas del elevado tiempo que no agrega valor al proceso, en primer lugar se va a presentar un estudio del mismo con el objeto de que a partir del él se puedan incurrir unas soluciones que contribuyan a eliminar este cuello de botella.

5.2.- CÁLCULO DE LA VARIANZA ESTÁNDAR DEL TIEMPO NO PRODUCTIVO EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN

La varianza es la desviación cuadrática media de las observaciones a la media muestral. La supervisión de la varianza es esencial para las industrias manufactureras y de calidad debido a que la reducción de la varianza de procesos incrementa la precisión o supone una mejora de los mismos.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

Tomando como variable el tiempo no productivo y una muestra de 50 trabajos que se hicieron en febrero de 2016.

Desviación estándar: 67,70 minutos.

Varianza: 4581 minutos.

Sin embargo, para obtener unos datos más fiables, se van a estudiar los posibles valores atípicos, que pueden tener una importancia muy alta en la muestra y como consecuencia alterar el resultado de manera significativa. Para ello se ha utilizado una gráfica de cajas, que resulta con la siguiente forma:

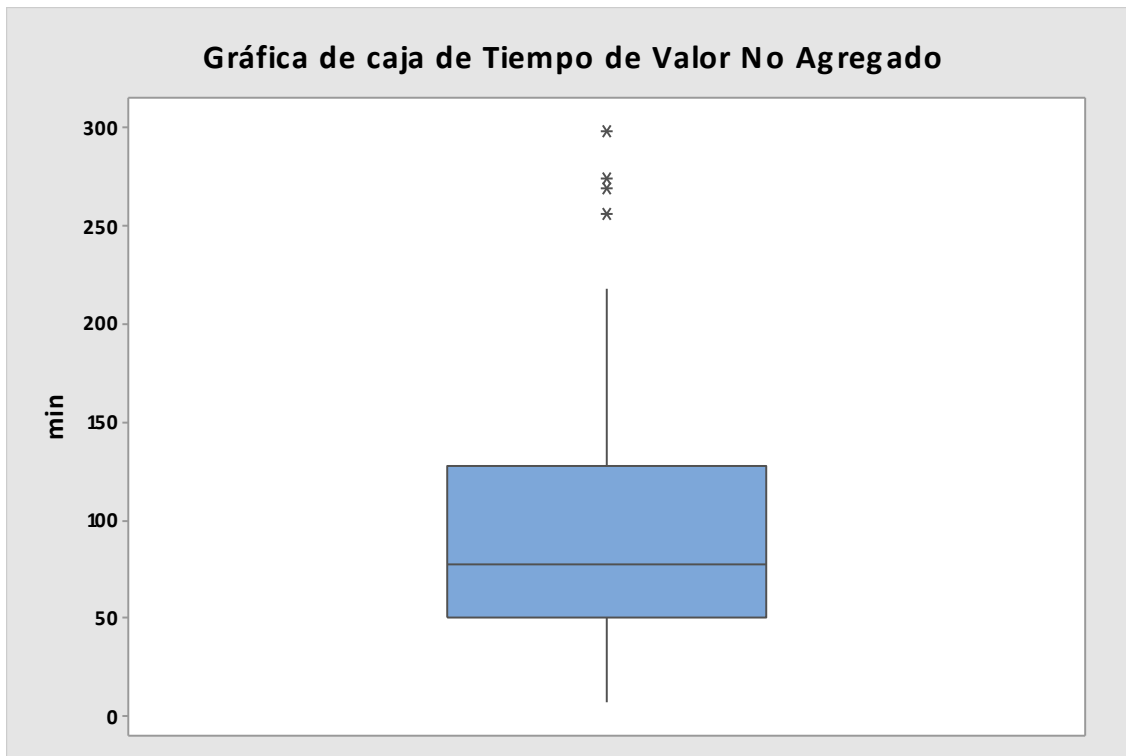


Figura 58. Gráfica de cajas.

Esta gráfica nos permite conocer mejor la distribución de la muestra ya que permite conocer la forma, la tendencia central y la variabilidad. Mediante el símbolo de asterisco se representan los valores que se consideran atípicos y que se eliminarán de la muestra, ya que se consideran que estos tiempos se deben a un problema de la maquinaria, una avería importante, o una parada fuera de la común durante la producción del producto en el proceso de impresión. Además, la gráfica nos da más información:

- Caja de rango intercuartil: 50% intermedio de los datos. (76,767 min)
 - Línea superior, Q3(tercer cuartil): el 75% de los datos es igual o menor de este valor. En este caso $Q3 = 127,376 \text{ min}$
 - Línea media, Q2 (mediana): el 50% de los datos es menor o igual que este valor. En este caso $Q2 = 77,678 \text{ min}$
 - Línea inferior Q1 (primer cuartil): el 25% de los datos es menor o igual a este valor. En este caso $Q1 = 50,609 \text{ min}$
- Bigote superior: se extiende hasta el valor de datos más alto dentro del límite superior.

$$LS = Q3 + 1,5 (Q3 - Q1) = 217,76 \text{ min}$$
- Bigote inferior: se extiende hasta el valor de datos más bajo dentro del límite inferior.

$$LI = Q1 - 1,5 (Q3 - Q1) = 8,00 \text{ min}$$

Los valores atípicos, el bigote superior más largo y la parte superior de la caja más grande que la inferior muestran una asimetría positiva.

Eliminando esos valores atípicos, se calcula el intervalo de confianza al 95% de la desviación estándar de la muestra. Sin embargo, es necesario saber en primer lugar si dicha muestra sigue una distribución normal, lo que implica poder aplicar el método de Chi-Cuadrada, o no se da este caso.

Se va a realizar un contraste de normalidad para comprobar si se verifica la hipótesis de normalidad, en concreto se ha utilizado la prueba de Anderson-Darling. Esta prueba se basa en comparar la distribución de probabilidades acumulada empírica con la distribución de probabilidades acumulada teórica, la cual es definida en H_0 .

De esta forma, es el estadístico de Anderson- Darling (AD) es el que mide precisamente si los datos siguen una distribución en particular, en concreto y en este caso, una distribución normal. Este estadístico será menor cuanto menor se ajuste la distribución a los datos. Si el valor p para la prueba es menor que el nivel de significancia (0,05) se deberá rechazar la hipótesis nula.

Hipótesis:

H_0 : las variables aleatorias siguen una distribución normal (μ, σ).

H_a : las variables aleatorias siguen una distribución normal (μ, σ).

Para la muestra en la que han sido eliminados los valores atípicos, el resultado de la prueba ha sido el siguiente:

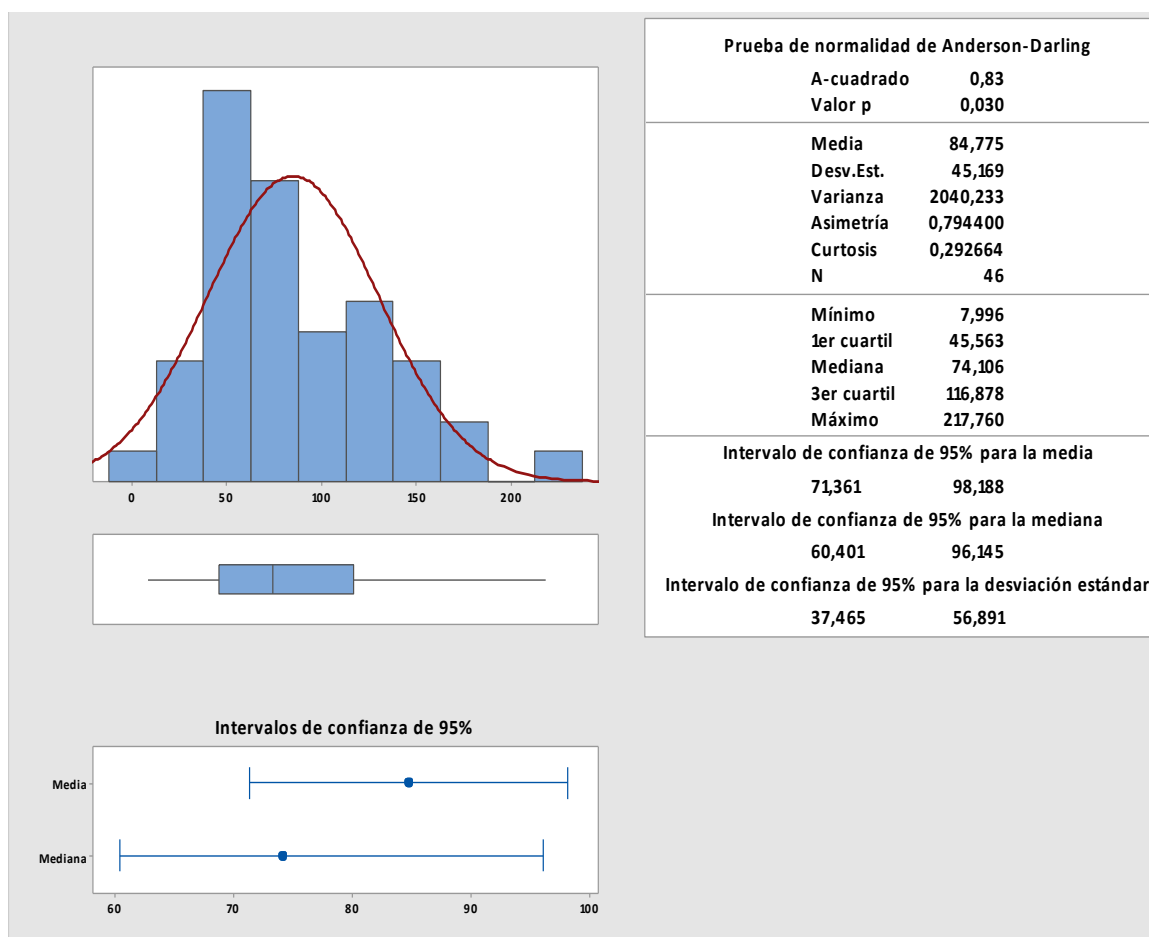


Figura 59. Informe de la prueba de hipótesis para la desviación estándar.

Como se puede observar en la figura se ha obtenido un valor $p=0,030$ menor que 0,05. Por tanto se rechaza la hipótesis nula, los datos no siguen una distribución normal.

En lugar del método del Chi-Cuadrado, escogemos el método de Bonett para calcular el intervalo de confianza para la varianza y la desviación estándar del TPN (Tiempo No Productivo en minutos). El resultado obtenido es el siguiente:

Prueba e IC para una varianza: TNP

Método

El método de chi-cuadrada sólo se utiliza para la distribución normal.
El método de Bonett se utiliza para cualquier distribución continua.

Estadísticas

Variable	N	Desv.Est.	Varianza
TNP	46	45,2	2040

Intervalos de confianza de 95%

Variable	Método	IC para Desv.Est.	IC para varianza
TNP	Chi-cuadrada	(37,5; 56,9)	(1404; 3237)
	Bonett	(36,4; 58,6)	(1322; 3436)

Figura 60. Resultados de la prueba de Índice de Capacidad para la varianza del tiempo no productivo.

Mediante este método de Bonett podemos afirmar que el intervalo de confianza del 95% de TPN para la desviación estándar es [36.4 , 58.6]

De cierto modo, cambia esperar que los datos no siguieran una distribución normal. A pesar de que ya se conoce con un 95% de probabilidad el tiempo que no agrega valor a la distribución, éste está determinado por el tiempo de preparación de las máquinas pero sobre todo por los tiempos de cambios. Se harán tantos cambios como hojas diferentes tengan los productos, tanto formularios en continuo como juegos autocopiativos, y por tanto, en una primera aproximación se espera que haya alta relación entre el número de cambios del tiempo no productivo.

Por ello, se han separado de la muestra los productos y se han clasificado según el número de hojas. Para reflejarlo se muestra la siguiente figura:

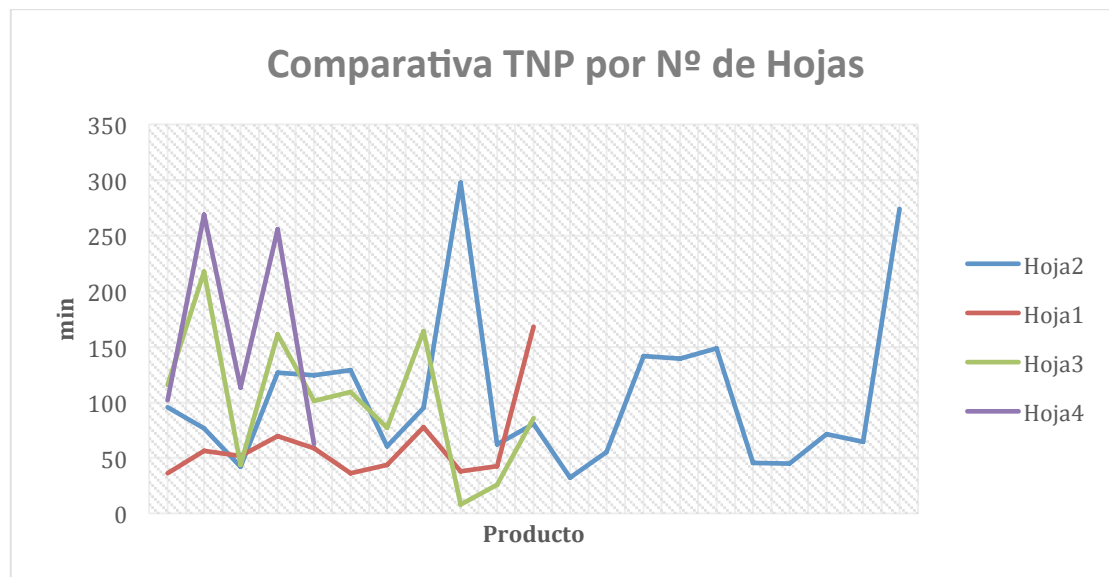


Figura 61. Comparativa del Tiempo No Productivo en función del números de hojas de los productos.

Como se puede advertir, en primer lugar, el producto con un número de dos hojas es el más vendido, mientras que el de cuatro es el que tiene un menor número de ventas. Pero es relevante apreciar que no existe una tendencia clara en cada uno de ellos, cuando lo esperado sería que dentro de unos ciertos límites lo fuera. Se dice esto puesto que no hay que olvidar que es un proceso muy manual donde interviene en gran medida el operario, y sobre todo que no son iguales ninguno de los productos que se fabrican a pesar de tener el mismo número de hojas, por ejemplo, ya que no tienen los mismos colores, el mismo gramaje, los mismos perforados...etc.

Los resultados que se han ido obteniendo a lo largo de esta capítulo, han conducido a que el foco de la mejora puede encontrarse en este punto. Por ello, se ha realizado un trabajo en planta que se va a desarrollar en el siguiente capítulo.

6.- ANÁLISIS DE LAS VARACIONES DE LOS TIEMPOS DE CAMBIO POR OPERACIÓN. ESTANDARIZACIÓN.

Una vez conocidos los valores del tiempo que no agrega valor al proceso se procedió a realizar un estudio en planta de todas las labores y operaciones que realiza el operario con el fin de saber qué proporción de tiempo corresponde a cada una de dichas operaciones.

Principalmente, el tiempo que no agrega valor se debe a:

- Tiempo de preparación de la máquina.
- Tiempos de cambios.

Para llegar a las conclusiones que se van a describir a continuación se realizó un trabajo en planta tomando tiempos a los operarios en diferentes días. Los objetivos han sido conocer las variaciones tiempos:

- Por operario
- Entre operarios.

A pesar de no haber sido todavía mencionado en este informe, en las siguientes tablas se pretende aplicar una de las técnicas Lean más importantes: la estandarización. Este punto será tratado más adelante en el apartado 7.4. El segundo objetivo y principal para este capítulo es conocer las actividades que se necesitan realizar y los tiempos requeridos.

Tiempo de preparación en el proceso de impresión.

Para iniciar una nueva orden en cualquiera de las máquinas rotativas y ya sea para un trabajo en continuo, snap o cualquiera de los productos que FQM oferta, es necesario que el operario haga una serie de operaciones.

En el siguiente cuadro se van a mostrar el conjunto de operaciones estándares, con una secuencia asignada y un procedimiento a seguir. Hay que resaltar que los operarios en la situación actual realizan las operaciones con diferente secuencia y por tanto, es necesario incentivar una mejora en este aspecto. Las operaciones y la secuencia documentadas son las siguientes:

OPERACIONES ESTÁNDAR PROCESO DE IMPESIÓN

SECUE NCIA	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO DE FLUJO	OPERA RIO	TIEMPO MAX. (s)	TIEMPO MIN. (s)	TIEMPO MEDIO (s)	PROCEDIMIENTO
1	Revisar orden		OPE 1	189	55	102	Lectura e interpretación de la orden de trabajo para determinar acciones de inicio.
			OPE 2	150	62	95	
			OPE 3	154	34	92	
2	Rellenar Parte de trabajo		OPE 1	186	83	130	Completar el parte de trabajo con la hora de inicio, la cantidad de ejemplares a imprimir y las especificaciones que se consideren oportunas.
			OPE 2	167	80	121	
			OPE 3	144	52	113	
3	Sacar Tinta de los cuerpos del trabajo anterior		OPE 1	200	27	92	Segundos/cuerpo. Con una espátula quitar de los tinteros la tinta sobrantes del trabajo anterior para no desperdiciar tinta.
			OPE 2	143	66	80	
			OPE 3	156	78	105	
4	Limpiar tintero		OPE 1	320	60	256	Segundos/tintero. Limpiar con agua y alcohol el tintero de los cuerpos.
			OPE 2	353	88	309	
			OPE 3	278	108	239	
5	Sacar plancha anterior		OPE 1	20	12	16	Segundos/plancha. Sacar plancha del cuerpo.
			OPE 2	30	22	26	
			OPE 3	95	40	45	
6	Cambiar cassates		OPE 1	900	368	490	Segundos/cassetes. Sólo en el caso de que el nuevo trabajo tenga distinto formato que el anterior. Quitar el cassette de un formato y poner el nuevo
			OPE 2	854	302	408	
			OPE 3	-	-	-	
7	Cortar plancha		OPE 1	108	62	77	Segundos/plancha. Puede haber una

			OPE 2	71	45	53	plancha por cuerpo (3 o 4 cuerpos). Eliminar las partes de la plancha inservible para adaptarla a la máquina rotativa.
			OPE 3	87	50	66	
8	Doblar Plancha		OPE 1	98	40	55	Segundos/plancha. Doblar la plancha por los bordes marcados para adaptarla a la máquina.
			OPE 2	56	15	40	
			OPE 3	120	57	60	
9	Colocar plancha en el cuerpo		OPE 1	86	25	55	Segundos/plancha. Con la plancha ya cortada y doblada introducirla en el cuerpo que corresponda
			OPE 2	70	35	49	
			OPE 3	64	40	45	
10	Aplicar tinta en el cuerpo		OPE 1	200	140	170	Segundos/cuerpo. Mezclar las tintas para obtener el color específico que el cliente requiera
			OPE 2	180	70	150	
			OPE 3	148	50	104	
11	Quitar bobina anterior		OPE 1	65	40	55	Sacar la bobina de papel virgen en caso de que el gramaje y/o tamaño sea diferente
			OPE 2	62	38	40	
			OPE 3	66	42	46	
12	Colocar bobina nueva		OPE 1	213	99	147	Colocar en la nueva bobina de papel virgen en el la parte delantera de la máquina según las especificaciones del cliente
			OPE 2	137	84	111	
			OPE 3	120	95	108	
13	Ajustar perforados		OPE 1	780	163	472	Cambiar la posición de los utillajes que producen los perforados según las especificaciones del cliente
			OPE 2	654	88	378	
			OPE 3	569	189	478	
14	Encender máquina/contador		OPE 1	34	30	31	Pulsar el botón de inicio de la máquina y comprobar que están funcionando todos los cuerpos
			OPE 2	35	32	33	
			OPE 3	40	30	35	

15	Ajustar utillajes		OPE 1	570	420	495	Pasos requeridos antes de iniciar la impresión, ya que cada productos es diferente. También puede incluir la puesta en marcha con impresión variable. El tiempo medido puede variar notablemente en función del trabajo
			OPE 2	633	300	467	
			OPE 3	540	337	409	
16	Limpiar rodillos		OPE 1	174	30	65	Eliminar la suciedad o restos de tinta de los rodillos con un trapo
			OPE 2	163	20	56	
			OPE 3	50	33	45	
17	Colocar recipiente de anilina		OPE 1	50	40	45	Sólo si el color del papel debe ser distinto del anterior trabajo
			OPE 2	60	40	50	
			OPE 3	55	50	53	
18	Comprobar tensión del papel		OPE 1	108	27	70	Arte de la prueba inicial. El operario debe arrancar varios ejemplares y desplazarse dos metros a una mesa para comprobar la tensión, es decir, que los perforados estén en su lugar.
			OPE 2	80	40	60	
			OPE 3	120	30	40	
19	Comprobar color		OPE 1	90	20	63	Parte de la prueba inicial. Operación de inspección para ver si hay que realizar ajustes en la mezcla de la tinta
			OPE 2	120	33	71	
			OPE 3	110	40	95	
20	Retirar papel sobrante		OPE 1	115	30	59	Cortar el papel de la bobina impresa procedente de la prueba inicial antes de comenzar la impresión
			OPE 2	75	50	60	
			OPE 3	64	40	55	
21	Comprobar posición de los perforados		OPE 1	40	30	32	Parte de la prueba inicial. Operación de inspección para ver si hay que realizar ajustes en los perforados
			OPE 2	42	35	37	
			OPE 3	56	39	42	
22	Inspección final con impresión en marcha		OPE 1	40	28	30	Comprobación final para ver si se puede pasar de la prueba
			OPE 2	40	30	33	

			OPE 3	36	20	31	inicial a la propia impresión.
23	Colocar el marcador en la bobina		OPE 1	10	9	9	Papel para indicar a partir de qué ejemplar de la bobina es aceptable
			OPE 2	11	9	10	
			OPE 3	10	7	9	
24	Encender el contador		OPE 1	12	10	11	Pulsar el contador para iniciar la impresión.
			OPE 2	10	9	9	
			OPE 3	10	8	9	

Tabla 16. Tiempos de preparación por operarios y operaciones en el proceso de impresión.**Tiempo de cambio en el proceso de impresión**

La mayoría de los formularios o los juegos autocopiativos están formados por más de una hoja (pueden ser 1,2,3,4,5). Normalmente el gramaje de estas hojas es diferente, como se ha especificado en la tablas **Tabla 3** y **Tabla 8** . Por ello, una vez que se ha impreso la primera hoja es necesario hacer un cambio. Habrá tantos cambios como hojas tenga el producto. La hoja del proceso es la siguiente:

OPERACIONES ESTÁNDAR PROCESO DE IMPRESIÓN. CAMBIO DE HOJA

Nº OPER	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO DE FLUJO	OPE	TIEMPO MAX (s)	TIEMPO MIN (s)	TIEMPO MEDIO (s)	OBSERVACIONES
1	Inspección de la bobina terminada		OPE 1	15	10	14	Comprobar que se ha impreso la hoja anterior correctamente
			OPE 2	16	11	14	
			OPE 3	14	13	13	
2	Sacar bobina impresa		OPE 1	70	55	60	Quitar la bobina impresa para poder imprimir la siguiente hoja
			OPE 2	61	60	60	
			OPE 3	114	40	77	
3	Transportar bobina impresa		OPE 1	13	10	12	Llevar la bobina al espacio designado en la hoja de ruta,
			OPE 2	16	11	13	
			OPE 3	15	8	10	
4	Quitar bobina con papel en blanco		OPE 1	65	40	55	El gramaje del papel entre las hojas de un mismo producto (un formulario, un juego autocopiativo, un talonario... No suele ser la misma)
			OPE 2	62	38	40	
			OPE 3	66	42	46	

5	Cambiar la bobina		OPE 1	213	99	147	Colocar en la nueva bobina de papel virgen en el la parte delantera de la máquina según las especificaciones del cliente
			OPE 2	137	84	111	
			OPE 3	120	95	108	
6	Colocar recipiente de anilina		OPE 1	50	40	45	Sólo si el color del papel debe ser distinto del anterior trabajo
			OPE 2	60	40	50	
			OPE 3	55	50	53	
7	Colocar plancha en el cuerpo		OPE 1	86	25	55	Segundos/plancha. Sólo si la plancha es diferente de la hoja anterior
			OPE 2	70	35	49	
			OPE 3	64	40	45	
8	Aplicar tinta en el cuerpo		OPE 1	200	140	170	Segundos/cuerpo. Sólo si el color de las letras de la nueva hoja es distinto del anterior.
			OPE 2	180	70	150	
			OPE 3	148	50	104	
9	Ajustar máquina		OPE 1	230	120	175	Pasos requeridos antes de iniciar la impresión, ya que cada productos es diferente.
			OPE 2	155	60	105	
			OPE 3	210	89	101	
10	Comprobar tensión del papel		OPE 1	108	27	70	Parte de la prueba inicial. Operación de inspección para ver si hay que realizar ajustes en la mezcla de la tinta
			OPE 2	80	40	60	
			OPE 3	120	30	40	
11	Comprobar color		OPE 1	90	20	63	Parte de la prueba inicial. Operación de inspección para ver si hay que realizar ajustes en la mezcla de la tinta
			OPE 2	120	33	71	
			OPE 3	110	40	95	
12	Retirar papel sobrante		OPE 1	115	30	59	Cortar el papel de la bobina impresa procedente de la prueba inicial antes de comenzar la impresión
			OPE 2	75	50	60	
			OPE 3	64	40	55	
13	Comprobar posición de los perforados		OPE 1	40	30	32	Parte de la prueba inicial. Operación de inspección para
			OPE 2	42	35	37	

			OPE 3	56	39	42	ver si hay que realizar ajustes en los perforados
14	Colocar el marcador en la bobina		OPE 1	10	9	9	Papel para indicar a partir de qué ejemplar de la bobina es aceptable
			OPE 2	11	9	10	
			OPE 3	10	7	9	
15	Encender el contador		OPE 1	12	10	11	Pulsar el contador para iniciar la impresión.
			OPE 2	10	9	9	
			OPE 3	10	8	9	

Tabla 17. Tiempos de cambio por operarios y operaciones en el proceso de impresión.

Es importante destacar que este tiempo de cambio variará dependiendo de cada de producto. Esto quiere decir que si por ejemplo, un formulario está formado por 3 hojas, con gramajes distintos (las bobinas de papel como materia prima son diferentes) pero las tres tienen el mismo texto escrito, las planchas serán las mismas y no será necesario cambiarlas. Además puede que para cada una de la hojas varié el color, por tanto habrá que limpiar los cuerpos de la tinta anterior y poner el color nuevo.

Por tanto, las posibilidades del tiempo de cambio son muy dispares de un trabajo a otro por el hecho de que incluyan más o menos operaciones en función del tipo de trabajo.

Tiempo de preparación para el proceso de ensamblado.

OPERACIONES ESTÁNDAR PROCESO DE ENSAMBLADO

Nº OPER	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO DE FLUJO	OPE	TIEMPO MAX(s)	TIEMPO MIN (s)	TIEMPO MEDIO (s)	OBERVACIONES
1	Revisar orden de fabricación		OPE 1	60	35	40	Lectura e interpretación de la orden de trabajo para determinar acciones de inicio.
			OPE 2	53	24	33	
			OPE 3	62	36	48	
2	Revisar Bobinas		OPE 1	80	31	65	Comprobar que las bobinas impresas son las correspondientes a la orden de
			OPE 2	91	20	48	

			OPE 3	90	41	72	fabricación y que se encuentran en su totalidad.
3	Cambiar estaques		OPE 1	660	366	480	Mover las estuques según correspondiente a la orden de fabricación
			OPE 2	-	-	-	
			OPE 3	-	-	-	
4	Cambiar cuchillas		OPE 1	660	180	560	Sólo en caso de que el trabajo anterior tenga otro formato. Colocar las cuchillar en el cassette según el formato de la orden de fabricación
			OPE 2	780	360	610	
			OPE 3	720	180	496	
5	Colocar bobina impresa		OPE 1	64	33	60	Segundos/ bobina. Utilizar la grúa para subir las bobina a su posición
			OPE 2	75	43	54	
			OPE 3	68	41	59	
6	Regular inicio del papel		OPE 1	67	50	57	Quitar el papel sobrante para el inicio del ensamblado
			OPE 2	60	40	50	
			OPE 3	64	46	52	
7	Pasar papel por los rodillos		OPE 1	104	70	85	Segundos/ bobina. Colocar el papel desde la bobina hasta los elementos se sujeción para el ensamblado
			OPE 2	95	67	77	
			OPE 3	110	76	97	
8	Colocar adhesivos en el cassette		OPE 1	99	43	90	Colocar la tiras adhesivas según el formato en el cassette
			OPE 2	101	56	78	
			OPE 3	95	65	89	
9	Ajustar utillajes		OPE 1	726	300	530	Operaciones correspondientes a la colocación de los utillajes en función del producto.
			OPE 2	780	470	765	
			OPE 3	1200	540	800	
10	Comprobar		OPE 1	71	23	60	Inspección de la prueba inicial para comenzar el contar las unidades buenas.
			OPE 2	60	40	50	
			OPE 3	75	49	66	

Tabla 18. Tiempos de preparación por operarios y operaciones en el proceso de ensamblaje.

Tiempo de cambio para el proceso de ensamblaje**OPERACIONES ESTÁNDAR DE CAMBIO EN LAS COLECTORAS**

Nº OPER	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO DE FLUJO	OPE	TIEMPO MAX(s)	TIEMPO MIN (s)	TIEMPO MEDIO (s)	OBERVACIONES
1	Quitar bobina terminada		OPE 1	30	20	24	Segundos/ bobina. Quitar la bobina gastada para colocar una nueva.
			OPE 2	36	25	29	
			OPE 3	35	28	32	
2	Colocar bobina		OPE 1	176	133	153	Segundos/ bobina. Utilizar la grúa para subir las bobina a su posición
			OPE 2	195	167	180	
			OPE 3	184	152	177	

Tabla 19. Tiempos de cambio por operarios y operaciones en el proceso de ensamblaje.**6.1.- DISCUSIÓN DE LAS MAYORES VARIACIONES**

En este apartado se va a discutir las mayores variaciones en las operaciones que en el apartado anterior se han estudiado. Como se ha visto, los tiempos de cambios y preparación en los procesos de impresión y postimpresión pueden ser muy variados, y a su vez, al ser meramente manuales difieren de forma notable entre los operarios, ya que la experiencia, el estado anímico y la motivación también son factores a tener en cuenta.

Es importante no olvidar que en el apartado anterior se ha plasmado de forma general las tareas que son necesarias para preparar y cambiar las máquinas, pero que hasta cierto punto, la cronología y la forma de llevarlas a cabo difieren entre los operarios, por ello se presentó en el apartado anterior una estandarización y secuencia de los mismos, lo que básico en el enfoque Lean Manufacturing.

A la vista de los resultados, una condición que se produce con frecuencia, es el aumento en el coste, que se refleja en forma de tiempo, debido a esta falta de actualización de la estandarización en los productos y los diferentes procesos que intervienen en la fabricación. Los tiempos de alistamiento de las máquinas son muy variados, debido a averías, esperas, a las constantes variaciones de los procesos, puesto que como se ha mencionado, la variabilidad de productos y la no especialización, llevan a que en la empresa se impriman diferentes clases de productos gráficos.

Uno de los principales problemas es la maquinaria. A pesar de estar en buenas condiciones para su uso, y que es capaz de sacar los trabajos adelante, es una maquinaria Senior, con bastantes años a sus espaldas, y esto conlleva a que las averías y la dificultad para hacer correctamente algunos trabajos sea notable y a que se necesite mucho mantenimiento.

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento como tal y a la vista de las continuas averías que se han podido apreciar en planta, no se dedica el tiempo suficiente a la realización de esta actividad de manera planeada y regular, lo que provoca que se presenten problemas relacionados con bajas de productividad, altos costes de operación y calidad inconsistente, así como altos mantenimientos correctivos especialmente en los equipos de impresión y postimpresión, debido a la averías por ruptura de piezas en dichos equipos.

La conclusión de este problema, es una de las principales variaciones y aumentos de tiempo no productivo en FQM es el de paradas y solución de averías e incidencias. Esta es una de las causas de las altas variaciones entre tiempos que se han estudiado durante el trabajo. Para conocer los tiempos que estas fallas, averías y paradas suponen del total de tiempo en las órdenes de producción, como en el apartado anterior ya se han incurrido los tiempos de preparación y cambios (que serán valores aproximados, ya que como se ha mencionado, depende del trabajo y la experiencia del operario) se han estudiado en base a los datos de las órdenes de fabricación de Febrero, por productos en función del número de hojas (ya que en función del número de hojas habrá un determinado número de cambios) y se ha llegado a la siguiente conclusión:

Producto	Min prep. (Aprox)	Min cambio (Aprox)	Min total (Aprox)	Min reales en Promedio (Aprox)	Min por fallas/averías/paradas/esperas/reprocesos(Aprox)	% de Min averías/fallas/paradas/esperas/reprocesos (Aprox)
1 hoja	55	0	55	62	7	11,30%
2 hojas	55	20	75	106	31	29,30%
3 hojas	55	40	95	121	26	21,50%
4 hojas	55	60	105	165	60	36,40%

Tabla 20. Tiempo promedio por órdenes de fabricación.

Como es espera, se observa que la tendencia por paradas, averías, fallas y esperas aumentar cuanto mayor son los números de cambio. Estos datos se han tomado de una muestra de 50 órdenes de trabajo. Como se observa un promedio de un 30% del tiempo que no agrega valor se debe a paradas averías, reprocesos etc, de los cuales se estima, tras la observación en planta:

- El 20% se debe a reprocesos.
- El 60% se debe a fallas y averías.
- El 20% se debe a esperas.

Por otro lado, se deben destacar varias conclusiones:

- Existen tiempos de espera entre operaciones que pueden deberse a que el operario esté realizando otra actividad que no sea la de preparar la máquina.
- Los métodos de ajuste de las máquinas no están reflejados documentalmente, sino que se deben a la experiencia del operario. Todo son manuales. En la orden de trabajo están escritas las características del producto y en base a ello el operario ajusta la máquina.
- Varias de las operaciones puede que tengan que realizarse varias veces ya que las comprobaciones no dan los resultados esperados. Para ejemplificarlo se va a relatar la experiencia del trabajo en planta. Por ejemplo, la tensión del papel no estaba correcta y se tuvo que realizar dos veces ajustando la máquina de nuevo tomando un tiempo total de 3 minutos y 37 segundos, o el operario mezcla el color directamente en la máquina y no en una mesa teniendo que modificar el color dos veces.
- Pueden surgir averías, en las máquinas. Se ha tomado nota en planta de estos posibles contratiempos:

- **Rotura de papel:** ha supuesto un retraso de 12 min, 3 min y 38 s, 4 min, hasta que el papel es sustituido, en la RK1 o 29 min en la Goebel, 6 min en una colectora.
- **Problemas con el sistema de numeración variable** (se ha tomado un caso con 20 min de retrasos en la RK1, 20 min en la Goebel o 2 horas y 15 min en una colectora). Se entiende que dependiendo del problema el tiempo será diferente.
- **Problemas con la electrónica de la máquina** que supone tener que bajar la velocidad a 65m/min en lugar de a 90 m/min durante una semana.
- **Problemas con el majado**, lo que tiene consecuencias como: rotura de papel, falta de agua y por tanto manchas en las hojas o exceso de agua y problemas con el velo. La consecuencia es que hay que repetir todo el trabajo (la bobina no sirve) con su correspondientes costes humanos y económicos.
- Las mayores variaciones en impresión también se deben al ajuste de utillajes, perforados, sacar las tintas y la limpieza de los tinteros y rodillos.
- Las mayores variaciones en postimpresión se deben a ajustar las medidas, y cambiar las cuchillas. Tanto las operaciones de cambio como la preparación de cajas y encajado se ha tomado nota de que varía muy poco tanto entre el mismo operario como entre ellos.

7.- METODOLOGÍA PARA LAS REDUCCIONES DE TIEMPOS MÁS SIGNIFICATIVOS. TÉCNICAS LEAN

A partir de las bases teóricas establecidas en la Capítulo II junto con los resultados obtenidos en los Capítulos III, IV, V y VI de la empresa del sector de las artes gráficas objeto de estudio de este trabajo, se pospone en este capítulo a establecer el procedimiento de implantación de técnicas Lean Manufacturing que se consideren oportunas.

Como se ha descrito anteriormente, la transición hacia un enfoque Lean Manufacturing requiere de unos recursos tecnológicos y humanos junto con unas condiciones de gestión. Debido a las múltiples técnicas y diversidad posible en la implementación de este modelo de gestión es necesario tener bien claro el estado actual de FQM, para lo que se tomará en cuenta todo lo aprendido durante el trabajo en la planta y los análisis de datos que se han ido plasmando a lo largo de todo este trabajo.

De acuerdo con el planteamiento, entre las condiciones principales se encuentran una organización, limpieza y orden a lo que la técnica de las Cinco Eses es la base para una aplicación eficiente, además de que es necesaria una estandarización como base para la aplicación de técnicas Lean. Por otro lado, y como se ha comentado en el apartado 6.2 anterior, los problemas detectados en la empresa son dos:

- Altos valores en el tiempos de cambios y preparación. Para ello se va a utilizar la técnica SMED
- Incidencias y averías. Estas incidencias principalmente y como se ha desarrollado en el apartado anterior son:
 - o Rotura de la banda de papel.
 - o Manchas.
 - o Tonos de color.
 - o Velo
 - o Problemas con la electrónica.
 - o Problemas con el mojado.
 - o Incidencias con los equipos de impresión variable.

Para ello se va a aplicar fundamentalmente las técnicas TPM y Poka Yoke.

7.1.- MAPA DE VALOR ACTUAL

El punto de partida es la elaboración del mapa de valor actual que se realizó en el apartado 4.1. Mediante esta herramienta gráfica del Lean se observaron los inventarios, flujo de información, procesos y tiempos de cada una de las familias seleccionadas. De estos mapas se obtienen algunas conclusiones:

- Se pudo comprobar cómo el proceso de impresión da lugar a los mayores retrasos para ambas familias, siendo un proceso lento tanto en este punto como el previo a que las órdenes empiecen a fabricarse. Estos son los puntos donde las órdenes de trabajo tienen que esperar en mayor medida para ser atendidas.

- Las órdenes de trabajo tienen un Lead Time de 15,80 días para los formularios en continuo y 11,71 días para snap. Se debe entender que la diferencia en el Lead Time de cada uno de los productos está directamente relacionada con la demanda de cada mes ya que la maquinaria es compartida y por tanto, puede variar. Sin embargo, los datos de febrero nos dan un valor de referencia fiable del tiempo que tardan en completarse las órdenes de producción.
- Puesto que los plazos de entrega se definen de forma sistemática en 15 días (11 días de trabajo) muchos de los pedidos se realizan con retraso, lo que puede conllevar insatisfacción de los clientes.
- El tiempo que realmente agrega valor al proceso está comprendido entre un valor de 68,08 min y 137,40 min para los formularios y de 204,66 min y 227,19 min para Snap (en caso de que tengan que ser retractilados y no introducidos directamente en las cajas).
- Un tiempo afectado por retrasos, esperas, algunos cambios en la planificación de la producción, acumulación de material por la necesidad de realizar muchas operaciones manuales y todo esto unido a equipos de cierto retraso tecnológico conducen a retrasos en la entrega a los clientes que ya se estudió en el apartado 4.3.

7.2.- SELECCIÓN DEL PROCESO DE MEJORA

Tras los resultados actuales obtenidos en el apartado 4.3, Capítulo V y Capítulo VI y con un planteamiento de aplicar el modelo de forma secuencial y con una intención de que exista un reflejo real en la empresa, el proceso que se elige es el de Impresión. Por otro lado, se considera que el éxito derivado de la aplicación de las técnicas a este proceso conducirá a otra programa para los demás procesos.

7.3.- CINCO ESES

Esta técnica es la base para la implementación de las demás técnicas Lean, y por ello, es un punto básico de exponer en este trabajo, ya que el orden y la limpieza en los puestos de trabajo son básico para su correcto funcionamiento, puesto que deben ser lo más prácticos y funcionales posibles.

El objetivo principal es la estandarización de las condiciones adecuadas para de las áreas de trabajo, ya que es importante el tiempo que un operario puede gastar en buscar, recoger o preparar elementos de trabajo como las herramientas o las materias primas.

Centrándonos en el caso de FQM, se realizó un proceso de observación en planta para comprobar la forma en la que las materias primas necesarias para los procesos estaban dispuestas, la limpieza de las máquinas y en general la organización de las áreas de trabajo de los operarios.

Los resultados es que en este caso, el jefe de producción de la empresa ha realizado una labor importante de concienciación y disciplina a sus operarios en estos aspectos. Los materiales, herramientas y materias primas están colocadas en una posición de fácil acceso a los operarios y cada uno de ellos es responsable de la limpieza se su puesto.



Figura 62. Disposición de las tintas ordenadas, junto con las herramientas necesarias (espátulas, productos de limpieza etc.) junto a las máquinas.



Figura 63. (Izq.) Colocación de las bobinas de impresión etiquetadas junto a las máquinas. (Der) Contenedor para tirar todos los desperdicios.



Figura 64. Colocación de anilinas. Cada máquina cuenta con sus depósitos propios.

Estas figuras muestran que existe orden y limpieza, siempre teniendo en cuenta que existe suciedad ya que se trabaja con tintas. Por ello, se considera importante destacar que no es necesaria la aplicación de esta técnica ya que los operarios tienen una concienciación sobre estos puntos y los aplican a su trabajo diario.

Sin embargo, es necesario tenerlo en cuenta y haberlo comprobado previamente ya que esto es una base esencial para las demás técnicas que se aplicarán.

7.4.- TRABAJO ESTANDARIZADO

Esta técnica Lean consiste en documentar estándares, actividades y métodos para proveer la mejora continua. Supone el punto de inicio para conseguir buscar las oportunidades de mejora, para las cuales, como es obvio, es vital la participación de los trabajadores que las realizan y participan en ellas. Donde existan personas, maquinaria, métodos, materiales, información y mediciones deberán existir también estándares.

Se pretende con esta herramienta establecer una forma de trabajo para que todos los operarios la sigan, de tal manera que todos ellos realicen las actividades de la misma forma y en la misma secuencia.

Como ya hemos visto, en FQM el Takt Time del proceso es inferior al Takt Time de cada una de las familias estudiadas, sin embargo, no se llega en muchas ocasiones a los plazos de entrega. Con esta técnica se pretende realizar una revisión de las actividades y procedimientos tal que se mejoren los tiempos. Además se pueden conseguir múltiples beneficios como mejorar la productividad recopilando los métodos de trabajo de los operarios mejor formados, facilitando la incorporación de nuevos operarios a la organización, reduce el riesgo de errores, establece una base documentada de los procesos que puede ser fuente de futuras mejoras y puede ser causa de la detección de desperdicios y defectos.

La aplicación del trabajo estandarizado se realiza en varios pasos:

1. Establecer y seleccionar las actividades en el proceso.

Todas las operaciones requeridas se han recogido en la Figura 27. Flujograma del proceso de impresión.

2. Realizar las mediciones en términos de tiempo de las actividades y operaciones requeridas. Estas mediciones han sido recogidas en la Tabla 16 y la Tabla 17 del capítulo V. Dichas mediciones se han realizado para cada uno de los operarios de impresión, y a su vez, se han recogido los tiempos máximos, mínimos y medios para tener una visión global de las posibles variaciones entre cada operario y por operario, tal y como se explica en el correspondiente apartado.
3. Documentar la secuencia optimizada de la capacidad.
4. Definir la secuencia estándar de las operaciones
5. Documentar y capacitar los métodos establecidos.

Al igual en el paso 2, los pasos 3,4 y 5 se han aplicado en la Tabla 16 y Tabla 17.

7.5.- SMED: Single-Minute Exchange of Dies

SMED es una metodología que persigue la reducción de los tiempos de preparación de las máquinas. Para ello, se deben analizar las operaciones de aislamiento y su participación en el tiempo total que cada una de ellas supone para el proceso. Además se estudia la incorporación de cambios en la maquinaria, herramientas o utillaje.

Debe tenerse muy en cuenta los tiempos de preparación y cambios porque unos ajustes en los mismos pueden suponer una mejora muy positiva que no tiene por qué implicar una gran inversión. Estos cambios llevan a una eliminación de estandarización y ajustes a través de la incorporación de nuevos métodos de alimentación, retirada o ajustes de maquinaria que deben ser sencillo y rápidos y que pueden reducir en gran medida la existencia de errores, reducir defectos y evitar inspecciones.

Como se ha visto en FQM esta técnica puede ser de gran utilidad en el proceso de impresión ya que mediante esta técnica, si la maquinaria está a plena capacidad, como es el caso de las máquinas rotativas de impresión, se puede aumentar su capacidad sin necesidad de comprar maquinaria nueva, reduciendo los tiempos de preparación y cambios, que es una parte muy importante del tiempo empleado en este proceso.

En la industria gráfica, el concepto “tiempo de arreglo”, es el tiempo que necesita la máquina rotativa para cambiar la producción de un producto a otro, desde el momento en que la última hoja de un trabajo es depositada en la salida de la máquina y durante todo el proceso hasta que la prensa esté produciendo hojas buenas del siguiente trabajo⁵. Tampoco se debe olvidar que aunque estas operaciones son improductivas, son necesarias también y que, por tanto, lo que debe hacerse es tratar de minimizarlas tanto como sea posible.

Antes de empezar a desarrollar esta técnica es necesario exponer dos definiciones que son esenciales para la aplicación de esta técnica:

- Operación interna: aquella que debe realizarse con la máquina parada.
- Operación externa: aquella que puede realizarse con la máquina en funcionamiento.

Para la aplicación de la técnica SMED se siguen los siguientes pasos:

⁵ Rizzo Ken, Efectividad del prearreglo, Revista Artes Gráficas, 2008

1. *Observar y comprender el proceso de preparación y cambio:*

Es una etapa preliminar en la que se debe analizar la situación inicial y donde no hay que diferenciar entre las operaciones internas y externas sino simplemente entender cómo se realizan las operaciones y documentar las misma con los tiempos que cada ellas comprenden.

Esta etapa preparatoria ya se ha realizado en la **Tabla 16**, en donde se han recopilado todas las operaciones estándar del proceso de impresión. Para tratar esta técnica se va a utilizar el tiempo promedio empleado por operación para la realización de los productos de las familias seleccionadas, puesto que en la tabla también se han recogido los tiempos máximos y mínimos.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos por operación de cambio promedio tomados para cada operario y su porcentaje respecto al total con el fin de obtener en qué medida son relevantes.

OPERACIÓN	Operario 1		Operario 2		Operario 3	
	Tiempo Promedio (s)	Porción de tiempo (%)	Tiempo Promedio (s)	Porción de tiempo (%)	Tiempo Promedio (s)	Porción de tiempo (%)
Revisar Orden	102	1,85	95	1,82	92	1,91
Rellenar parte de trabajo	130	2,36	121	2,31	113	2,35
Sacar tinta de los cuerpos	92	1,67	80	1,53	105	2,18
Limpiar tintero	256	4,65	309	5,91	239	4,97
Sacar plancha anterior	16	0,29	26	0,50	45	0,94
Cambiar Cassetes	490	8,89	408	7,80	0	0,00
Cortar plancha	77	1,40	53	1,01	66	1,37
Doblar plancha	55	1,00	40	0,76	60	1,25
Colocar plancha en el cuerpo	55	1,00	49	0,94	45	0,94
Aplicar tinta en el cuerpo	170	3,09	150	2,87	104	2,16
Quitar bobina anterior	55	1,00	40	0,76	46	0,96
Colocar bobina nueva	147	2,67	111	2,12	108	2,25
Ajustar perforados	472	8,57	378	7,23	478	9,94
Encender máquina	31	0,56	33	0,63	35	0,73
Ajustar utillajes	495	8,98	467	8,93	409	8,51
Limpiar rodillos	65	1,18	56	1,07	45	0,94
Colocar anilina	45	0,82	50	0,96	53	1,10
Comprobar la tensión del papel	70	1,27	60	1,15	40	0,83
Comprobar color	63	1,14	71	1,36	95	1,98
Retirar el papel sobrante	59	1,07	60	1,15	55	1,14
Comprobar perforados	32	0,58	37	0,71	42	0,87
Inspección final	30	0,54	33	0,63	31	0,64
Colocar marcador	9	0,16	10	0,19	9	0,19

Encender contador	11	0,20	9	0,17	9	0,19
IMPRESIÓN	1040	18,87	1040	19,89	1040	21,64
Total (s)	4067		3786		3364	

Tabla 21. Tiempos promedio por operación de cambio.

Se deben tener en cuenta dos puntos principales:

- Para el tiempo de impresión, que es único que agrega valor al proceso, se ha tomado el tiempo promedio considerado en los apartados anteriores para un lote de 5000 formularios de 11" para una ÚNICA hoja con un 5% de hojas adicionales: 5250 hojas.
- Los tiempos de cambio se han considerado sólo de preparación de la máquina, hay que tener en cuenta que una vez que ya se ha preparado la máquina las operaciones de cambio de hoja son menores y de forma global aumenta el porcentaje de tiempo en impresión tal y como se indica en la Figura 56 de valor agregado frente a no agregado en el apartado 5.2 del capítulo V donde se expone que son unos 99,9 min de cambio promedio con una varianza comprendida entre 36,4 min y 58,6. Sin embargo, como cada trabajo es diferente y con diferentes cambios se ha realizado esta estimación.

Además podemos sacar las siguientes conclusiones:

- En torno al 80% del proceso no agrega valor para una hoja. Nótese que este dato en caso de tener más hoja el formulario ronda entre el 65% y 70% (para un lote de 5000 unidades de formulario de 11" con 2,5 hojas, se imprimen 40,8 min y hay cambios promedio en los datos de febrero 2016 de 99,9 min). Es decir, que a mayor número de hojas por lote y a mayor número de cambios, según el planteamiento matemático, el porcentaje que agrega valor aumenta, aunque seguirá siendo muy elevado el valor de tiempo no productivo.
- La limpieza de los tinteros, junto con los ajustes tanto de perforados como de utillajes son los que más peso tienen en los procesos de cambio.

2. *Identificar y separar las operaciones internas y externas:*

Se procede a clasificar las operaciones en internas, es decir, a máquina parada y externas, las que se pueden realizar con la máquina en funcionamiento. Los resultados se describen en la tabla siguiente:

OPERACIÓN	Op. Interna	Op. Externa
Revisar Orden	X	
Rellenar parte de trabajo	X	
Sacar tinta de los cuerpos	X	
Limpiar tintero	X	
Sacar plancha anterior	X	
Cambiar Cassetes	X	
Cortar plancha	X	
Doblar plancha	X	
Colocar plancha en el cuerpo	X	
Mezclar tinta	X	

Aplicar tinta en el cuerpo	X	
Quitar bobina anterior	X	
Colocar bobina nueva	X	
Ajustar perforados	X	
Ajustar utillajes		X
Limpiar rodillos	X	
Colocar anilina	X	
Comprobar la tensión del papel	X	
Comprobar color	X	
Retirar el papel sobrante	X	
Comprobar perforados		X
Inspección final		X
Colocar marcador		X
Encender contador		X
IMPRESIÓN	-	-
Quitar bobina impresa	X	
Inspeccionar bobina	X	
Trasladar bobina	X	

Tabla 22. Identificaciones de operaciones internas y externas del proceso de impresión.

3. *Convertir las operaciones internas en externas.*

Una vez definidas cuales son las operaciones internas y operaciones externas, para ahorrar tiempos de cambio, se van a convertir ciertas operaciones internas en externas. El objetivo es reducir el tiempo de alistamiento tratando de que la mayor parte de las operaciones de cambio se realicen como si fuesen operaciones con la máquina funcionando.

OPERACIÓN	Op. Interna	Op externa	Op. interna	Op. Externa
Revisar Orden	X			X
Rellenar parte de trabajo	X			X
Sacar tinta de los cuerpos	X			
Limpiar tintero	X			
Sacar plancha anterior	X			
Cambiar Cassetes	X			
Cortar plancha	X			X
Doblar plancha	X			X
Colocar plancha en el cuerpo	X			
Mezclar tinta	X			X
Aplicar tinta en el cuerpo	X			
Quitar bobina anterior	X			
Colocar bobina nueva	X			
Ajustar perforados	X			
Ajustar utillajes		X		
Limpiar rodillos	X			

Colocar anilina	X			X
Comprobar la tensión del papel	X			X
Comprobar color	X			X
Retirar el papel sobrante	X			
Comprobar perforados		X		
Inspección final		X		
Colocar marcador		X		
Encender contador		X		
IMPRESIÓN	-	-		
Quitar bobina impresa	X			
Inspeccionar bobina	X			X
Trasladar bobina	X			X

Tabla 23. Conversión de operaciones internas en externas.

Las operaciones marcadas en amarillo se pueden convertir en operaciones externas. Algunas, de ellas como la limpieza del tintero, que aporta gran cantidad de tiempo no producto por términos de seguridad no pueden convertirse en operaciones externas.

- Deben analizarse si se pueden realizar por un operario de apoyo aquellas que sean de revisión.
- Por otro lado la mezcla de las tintas, que supone un tiempo importante de la aplicación de la mismas, puede hacerse mientras la máquina está imprimiendo la hoja anterior, haciéndose la mezcla en un recipiente en lugar de directamente en los tinteros. Con esto se ahorran los tiempos de búsqueda de las tintas, limpieza de espátulas etc. Además, si se prueba el color en una hoja puede comprarse el color con el de la muestra para evitar que tenga que realizarse este proceso varias veces si se hace directamente en la máquina y el color no es como debería ya que esto implica parar la máquina, volver a mezclar en los tinteros etc.
- Por otro lado, durante la impresión, también puede cortarse y doblarse las planchas posteriores y rellenar las órdenes de trabajo.
- Hacer operaciones en paralelo, en caso de otro operario tan sólo tenga que inspeccionar el trabajo que está imprimiendo. En muchas ocasiones los trabajos son largos y los operarios están parados a que se termine de imprimir.
- Debe buscarse una mejora tanto a los ajustes de los utillajes ya que se pierde bastante tiempo comprando si la hoja y los perforados salen a la medida adecuada.

4. Mejora a las operaciones internas y externas.

Es importante tener en cuenta en este apartado, que tal y como se dijo en capítulos anteriores, gran parte de la pérdida de tiempo en los procesos de cambio se da por averías e incidentes que podrían solucionarse con una mejora de la maquinaria. Así algunas mejoras podrían ser:

- Realizar un esquema de identificación visual sobre cómo deben ser los ajustes estandarizados.

- Mejorar las condiciones de mantenimiento de la máquina para evitar que no haya paradas por problemas durante los cambios.
- Estandarizar para evitar tiempos excesivos en ajustes.
- Realizar una inversión en el sistema de alimentación del papel ya que es motivo paradas de tiempo tremendamente frecuentes y que aumentan mucho los tiempos de cambio.
- Estandarizar unas instrucciones para los equipos de impresión variables para dotar a los operarios de herramientas con las que solucionar los problemas rápido.
- Evitar al máximo cambios en la planificación de la producción y dar prioridad a trabajos donde los ajustes de utillajes sean mínimos, es decir, que tengan las mismas medidas, ya que al ser medias estándar se repiten con gran frecuencia.

7.6.- TPM: Mantenimiento Productivo Total

Es un conjunto de técnicas destinadas a eliminar las averías a través de la colaboración de los trabajadores. Con esto se permite mejorar la eficiencia de los equipos, mejorar la producción y implicar al personal.

Los equipos productivos tienen pérdidas debidas a:

- Tiempos muertos: averías, preparación, ajustes...
- Defectos: repetición de trabajos, menos rendimiento en la puesta en marcha...
- Tiempos en vacío.

Tal y como se ha incurrido anteriormente, unos de los principales problemas de FQM son los retrasos debidos a estas tres puntos anteriores, ya que son continuos los fallos debidos a la rotura de papel, problemas por majado, repeticiones por defectos en el color, problemas con la impresión variable o problemas eléctricos. Además, en muchas ocasiones se ha observado en planta que las operaciones se realizan de forma repetida ya que no salen bien a la primera, lo que es un problema derivado de que, como se ha mencionado, las operaciones a excepción de la impresión, son totalmente manuales. Una de las causas que también motivan estos sucesos es la edad de los equipos. Por todo esto es esencial que el mantenimiento en esta empresa sea clave para todos.

- Paso 1: motivación del personal y buscar su compromiso. Además se debe dar la capacitación necesaria a los mismos para la aplicación del mantenimiento. En caso de FQM los maquinistas son expertos debido a años de experiencia, por lo que su conocimiento del funcionamiento de las máquinas es amplio.
- Paso 2: se otorga al operario la capacidad de poder actuar con libertad en el mantenimiento de los equipos. Se deben realizar chequeos usuales estandarizados y dejar constancia escrita de los mismos. Un ejemplo podría ser el que se muestra a continuación, donde “tipo de mantenimiento” se refiere a operaciones que el jefe de producción debe estandarizar para cada tipo de máquina en relación a lo que se considere oportuno.
- Por acuerdo con la dirección de la empresa, se considera necesario y suficiente un mantenimiento preventivo de 3 horas al comienzo de la semana, lo que supone 540 minutos. Con este mantenimiento se pretende conseguir una reducción de tiempos de aislamiento.

- Funcionamiento de traspaso de papel.
- Revisión electrónica y motores.
- Área de trabajo.

Un punto importante que tener en cuenta en este apartado es que FQM debe empezar a registrar el indicador OEE: Overall Equipment Efficiency o Índice de Eficiencia Global. Este indicador establece una relación entre el número de piezas que podrían haberse producido si todo hubiera funcionado correctamente y las que se han producido en la realidad:

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Eficiencia} * \text{Coeficiente de Calidad}$$

Donde:

- Disponibilidad: se calcula restando al tiempo disponible (sin contar descansos) el tiempo de carga que la máquina está parada por fallas, preparaciones, ajustes o cambios.

Se puede mejorar reduciendo los tiempos de cambio y preparación mediante la técnica SMED y reduciendo el tiempo de paradas cumpliendo un mantenimiento preventivo y mediante la aplicación Poka Yoke.

- Eficiencia: nivel de funcionamiento del equipo teniendo en cuenta los tiempos muertos, paradas menores y pérdidas por una velocidad de las máquinas más baja de lo que se debiera.

Se puede mejorar Programando la producción con la máquina ajustada tal que coincidan en formato, tinta y papel, a pesar de que ya se hace en ocasiones hay cambios por temas relacionados con plazos de entrega.

- Calidad: fracción de la producción que cumple con los estándares de calidad teniendo en cuenta aquella parte del tiempo empleada en producción de piezas defectuosas o erróneas.

Se puede mejorar reduciendo los defectos por reprocesos al aplicar medidas anteriores y reduciendo la merma programada.

La definición de cada uno de los indicadores, así como la prioridad con la que deben ser recogidas se encuentra descrito en el Anexo I.

7.7.- POKA YOKE

Poka Yoke es un proceso que sirve para prevenir, detectar y avisar errores en el sistema, también conocido como “cero defectos”. Por tanto, el objetivo será aumentar la satisfacción del cliente evitando o disminuyendo errores.

Es un procedimiento basado plenamente en la inspección, que consiste en una vez encontrado un defecto, se para el proceso y se investigan las posibles causas y las posibles causas futuras también. Esta finalidad se puede conseguir de diferentes maneras:

- Utilizando dispositivos para detectar los errores durante el proceso.
- Mediante un diseño de productos que no se pueden ensamblar erróneamente.
- Empleando dispositivos que eviten que puedan salir del proceso productos que se han fabricado con defectos.

No hay que olvidar que los errores, considerados como una desviación de lo esperado, existen y que abren un camino a la oportunidades de mejora evitándose en la medida en la que el diseño del sistema lo permita, la producción de defectos, que son precisamente la consecuencia de estos errores.

Como se ha comentado, existen tres niveles poka yoke:

1. Poka yoke de diseño: no se permite que existan defectos mediante un diseño que no permita ensamblar productos diseñados incorrectamente.
2. Poka yoke de detección: detecta el error cuando ocurre en la fuente.
3. Poka yoke de control: no permite que los defectos salgan de la fábrica.

Analizada la situación de la empresa FQM, y aplicadas las técnicas Lean anteriores bajo un estado de orden y limpieza, se ha conseguido estandarizar, aplicar un programa de mantenimiento, tanto la técnica SMED como la técnica Poka Yoke son la que se consideran más útiles frente a la situación de la empresa. Esto se debe, a que como se ha planteado, las dos principales causas de retrasos, pérdidas de material y pérdidas financieras son:

- Los elevados de tiempos de cambio de las máquinas.
- Las averías, incidencias y defectos.

Para combatir ambos problemas, a parte de las técnicas anteriores, se plantea esta técnica Poka Yoke. Se debe tomar una actitud proactiva en la que se hace algo, se detecta un error y hay una retroalimentación seguida de un plan de acción. Para comenzar se implantación se necesita:

- Trabajo en equipo: es la base del éxito, cada persona puede aportar sus conocimientos.
- Área de trabajo ordenada: como consecuencia del método de las 5s.
- Identificas la causas de error.

Para identificar la causas de los defectos y problemas se va a realizar un diagrama de espina de pez que es una representación gráfica de la relación causa-efecto entre los variables que intervienen en el problema:

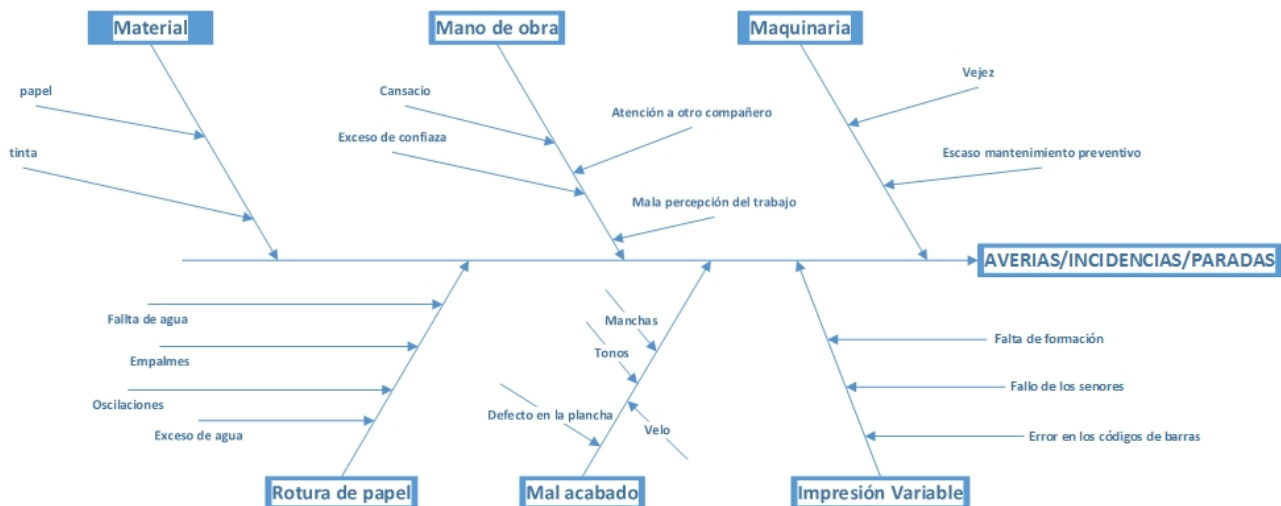


Figura 66. Diagrama de espina de pez

Los fallos eléctricos y maquinaria deben solucionarse aplicando un mantenimiento regular tal y como se ha descrito en el apartado anterior para intentar mantener el estado de los equipos en el mejor estado posible y evitar así posibles averías.

Por tanto, una vez identificados los errores y sus posibles causas se va a proceder a un implementar Poka Yoke para evitar algunos de ellos:

Dispositivo Quick Peek

Una de la principales causas de devolución por parte del cliente, lo que puede suponer un alto descontento del mismo, además de una de las operaciones que más tiempo abarcan en el proceso de cambio de las máquinas de impresión es la mezcla de tintas y el correspondiente color de los trabajos.

En muchas ocasiones los trabajadores hacen un mezcla de tinta “a ojo” es decir, no miden las cantidades de tinta que utilizan achancándolo a la experiencia. Además esta operación se realiza directamente en el tintero de las máquinas. El principal problema es que en ocasiones no se llega a conseguir el color exacto que demanda el cliente con el envío de la muestra, y las operaciones de mezcla y comprobación de color se repiten de forma sistemática en los cambios de productos.

Según el fabricante POLIGRAF, *“Quick Peek consiste en una caja que contiene un plato suave, una herramienta de medición y el punzador para obtener un definido y predeterminado volumen de tinta, una espátula de acero para llenar la barra de medición y un rodillo especialmente diseñado para distribuir la tinta sobre el plato y realizar la prueba en el lugar.”*



Figura 67. Dispositivo Quick Peek.

Los beneficios son los siguientes:

- Ayuda al impresor a llegar al color deseado. El maquinista sabrá antes de poner la tinta en el tintero del cuerpo obtendrá el color pedido por el cliente cuando comience la producción.
- Supone un método de control económico y rápido para controlar el color y la fuerza de la tinta sobre el sustrato que se desea imprimir.
- Proporciona una información precisa de la cantidad de tinta que se necesita para el trabajo.
- Contiene una prueba para test de secado, repinte, resistencia a la luz y reiteración de colores.
- Produce pruebas de color para que sean aceptadas por el consumidor antes de comenzar a producir el trabajo en la máquina.
- Muestra las variaciones de color que sufre la tinta durante el secado.
- Anticipa las variaciones cuando se utilizan papeles con diferentes niveles de blanco, tonalidad o brillo.

Por tanto, utilizando este dispositivo se ahorra tiempo en correcciones de color, fallos y desperdicios de tinta, además y muy importante, reducirá tiempo de cambio ya que se evitará tener que sacar la tinta sobrante del trabajo anterior ya que se puede medir la cantidad exacta de tinta que se necesita para el lote, se evitarán las devoluciones del cliente.

Sensores

Los sensores pueden ser unos dispositivos que sirvan de gran ayuda a la hora de evitar y prevenir errores. Estos sensores son ultrasónicos y robustos, por lo que pueden ser utilizados perfectamente con la maquinaria actual sin necesidad de comprar una nueva, ya que las inversiones de nueva maquinaria gráfica son absolutamente desorbitadas económicamente para la empresa. El objetivo es conseguir tiradas de impresión sin problemas mediante dispositivos que no experimenten interferencias causadas por polvo, vibraciones o colores. A continuación se proponen algunos de estos sensores propios de la impresión offset en bobina⁶ y las ventajas que pueden conllevar si se implementan:

Sensor BIS510



Figura 68. Sensor BIS510

- Sensor de inspección de hojas mediante comparación de imágenes.

⁶ Disponibles en: <http://www.pepperl-fuchs.com/>

- Permite la lectura de códigos de barras horizontales y verticales a gran velocidad.
- Proporciona una iluminación excelente que avala la detección fiable inclusive en superficies que sean reflectantes.
- Colocado a la salida de la máquina, la opción de aprendizaje automático de la hoja de referencia reduce la carga de trabajo del operador y el tiempo de cambio.

Sensor PMI-F110:

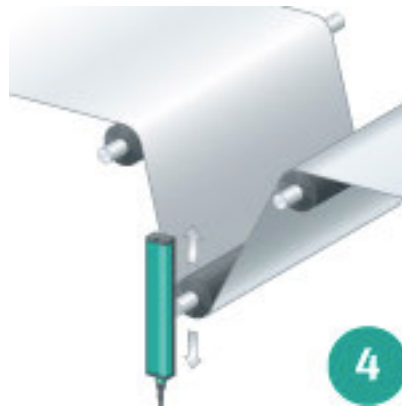


Figura 69. Sensor PMI-F110

- Es un sensor que sirve para medir la tensión del papel.
- Cuenta con una resolución rigurosa.
- Detecta la de posición del papel sin sufrir desgaste.
- Sin interferencias causadas por la suciedad.

Sensores ultrasónicos UC300-F43, UB300-18GM

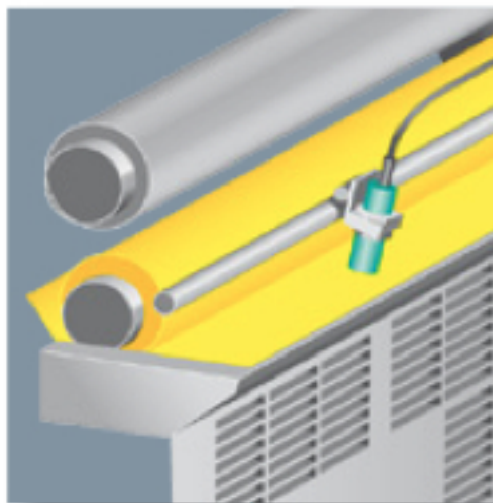


Figura 70. Sensores ultrasónicos UC300-F43, UB300-18GM

- Sensores para detectar el nivel de tinta en los tinteros de los cuerpos.
- Medición fiable del nivel de tinta.
- Alarma de bajo nivel.
- Carcasas con resistencia a productos químicos.

- Se evita que se produzcan velo o manchas por defecto o exceso de tinta.

Sensores VDM28, RL28, UB500-30GM, UB500-F54

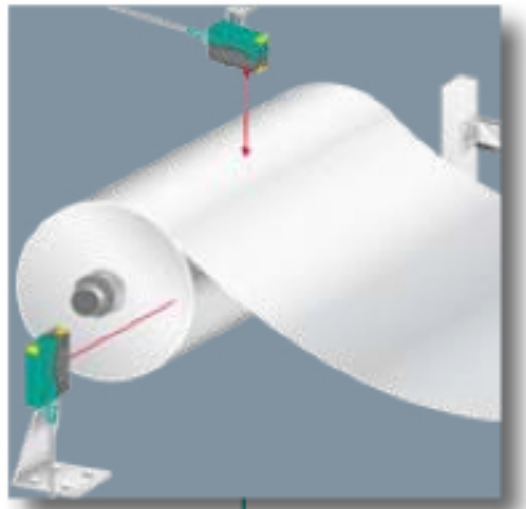


Figura 71. Sensores VDM28, RL28, UB500-30GM, UB500-F54

- Sensor para detectar rollo vacíos.
- Inspecciona los diámetros de la bobina.
- Envía una señal para el encolado automático o manual.
- Sin interferencias causadas por el polvo y las vibraciones.
- Inmune al color del rollo.
- Salidas analógicas y discretas.

El objetivo de la incorporación de estos dispositivos tiene dos objetivos principales:

- ✓ Evitar la impresión de bobina defectuosas:
Los sensores que realizan una comparación de imagen sirven para evitar que se este produciendo una bobina con algún tipo de error en formato, color, velo, manchas, códigos de barras... y que el operario no se entere hasta la completa impresión de la misma, puesto que el trabajo tendrá que repetirse y esto supone costes de tiempo, material y financieros.
- ✓ Evitar la constante supervisión de los operarios.
Mediante estos sensores es posible evitar que el operario tenga que supervisar contantemente la impresión, ya que la producción de un lote puede durar horas, en las que el operario no realiza ninguna actividad salvo la de supervisar que todo funciona correctamente. Con la incorporación de los sensores el operario tiene vía libre para poder realizar operaciones de cambio en paralelo con otro operario en otra máquina, con el objetivo de conseguir reducir los tiempos de cambio.

Estos sensores deberán ir conectados a un sistema de control, un PC, que será el encargado de general la alarma.

Procedimiento para abordar la rotura de papel

Tal y como se ha expuesto en el diagrama de espina de pez y en general en este trabajo, uno de los problemas de FQM es la constante rotura de papel en las máquinas. Esto transforma en enormes pérdidas y retrasos, entre otros.

Debe realizarse un análisis de las roturas y posteriormente conseguir reducirlas mediante un uso optimizado de los materiales y estandarización de procesos. Si en FQM se presta atención a este problema se aumentará mucho la probabilidad de que se evite. Por tanto, se conseguirá con mayor seguridad disminuir las roturas y por tanto, los desperdicios, los plazos de entrega y aumentar la productividad y la rentabilidad financiera.

Cuando ocurra una rotura de banda se propone:

1. Diagnosticar la causa.
2. Aplicar la acción correctiva y limpiar la máquina para evitar que los restos de papel provoquen otro suceso.
3. Anotar en un registro los detalles del suceso.
4. Guardar un fragmento de la banda para asegurar un diagnóstico y posteriormente poder tomar medidas.

Entre las principales causas por las que se rompe la banda están:

- Fallas de empalme: pueden existir empalmes defectuosos. Durante el ciclo del empalme habrá un cambio en el perfil de tensión y, por tanto, cualquier punto débil de la banda o del empalme estará bajo un esfuerzo superior al normal con lo que puede haber rotura del papel. Se pueden clasificar dos tipos de estas fallas que pueden producirse durante el ciclo de empalmado tal que se contribuya al diagnóstico:
 - Empalme expandido: la bobina se expande antes de hacer el empalme.
 - Empalme fallado: la nueva bobina no se empalma con la banda que se está terminando.
- Arrugas de tensión: forman un ángulo con la línea de dirección de la banda. Están directamente relacionadas con las oscilaciones laterales de la banda.
- Arrugas de presión: al plegarse la banda terminando convirtiéndose en una arruga permanente que hace que se rompa.
- Mojado: al pulverizarse agua en los cuerpos, ésta se condensa hasta formar una gota que al caer, moja el papel y se rompe.

Mediante un diagnóstico y un registro de las causas pueden adoptarse medidas que permitan reducir este hecho, ya que puede ser causa de un material defectuoso en la mayoría de las oscilaciones, por lo que habría que pedir responsabilidades al proveedor. Sin embargo, pueden estar provocadas por falta de ajustes de la máquina y por tanto habría que reajustarla. Por ello es imprescindible el seguimiento y control. Para ello se va a adoptar el siguiente dispositivo:

Sensor ultrasónico UB120-12GM

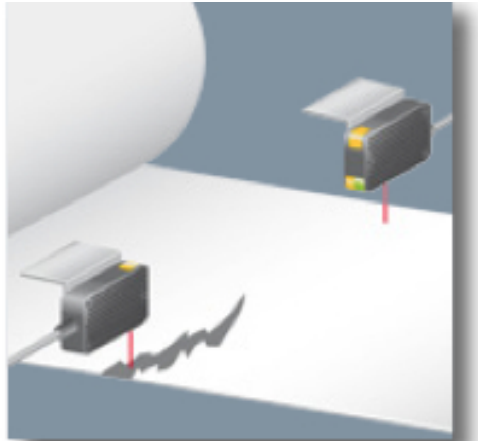


Figura 72. Sensor ultrasónico UB120-12GM

- Sensor que sirve para supervisar la rotura de papel.
- Reduce desperdicios de papel.
- Ahorro de tiempo en el cambio de papel.

Un ejemplo de hoja de registro de rotura:

ETSII(UPM)

8.- ANÁLISIS DEL IMPACTO PRODUCTIVO/ECONÓMICO. CONCLUSIONES

En este capítulo se van a concluir una estimación de los impactos tanto a nivel productivo como económico que se darían si la dirección de FQM decidiera tomar las medidas que se han ido proponiendo en este Trabajo una vez que fue conocida la situación actual.

8.1.- ANÁLISIS DEL IMPACTO PRODUCTIVO. CONCLUSIONES

En este apartado se van a analizar las conclusiones obtenidas referentes a los impactos productivos que tienen las técnicas Lean en el sistema productivo de FQM .

Por ello, tomando en cuenta las técnicas que se van a tomar en el proceso junto con el estado del mapa de valor actual, se va a realizar un mapa de valor del estado futuro, que se manifiesta como una recurso a corto plazo para el proceso de impresión. De esta forma se pueden determinar las mejoras en el proceso.

Se puede concluir que se siguen presentando las mismas actividades en los procesos, pero con la búsqueda de las oportunidades de mejora en el proceso de impresión destinadas a:

- o Reducción o eliminación de actividades que no agregan valor.
- o Aumento de la confiabilidad del equipo.
- o Orden y limpieza.
- o Estandarización.

Es preciso que FQM comience a hacer uso de los indicadores del Anexo I, y sobretodo, del indicador OEE, para hacer una valoración a lo largo de tiempo de las mejoras que se obtienen haciendo uso de las técnicas y el enfoque planteados en este Trabajo.

De esta forma se puede incurrir algunas conclusiones productivas, teniendo en cuenta la Tabla 20, que se planteó en el apartado 6.2 donde se exponen los tiempos de producción de la orden de fabricación desglosados:

- o Transformación de actividades internas a externas por medio de la técnica SMED se incrementaría la disponibilidad de la máquina en la operación de impresión en un 12,5% más, pasando de 55 min aproximadamente a 48,1 min.
- o Uso de dispositivos Poka Yoke para:
 - Evitar sacar la tinta sobrante de los cuerpos lo que supone reducir un 1,8% aproximadamente en cada uno de los tiempos de preparación o cambios, ya que es una operación que suele realizarse en ambos casos.
 - Evitar la constante supervisión del operario, ya que esa supervisión la harán los sensores instalados en los PC que se encuentran junto a las máquinas, lo que permitirá realizar actividades de cambios en paralelo con otro maquinista una vez que haya finalizado las operaciones externas marcadas en la técnica SMED. En las actividades en paralelo se deberán seguir las pautas de estandarización que se han planteado en este trabajo, para que no existan equívocos. Mediante esta técnica se estima que los

tiempos de preparación o cambio se pueden reducir un 30% aproximadamente a los 55 preparación y los 20 de cambios.

- Reducir los desperdicios evitando reprocesos: comparación del color varias veces, mezcla de tintas para cambiar los tonos que no salen bien a la primera, controlar la tensión del papel para evitar que se rompa, evitar la impresión de bobinas repetidas por manchas o velos, repetición de unidades por falta de tinta en la ya impresas. Se calcula que puede reducirse un 15% del tiempo derivado de estos incidentes del 20% inicial.
- o Aplicación de la técnica TPM. Mediante las actividades de mantenimiento preventivo se pretenden reducir las paradas. Se pretende que estas actividades se realicen en un tiempo de unos 540 min en el inicio de cada semana, y que se pueda reducir así las fallas y averías un 35%. (Inicialmente suponía un 60%, por tanto, queda en un 25% de los min derivados de estos problemas).
- o Las esperas derivadas de que un operario esté realizando actividad que no es la que le corresponde, no puede eliminarse mediante una técnica Lean, sino que debe ser fruto de la concienciación.
- o Reducción del tiempo de ciclo de impresión de un 2,5% al disminuir la merma programa, ya que por lo general se imprimen muchas unidades por lote que son desechadas.

En total los tiempo de preparación y cambio puede reducirse un 44,3% por la técnica SMED, Poka Yoke y estandarización. Además mediante la técnica de mantenimiento preventivo y Poka Yoke puede reducirse el tiempo de por fallas, averías, reprocesos e indecencias en torno a un 50% (15%+35%)

Producto	Min prep. (Aprox)	Min cambio (Aprox)	Min total (Aprox)	Min reales en Promedio (Aprox)	Min por fallas/averías/paradas/esperas/reprocesos(Aprox)	% de Min averías/fallas/paradas /esperas/reprocesos (Aprox)
1 hoja	55	0	55	62	7	11,30%
2 hojas	55	20	75	106	31	29,30%
3 hojas	55	40	95	121	26	21,50%
4 hojas	55	60	105	165	60	36,40%
1 hoja	30,6	0	30,6	34,1	3,5	
2 hojas	30,6	11,1	41,7	57,2	15,5	
3 hojas	30,6	22,2	52,8	65,8	13,0	
4 hojas	30,6	33,4	64	94	30,0	

Reducción de un 44,3%

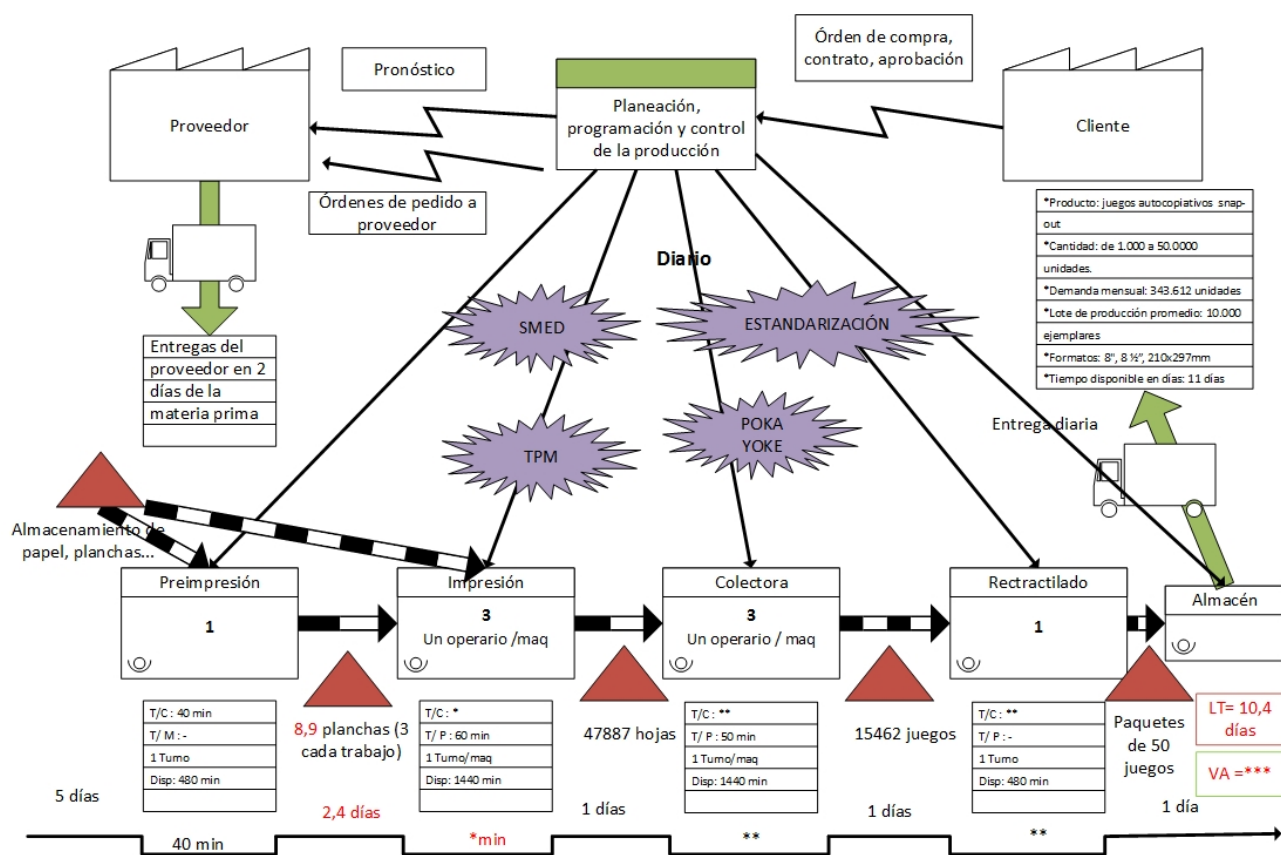
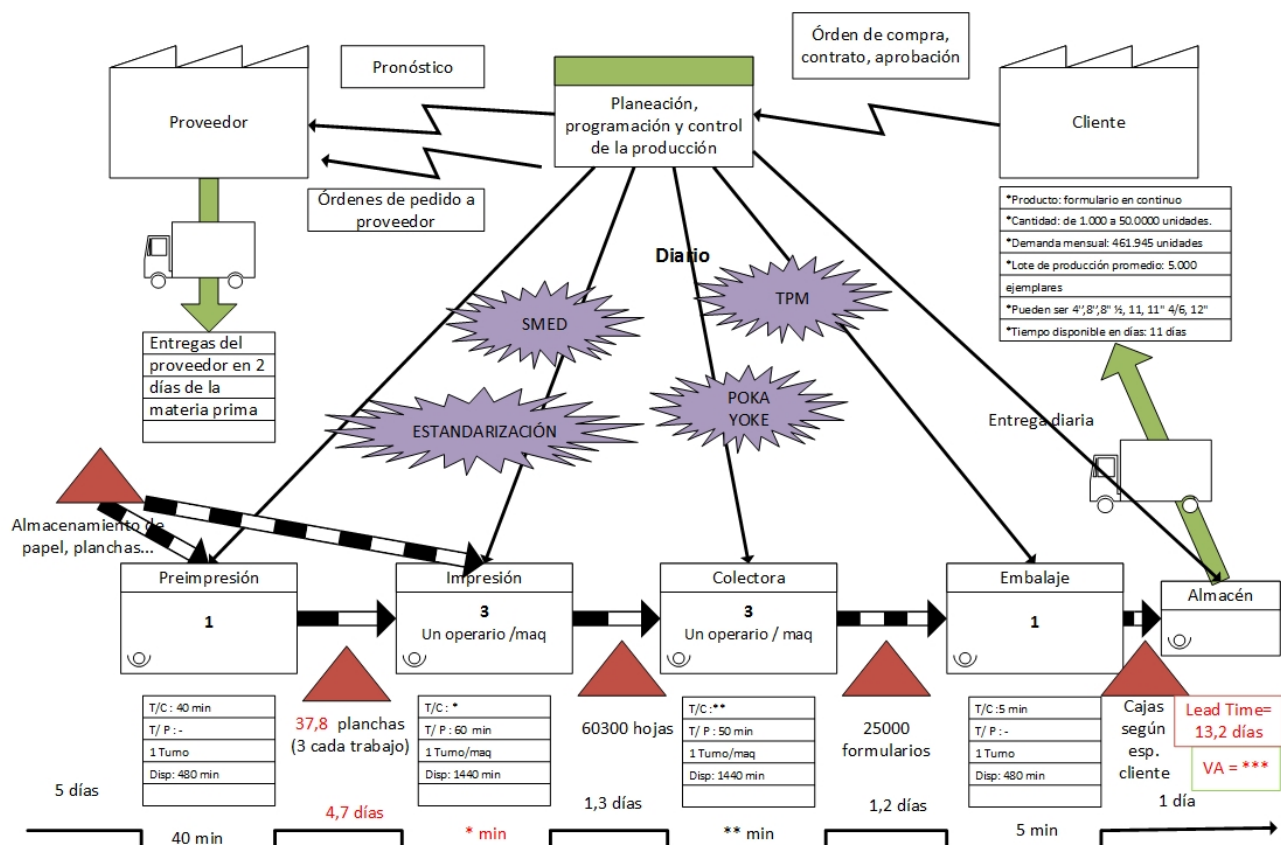
Reducción de un 50%

Minutos estimados. Comparar con las reales por el jefe de producción una vez implementadas las técnicas para su evaluación.

- o Concluyendo mediante técnicas Lean se conseguiría una reducción total de un 50% aproximadamente los tiempos de cambio, que como se ha estudiado anteriormente, suponen un 70% de los tiempos totales de producción en el proceso de impresión, consiguiéndose agilizar la productividad un 35%, ya contabilizadas las paradas por mantenimiento preventivo. Esto se debe a que el ritmo de producción lo marca el cuello de botella, que es el proceso de impresión.
- o Realizando una estimación, los materiales deben reducirse un 5% de merma y mácula y se estima que se puede reducir un 10% del material por reprocesos, comprobaciones de color y tinta desperdiciada. Por tanto, se da una reducción del 15% en materia prima.
- o Disminución del 12,5% energético, por la disminución de los tiempos de preparación y cambio.
- o Reducción del Lead Time a 13,2 días para formularios y 10,4 días para juegos, una reducción significativa.
- o Reducción de Lead Time únicamente aplicando técnicas Lean al proceso de impresión. Una continuidad y una expansión a los procesos de la empresa es la base para continuar mejorando.
- o Mayor flexibilidad.

Por último se va a realizar la creación del mapa de flujo de valor futuro, que puede considerarse una conclusión del impacto productivo que tiene la implementación del Lean y que tiene varios beneficios:

- o Describir vialmente el plan y la meta de los procesos.
- o Proporciona datos para el desarrollo del plan de acción.
- o Muestra la necesidad de capacitación del personal.
- o Propone escenarios para llevar a cabo eventos Kaizen según se requieran como parte de las líneas futuras.



8.2.- ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO. CONCLUSIONES

En este apartado se van a exponer de forma general las conclusiones en términos económicos que supone la filosofía Lean para la empresa.

En primer lugar se van a estudiar los gastos que va a suponer a la empresa la puesta en marcha de las técnicas:

Capacitación:

Tal y como se ha ido anotando a lo largo de todo el trabajo, la involucración de las personas es el primer paso la implementación del enfoque Lean. Por ello, se va a destinar una serie de horas extra para los trabajadores en la que se pretende dar formación sobre la filosofía Lean. Una vez tratado con la dirección de la empresa el resultado es el siguiente:

- o 2 horas cada día durante 12 sábados, lo que supone 24 horas extra por trabajador a 10€/h. Puesto que son 12 trabajadores, descontando al dueño (también director) de la empresa: el gasto total será de 2880€.
- o Presupuesto de 500€ para material necesario para la capacitación.

Esto supone un gasto de 3380€ repartidos en 3 meses de capacitación: 1126,67€/mes.

Poka Yoke:

- o La implementación de esta técnica supone unas pérdidas asociadas a gastos derivados de la adquisición de los dispositivos para las inspecciones y la evasión de errores.
 - o Dispositivos Quick Peek: 70€/máquina. En total: 210€
 - o Sensores: estimados en un valor medio de 854€ en total en base a los propuestos en este Trabajo de la marca Pepperl Fuchs. En total: 2535€.

Esto supone una inversión de 2745€ en compra de dispositivos.

Estandarización:

- o Los gastos asociados a la implementación de esta técnica son prácticamente nulos, ya que supone un registro documental de las operaciones que deben realizarse para los trabajos. En todo caso la impresión del documento para estar al alcance de los operarios, gasto que se considera despreciable en cuanto a impacto económico.

TPM:

- o Se ha acordado que el mantenimiento preventivo en las máquinas de impresión es de 180 min al comienzo de la semana, es decir, 540 min en los que no se produce lo que supone gastos en términos humanos. Puesto que cada operario de prensa cobra una mensualidad de 1500€/mes, es decir, 8,50€/hora. Son 3 operarios en impresión, por tanto, supone un gasto mensual de 306€. Si tenemos en cuenta que el mantenimiento también se realiza en el proceso de postimpresión, el gasto de mantenimiento preventivo será de 612€ aproximadamente.

SMED

- o La aplicación de esta técnica no supone gastos ya que simplemente se basa en reducir los tiempos de preparación y cambio, sólo tendría gastos de capacitación ya contabilizados. Por ello, esta técnica repercute en ahorros energéticos y de material.

La inversión total para implantación de técnicas Lean implica un total de 4484€ el primer mes (contabilizando dispositivos Poka Yoke), 1739€ el segundo y tercer mes (capacitación y TPM), y los costes derivados de TPM desde entonces.

Por otro lado, los costos/beneficio actuales de los trabajos valorados por la empresa son los siguientes:

	% Representativo
Materiales	40%
Mano de obra	12%
Costos de funcionamiento (luz, electricidad...)	20%
Costos administrativos	5%
Costos de servicio	6%
Otros	2%
Beneficio	15%

Tabla 24. Costes/Beneficio desglosados por trabajo. Fuente: FQM

- En total el material se reduce un 15%, por tanto, en el peso económico de un 40% pasa a reducirse a un 34%.
- Ahorro energético del 12,5%. Por tanto, los costos de funcionamiento se reducen de un 20% a un 17,5%.
- Los beneficios totales del trabajo aumentan de un 15% a un 23,5%, por reducción de materias primas y energía.
- El aumento de beneficio en los trabajos puede traducirse en un aumento del beneficio monetario por trabajo o también un reducción en el precio que aumente la competitividad en el mercado, el cual es objetivo de este trabajo.
- Una de las principales ventajas del Lean es que la productividad se acelera un 35% en el proceso de impresión aproximadamente, que es el cuello de botella. Esto supone mayor flexibilidad.

Teniendo en cuenta que esta PYME tiene actualmente unos beneficios brutos por ventas de unos 66.500€ mensuales, aumentando su beneficio bruto en base a lo expuesto anteriormente de 9.975€ a 15.295 por reducciones de materias primas derivadas de las técnicas Lean y agilizando la producción en impresión en torno al 35% por reducción de tiempos no productivos.

8.3.- CONCLUSIONES FINALES

- Mediante el marco teórico se establecen los conceptos sobre los que se basa la gestión de esta filosofía y que permiten su implementación en la empresa caso de estudio de esta trabajo.

- El proceso de impresión es el cuello de botella de la empresa, y por tanto, el foco de mejora para aumentar la productividad de la empresa.
- Los problemas con los plazos de entrega pueden ser solucionados mediante la aplicación de las técnicas Lean Manufacturing.
- Los principales problemas detectados en los procesos son unos tiempos de preparación y cambios muy elevados, que son acentuados por constantes averías, reprocesos e incidencias, los cuales son reparables mediante este nuevo enfoque.
- Para mejorar la producción no se requiere una tecnología punta ni tampoco una inversión muy elevada, sino que con unas ideas sencillas y bien implantadas pueden conseguirse grandes resultados.
- Es vital un cambio en la cultura para obtener resultados duraderos y no momentáneos evitando volver a caer en la equivocación.
- Unos buenos resultados sólo serán alcanzados por un compromiso real de todas las personas que conforman la empresa, desde la dirección hasta los operarios.
- Para conseguir funcionar como una empresa sostenible es esencial aplicar todas las técnicas en su conjunto y no de forma aislada.
- Un mecanismo de control frecuente es necesario para proporcionar evidencias sobre posibles mejoras.

9.- SOSTENIBILIDAD, PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO

9.1.- SOSTENIBILIDAD

La sensibilización y concienciación medioambiental existente hoy en día se extiende a todos los ámbitos, incluido al relativo a la realización de proyectos ingenieriles. Por ello, el presente trabajo también avala este compromiso medioambiental.

Las empresas manufactureras son una de las principales causantes de contaminación, y por ello, deben estar dentro del respeto del medioambiente y de la legalidad.

Haciendo referencia a estos términos, la dimensión de sostenibilidad de este trabajo ocurre en varios ejes. Por un lado, la mejora de los procesos los hace más eficientes y esto implica una reducción de residuos como tintas y papel o energía. Por otro lado, los procesos más eficientes mejoran la productividad y ayudan a la sostenibilidad económica de la compañía.

Con todo ello, en este trabajo se intenta reducir al máximo los daños causados al entorno y se garantiza el respeto por el medioambiente.

9.2.- PLANIFICACIÓN

El trabajo se planificó en un principio para ser desarrollado aproximadamente en cinco meses: desde mitas de Febrero hasta mitad de Julio ; realizándose un parón en una semana de Mayo y dos semanas de Junio debido a los períodos de exámenes. Se presentan a continuación las fechas de comienzo y fin del Trabajo de forma más concreta:

- Fecha de inicio: 19 de Febrero de 2016.
- Fecha de finalización: 18 de Julio de 2016.

Para mostrar la planificación llevada a cabo, se muestra a continuación un diagrama de Gantt donde se observa la división que se ha realizado del trabajo en tareas, así como el tiempo que se ha dedicado a cada una de ellas. Se debe destacar que en cada tarea mencionada se incluye también el tiempo de redacción ya que se realizó simultáneamente.

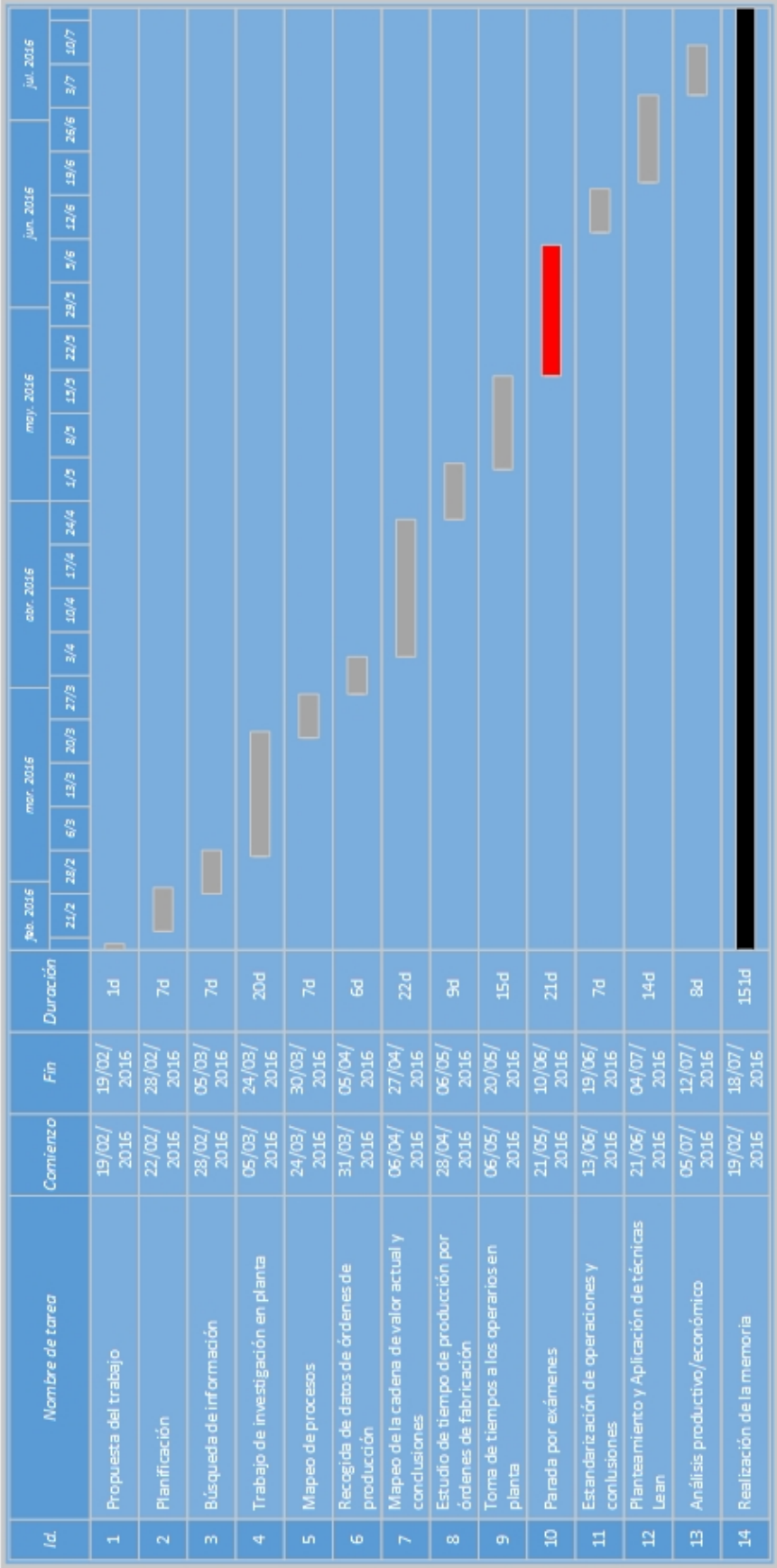


Figura 76. Diagrama de Gantt

9.3.- PRESUPUESTO

A continuación se presenta el presupuesto del trabajo realizado en términos de lo que constaría si hubiera sido realizado profesionalmente en lugar de por un Ingiero Junior.

PRESUPUESTO			
Concepto	Nº de unidades	Precio unitario	Importe
Ingeniero de Procesos	300 h	50 €/h	15000 €
Consultor Lean	40 h	75 €/h	3000 €
Técnica Administrativo	100 h	35 €/h	3500 €
Total Honorarios	21500€		
Gastos generales (documentación, dietas...)	130€		
Amortización de equipos	164 €		
Presupuesto de ejecución material	21794€		
13% Gastos Generales	2833,22€		
6% Beneficio Industrial	1307,64€		
SUBTOTAL			25934,86 €
+			
I.V.A. (21%)			5446,32 €
PRESUPUESTO TOTAL			31381,18 €

Tabla 25. Presupuesto del trabajo.

El presupuesto ha sido realizado suponiendo que el Ingeniero de Procesos realiza el trabajo, asesorado por el Consultor Lean, mientras que el Técnica Administrativo realiza la redacción de la memoria.

Para la amortización de equipos de equipo informático se ha tomado periodo de 5 meses de uso.

10.- BIBLIOGRAFÍA

Sitios web:

- Hernández Matías, Juan Carlos y Vizán Idoipe, Antonio (19 de Abril de 2013): “*Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*”. Fundación EOI Escuela de Organización Industrial. Disponible en: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnica-e-implantacion>
- Villa, Daniel , Yepes Rodríguez, Alejandra y González, Andrés (n.f): “*Herramientas del Lean Manufacturing*”. Disponible en: <http://leanmanufacturingunal.blogspot.com.es/p/herramientas-del-lean-manufacturing.html>
- Sánchez, Jesús (2009): “*Mapeo del valor para diagnostico de Lean Manufacturing*”. Disponible en: <http://es.slideshare.net/jesussanval/mapeo-del-valor>
- Blanco Marínez, Guillermo (2012): “*Organización de la producción - Empresa Artes Gráficas*” Disponible en: <http://es.slideshare.net/willymixmix/organizacin-de-la-produccin-empresa-artes-grficas>
- PapeerMaker. Departamento de Prensa (2004). “*Impresión y Gráfica: Cómo prevenir y qué hacer ante una rotura de banda*”. Disponible en: <http://www.papermarket.cl/papermarket/site/pags/20040822214625.html>
- Administrador (2011): “*Problemas y soluciones en impresión offset*”. Disponible en: <http://www.portalgraf.com/impresion/problemas-y-soluciones-en-impresion-offset>
- Espin Carbonell, Francisco(2013). Área de Investigación y Desarrollo S.L. “*TÉCNICA SMED. REDUCCIÓN DEL TIEMPO PREPARACIÓN*”. Disponible en: <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>
- Perona, Luis (2014): “*Takt time para una línea de producción compartida*”. Exceleant. Disponible en: <http://leanlogisticsexecution.blogspot.com.es/2014/10/takt-time-para-una-linea-de-produccion.html>
- Rueda, Juan, Fajardo, Carolina y Katherine(n.f):” *VALUE STREAM MAPPING (VSM)*”. Disponible en: http://mapadelflujodevalor.blogspot.com.es/2013/11/ejemplo_21.html
- H. Olguin, Victor(2013):” *Poka yoke dispositivos a prueba de error*”. Disponible en: <http://es.slideshare.net/volguin80/poka-yoke-dispositivos-a-prueba-de-error>
- CDILean(n.f):”*Estandarización*”. Disponible en: <http://www.cdiconsultoria.es/estandarizacion-de-procesos-de-produccion-valencia>
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid: “*Tiempos de fabricación*”. Disponible en: http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/9/96/4._Tiempos_de_fabricaci%C3%B3n.pdf
- Ortiz de Urbina Altoaguirre, Juan M^a y R. Borlado, Javier.(2014):” *Lean Printing. Lo que ahora necesita la industria gráfica.*”. Disponible en: <http://www.jrborlado-itgt.com/2014/04/lean-printing-lo-que-ahora-necesita-la.html>
- González González, Rodrigo (n.f):” *Cómo implantar un Mapa de la Cadena de Valor o Value Stream Mapping en nuestras organizaciones*”. Disponible en: <http://www.pdcahome.com/4706/como-implantar-un-mapeo-de-cadena-de-valor-o-value-stream-mapping-en-nuestras-organizaciones/>
- Navarro, Sandra (2014): “*El poder del Ishikawa* “. Disponible en: <http://www.cursodireccionproyectos.com/2014/05/el-poder-de-ishikawa/>

- Nallely, Nazala (2011): "Lean Manufacturing y sus herramientas" Disponible en: <http://www.eoi.es/blogs/nayellymercedeslazala/2011/12/18/lean-manufacturing-y-sus-herramientas/>
- Asistente Minitab.
- Ministerio de Economía y Competitividad, Gobierno de España. "Nomenclatura Internacional de la UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología." Disponible en: <http://www.idi.mineco.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.8ce192e94ba842bea3bc811001432ea0/?vgnnextoid=363ac9487fb02210VgnVCM1000001d04140aRCRD&vgnextchannel=28fb282978ea0210VgnVCM1000001034e20aRCRD>
- www.forquimsa.es
- <http://www.pepperl-fuchs.com/global/es/19863.htm>
- <http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/19898.htm>
- <http://www.manufacturainteligente.com/value-stream-mapping-como-realizar-un-vsm-con-tu-equipo/>
- www.wikipedia.com
- interempresas.net

11.- ANEXOS

ANEXO I- Indicadores (KPI) -Elaboración propia

ÁREA	INDICADOR	MEDICIÓN	MÉTODO DE MEDICIÓN	SEGUIMIENTO	REALIZACIÓN DEL SEGUIMIENTO	REGISTRO	LÍMITE CRÍTICO
COMERCIAL	Nº Quejas/ Nº Pedidos	Trimestral	Nº total de quejas obtenidas en el trimestre/ Nº total de pedidos realizados en el trimestre (Los resultados se dan en %)	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	< 10%
	Ofertas Aceptadas/ Total Ofertas Emitidas	Trimestral	Nº total de ofertas aceptadas en el trimestre/ Nº total de ofertas emitidas en el trimestre (Los resultados se dan en %)	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	> 60%
PLANIFICACIÓN	Nº Trabajos fuera del plazo planificado/ Nº Trabajos Totales	Trimestral (Jefe de Producción)	Nº total de trabajos realizados fuera del plazo planificado en el trimestre/ Nº total de trabajos realizados en el trimestre (Los resultados se dan en %)	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	< 30%
PRODUCCIÓN/ FABRICACION	Nº No Conformidades en Procesos/ Nº Total de Trabajos	Trimestral (Jefe de producción)	Nº Total de no conformidades encontradas en los procesos en el trimestre/ Nº Total de trabajos realizados en el trimestre	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	< 10%
	Tiempo de parada por averías/ Tiempo producido	Trimestral (Jefe de producción)	Min totales de paradas por averías en el trimestre/ Min en lo que se ha producido	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	< 10%
	Tiempo de cambio/ Tiempo producido	Trimestral (Jefe de producción)	Min totales de paradas por cambios en el trimestre/ Min en lo que se ha producido	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	< 50%
	Nº productos defectuosos/ Nº productos realizados	Trimestral (Jefe de producción)	Nº Total de productos defectuosos en los procesos en el trimestre/ Nº Total de trabajos realizados en el trimestre	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	< 10%
	Tiempo producido/Tiempo disponible	Trimestral (Jefe de producción)	Min totales de min producidos en el trimestre/ Min disponibles en el trimestre	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	> 70%
	Nº Trabajos Devueltos/ Nº Trabajos Realizados	Trimestral (Jefe Producción)	Nº total de trabajos devueltos en el trimestre/ Nº total de trabajos realizados en el trimestre (Los resultados se dan en %)	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	< 10%

	Índice de Disponibilidad $D=[T_o/T_d]*100$	Trimestral (Jefe Producción)	$T_o = T_d - T_{np}$ $T_d = T - T_p$ T_o =Tiempo de operación T_d =Tiempo neto disponible T_{np} =Tiempo no programado de paro T = Tiempo teórico disponible T_p = Tiempo planeado de paro	Trimestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	>70%
	Índice de Eficiencia $E=[(T_c*P)/T_d]*100$	Trimestral (Jefe Producción)	$T_c=T_d/C_t$ T_c =Tiempo de ciclo P =producción	Trimestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	>70%
	Índice de Calidad $C=[(P-N_d)/P]*100$	Trimestral (Jefe Producción)	N_d = cantidad de hojas impresas con defectos Q =total de hojas impresas incluyendo merma	Trimestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	>90%
	OEE Eficiencia Global de Equipos	Trimestral (Jefe Producción)	$OEE = (D * E * C) * 100$	Trimestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	>45%
ADMINISTRACIÓN	% Pedidos Retrasados Proveedores/ Pedidos Totales	Trimestral (Dpto. Administración)	Nº total de pedidos retrasados de proveedores en el trimestre/ Nº total de pedidos a proveedores realizados en el trimestre (Los resultados se dan en %)	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	<10%
	Nº No Conformidades debidas a Proveedores/ Total Entregas de Proveedores	Trimestral (Dpto. Administración)	Nº total de NC debidas a proveedores en el trimestre/ Nº total de entregas de proveedores realizadas en el trimestre (Los resultados se dan en %)	Semestral	Se analiza la tendencia	TABLA EXCEL	< 10%
CALIDAD	Nº Clientes insatisfechos/ Nº de Clientes Totales	Trimestral (Comercial)	Valoración de los informes de satisfacción. Nº Total de clientes insatisfechos en los informes en el semestre/ Nº Total de Clientes de las encuestas en el semestre.	Semestral	Se analiza la tendencia Se hace una valoración en forma de Encuestas	TABLA EXCEL	< 10%

ANEXO II- Descripción de la capacidad teórica por máquina-Elaboración propia

CAPACIDAD TEÓRICA DE PRODUCCIÓN DIARIA POR MÁQUINA				
PROCESO	Máquina	Velocidad maq/ min	Tiempo disponible (min/día)	Capacidad Aprox
Impresión	RK200. 3 colores	100 m/min	480	48000m/día
	RK200. 4 colores	100 m /min	480	48000m/día
	Goebel Optiforma	150 m/ min	480	72000m/día
Postimpresión	Rotatek	45 m/ min	480	21600m/día
	Rotatek Jumbo	45 m/min	480	21600m/día
	Bielomatik	45 m/min	480	21600m/día
	Omegher	45 m/ min	480	21600m/día

