



Universidad de Valladolid



Escuela de Ingenierías Industriales



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño de KIT para suministro JAT de componentes del coche

Autor:

Pablo Bonilla Martínez

Tutor:

Manuel Mateo Prieto

Angel Manuel Gento Municio

(Julio 2022)

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis tutores Manuel Mateo Prieto y Angel Manuel Gento Municio por las clases impartidas durante el Máster, por la maravillosa formación en la Escuela Lean, y aprender a mirar la filosofía Lean y los sistemas productivos de una forma diferente.

Gracias a todos mis compañeros del máster, por haberme ayudado y aportado conocimientos y vivencias en muchos momentos.

Gracias a mis amigos de siempre de Santander por ayudarme a hacerme sentir siempre seguro y apoyarme de la mejor forma posible, y a todas las personas que por hacerme sentir como en casa en Valladolid durante todos estos años.

Pero, sobre todo, gracias a mis padres y mi hermana, por su apoyo incondicional, ya que sin ellos todo esto no hubiese sido posible

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un Kit para mejorar el suministro JIT (*Just in Time*) de los componentes del coche, producido en las clases impartidas por la Escuela Lean, donde los alumnos conocen a través de una simulación como es el entorno industrial y su posible organización. Comprendiendo como afecta una buena aplicación de la filosofía Lean en la cadena de suministros. Tratando de mejorar así la eficiencia de los procesos, reduciendo la posibilidad de defectos.

Consiste en un estudio y análisis previo de los principios básicos, las técnicas y las herramientas Lean para después poder aplicarlo en el proceso de diseño del Kit. El cuál debe cumplir con una serie de requisitos básicos tanto ergonómicos como técnicos, para garantizar su funcionamiento y su posible aplicación práctica, para así conseguir una mejora de los diseños previos desarrollados por otros alumnos y un mejor proceso productivo.

Palabras Clave: Diseño, Lean Manufacturing, Kitting, *Just in time*, Operación, Proceso, Sistema de Producción.

ABSTRACT y KEYWORDS

This project is focused on a Kit's development to improve the supply JIT (Just in Time) of the car components, which is manufactured during the classes given by the Escuela lean, whose students know through a simulation how is the industrial environment and their possible organization. Besides, understanding how a good application of the Lean philosophy might affect in the supply chain. Trying to improve the process efficiency to reduce the possibility of effects.

It consists in a study and a previous analysis of the basic skills, methods and Lean tools to achieve the possibility of the application in the Kit's design process. This one must meet ergonomic and technical requirements to ensure their working and the possible practical implementation to reach a design improvement, compared with proposals manufactured by other students and a better productive process.

Keywords: Design, Lean Manufacturing, Kitting, Just in time, Operation, Process, Production System.

INDICE DE CONTENEDIDOS

INTRODUCCIÓN	3
MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVO	3
ALCANCE	4
ESTRUCTURA	4
1. CAPÍTULO 1. LEAN MANUFACTURING	9
1.1. CONCEPTO	9
1.2. ORIGEN Y ANTECEDENTES	9
1.3. PRINCIPIOS BÁSICOS LEAN MANUFACTURING	11
1.3.1. Definir el flujo de valor	11
1.3.2. Identificar el flujo de valor	11
1.3.3. Flujo continuo y equilibrado	11
1.3.4. Sistema Pull	12
1.3.5. Mejora Continua y perfección	12
1.4. TPOS DE DESPILFARROS	13
1.4.1. MURI (sobrecarga)	13
1.4.2. MURA (variabilidad)	13
1.4.3. MUDA (desperdicios)	14
1.5. HERRAMIENTAS LEAN	16
1.5.1. VSM	17
1.5.2. Heijunka	18
1.5.3. Kanban	18
1.5.4. Jidoka	19
1.5.5. Poka-Yoke	19
1.5.6. 5S	20
1.5.7. Kaizen / Mejora continua	22
1.6. ESTANDARIZACIÓN	23
2. CAPÍTULO 2. LA ESCUELA LEAN	27
2.1. ¿QUÉ ES LA ESCUELA LEAN?	27
2.1.1. Objetivos de la Escuela Lean	27
2.1.2. Beneficios de la Escuela Lean	28

2.2. COLABORACIÓN UNIVERSIDAD DE VALLADOLID Y RENAULT CONSULTING	28
2.3. FUNCIONAMIENTO DE LA ESCUELA	29
2.4. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	29
2.5. PRODUCTOS	30
2.5.1.Coche	31
2.5.2.Solectron	32
2.6. LÍNEA DE PRODUCCIÓN	38
3. CAPÍTULO 3. ANÁLISIS PREVIO AL DISEÑO DEL KIT	43
3.1. SISTEMAS PICKING Y KITTING	43
3.1.1.PICKING	43
3.1.1.1. BENEFICIOS	43
3.1.1.2. TIPOS DE PICKING	44
3.1.1.3. IMPORTANCIA DEL PACKING	46
3.1.2.KITTING	46
3.1.2.1. TIPOS DE KIT	47
3.1.2.2. BENEFICIOS	49
3.1.2.3. CONDICIONES TEÓRICAS DE DISEÑO KITTING	50
3.2. ERGONOMÍA Y DIMENSIONADO	51
3.3. ESTADO DE LA TÉCNICA. VERSIONES PRVIAS	54
3.4. REQUISITOS DEL DISEÑO FINAL DEL KIT	57
4. CAPÍTULO 4. ANÁLISIS PREVIO AL DISEÑO DEL KIT	65
4.1. EVOLUCIÓN DE LA IDEA	65
4.2. IDEA FINAL	67
4.3. DETALLES TÉCNICOS	70
4.4. VALIDACIÓN KIT PERFORMANCE. NINJA EYE	70

5. ESTUDIO ECONÓMICO	79
5.1. INTRODUCCIÓN	79
5.2. JERARQUÍA DEL PROYECTO	79
5.3. FASES DE DESARROLLO	79
5.4. ESTUDIO ECONÓMICO	80
5.4.1. Horas efectivas anuales	81
5.4.2. Tasas horarias de personal	81
5.4.3. Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático	82
5.4.4. Coste del material consumible	82
5.4.5. Costes indirectos	83
5.4.6. Horas de personal dedicadas a cada fase de proyecto	83
5.4.7. Costes asignados a cada fase de proyecto	83
5.5. CÁLCULO COSTE TOTAL	85
6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	89
6.1. CONCLUSIONES	89
6.2. LÍNEAS FUTURAS	90
7. BIBLIOGRAFÍA	95
7.1. FUENTES ONLINE	95
7.2. FUENTES IMPRESAS	98
8. ANEXOS	
8.1. PLANO	
8.2. NINJA-EYE	

INDICE DE FIGURAS

• Figura 1: Taiichi Ohno (Landajuela, 2022)	10
• Figura 2: Infografía sistemas Push y Pull (Sánchez-Chiappe, 2016)	12
• Figura 3: Método PDCA (London Premier Centre, 2022)	13
• Figura 4: Esquematización 7+2 Despilfarros	16
• Figura 5: Casa Lean de Toyota Production System (Marín-García, 2010)	17
• Figura 6: Pasos a seguir para un Poka-Yoke óptimo (Azulay, 2021)	19
• Figura 7: Esquema de las 5S (TCM Consultoria, 2021)	22
• Figura 8: Formación de la Estandarización (ARN Consulting, 2021)	24
• Figura 9: Escuela Lean. Universidad de Valladolid	27
• Figura 10: Renault-Nissan Consulting Logo (Renault Nissam Consulting, 2020)	28
• Figura 11: Learning by doing (Silva, 2019)	29
• Figura 12: Layout Escuela Lean (Escuela Lean, 2022)	30
• Figura 13: Producto final Solectron	31
• Figura 14: Proceso fabricación Solectron (Escuela lean 2022)	31
• Figura 15: Diversidades posible Coche Lean	32
• Figura 16: Producto final Pick-Up	32
• Figura 17: Producto final Monovolumen	33
• Figura 18: Despiece Monovolumen (Escuela Lean, 2022)	33
• Figura 19: Despiece Pick-up (Escuela Lean, 2022)	34
• Figura 20: Operario utilizando dispositivo de Picking (Pick to light systems, 2022)	44
• Figura 21: Sistema Picking Radiofrecuencia (Mecalux, 2022)	45
• Figura 22: Infografía Proceso de Kitting (Universal Logistics, 2022)	47
• Figura 23: Diseño Kit-box Renault Montaje Valladolid	48
• Figura 24: Diseño Kit Carro Renault Montaje Valladolid	48
• Figura 25: Esquematización de los recorridos de un operario con Kit vs. sin Kit	50
• Figura 26: Dimensiones recomendadas ventana ergonómica (HSEE Division, 2020)	51
• Figura 27: Dimensiones posición operario en la ventana ergonómica (HSEE Division, 2020)	52
• Figura 28: Dimensiones posición del operario en la ventana ergonómica en planta (HSEE Division, 2020)	53
• Figura 29: Especificaciones medidas diseño asas (HSEE Division, 2020)	53

• Figura 30: Diseño 1 de KIT	54
• Figura 31: Distribución partes del KIT del Diseño 1	54
• Figura 32: Diseño 2 de Kit	55
• Figura 33: Distribución partes del KIT del Diseño 2	55
• Figura 34: Esquema gráfico línea de Montaje	57
• Figura 35: Piezas utilizadas en el puesto nº1	57
• Figura 36: Piezas utilizadas en el puesto nº2 Monovolumen	58
• Figura 37: Piezas utilizadas en el puesto nº3 Monovolumen	58
• Figura 38: Piezas utilizadas en el puesto nº4 Monovolumen	58
• Figura 39: Piezas utilizadas en el puesto nº5 Monovolumen	59
• Figura 40: Piezas utilizadas en el puesto nº2 Pick-Up	60
• Figura 41: Piezas utilizadas en el puesto nº3 Pick-Up	60
• Figura 42: Piezas utilizadas en puesto nº4. Pick-Up	60
• Figura 43: Piezas utilizadas en el Puesto nº5 Pick-Up	61
• Figura 44: Diagrama de Flujo Proceso de diseño	65
• Figura 45: Esquematzación distribución de la evolución del Kit.	66
• Figura 46: Representación de la evolución del Kit.	66
• Figura 47: Representación digital del diseño del kit con etiquetas Dymo	67
• Figura 48: Esquematzación de la distribución de las piezas en el interior de Kit	68
• Figura 49: Representación digital del diseño del Kit, vista en planta	68
• Figura 50: Detalle de la pletina para acoplar el techo Pick-Up	69
• Figura 51: Detalle para acoplar el perfil de techo Pick-Up	69
• Figura 52: Representación digital del diseño del Kit	70
• Figura 53: Representación digital del diseño del Kit. vista alzado	70
• Figura 54: Representación digital del diseño del Kit. Vista en alzado	71
• Figura 55: Representación digital del diseño del Kit. Vista en Planta	71

INDICE DE TABLAS

• Tabla 1: Despiece Monovolumen	35
• Tabla 2: Despiece Pick Up	36
• Tabla 3: Propuesta de producción nº1	39
• Tabla 4: Propuesta de producción nº2	39
• Tabla 5: Propuesta de Producción nº3	40
• Tabla 6: Iniciales Matricula	58
• Tabla 7: Propuestas técnicas y económicas proveedores	72
• Tabla 8: Horas efectivas anuales	81
• Tabla 9: Semanas efectivas anuales	81
• Tabla 10: Tasas horarias del personal	81
• Tabla 11: Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático	82
• Tabla 12: Coste del material consumible	82
• Tabla 13: Costes indirectos	83
• Tabla 14: Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto	83
• Tabla 15: Costes asignados a Fase 1	84
• Tabla 16: Costes asignados a Fase 2	84
• Tabla 17: Costes asignados a Fase 3	84
• Tabla 18: Costes asignados a Fase 4	85
• Tabla 19: Costes asignados a Fase 5	85
• Tabla 20: Cálculo del coste total	86

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La idea de este trabajo de fin de máster se centra en la necesidad de mejorar la eficiencia de los procesos productivos con la ayuda del diseño estandarizado de un Kit. Optimizando así el tiempo ciclo y eliminando las pérdidas ocasionadas por parte del *kitter* al aprovisionar las piezas del stock al puesto, para que el operario ejecute su posterior montaje.

Este proyecto se desarrolla gracias a las practicas realizadas en las instalaciones de la Escuela Lean, formación impartida por el Máster de Logística de la Universidad de Valladolid, en la Escuela de Ingenierías Industriales.

MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La iniciativa de este trabajo surge gracias a las clases en la Escuela Lean anteriormente mencionadas y al gran interés y motivación que resultaron para mí. En ellas se pusieron en práctica gran parte de los conocimientos adquiridos durante el curso académico, pudiendo ver de una forma práctica la importancia del Lean Manufacturing y el uso de sus herramientas en los procesos productivos.

Gracias a mi formación en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto y a los conocimientos adquiridos en el Máster de Logística, me parecía una buena opción desarrollar este proyecto, ya que podía complementar a la perfección la importancia que tiene un buen diseño y como puede impactar este en la cadena de suministros.

Otro punto importante que resultó clave para lanzarme a llevar a cabo este TFM ha sido estar actualmente trabajando en el departamento de logística de una empresa de automoción y poder observar ejemplos reales en una cadena de producción y la importancia que tiene una buena ejecución de los procesos.

OBJETIVO

Antes de empezar con el desarrollo de este Trabajo de fin de Máster, es necesario establecer los objetivos principales que se quieren conseguir con su ejecución, para sí conocer los pasos a seguir y cuales son aquellos puntos en los que hay que prestar mayor atención.

El objetivo fundamental de este proyecto consiste en el desarrollo y diseño de un Kit para el suministro en una producción JIT (*Just in Time*) de las piezas desde el stock hasta la cadena de montaje. En este deben ir los componentes necesarios para el montaje del coche fabricado en la escuela Lean.

Para llevar a cabo este objetivo, es necesario alcanzar unos puntos intermedios, los cuales serán explicados en los diferentes capítulos del trabajo:

- Comprender el significado del Lean Manufacturing, sus técnicas y la importancia de una buena ejecución de sus herramientas.
- Conocer y analizar el entorno de trabajo, tanto la distribución en planta de la Escuela Lean, como la línea de producción correspondiente al coche.

- La Importancia de la estandarización en la cadena de suministros.
- Entender bien la diferencia entre la operación de picking y kitting.
- Conocimiento de las condiciones de trabajo que se deben respetar para que el operario tenga un entorno de trabajo adecuado.

ALCANCE

El alcance de este proyecto es dar a conocer previamente en qué consiste la Escuela Lean, y cuáles son las actividades que se realizan en ella, para una posterior comprensión del diseño del kit y de su inserción en la línea de montaje.

Este trabajo abarca únicamente el diseño y desarrollo del Kit implantado en la línea de producción, analizando operaciones llevadas a cabo por los diferentes puestos de trabajo de la línea de montaje. El desarrollo de las FOS (Ficha de Operaciones Estándar), el diseño de las estanterías, el stock de proximidad y la distribución de los flujos logísticos quedan excluidos de este trabajo.

Además, este proyecto servirá como modelo para los alumnos que reciban una posterior formación de las prácticas impartidas en la Escuela Lean, a partir del cual podrán estudiar cuáles son sus puntos fuertes y ofrecer propuestas de mejora del mismo.

ESTRUCTURA

La memoria de este trabajo se divide en cuatro capítulos principales:

En el **primer capítulo**, se presentan los conocimientos fundamentales para comprender la filosofía Lean, su origen, los principios básicos, las herramientas desarrolladas para la mejora del sistema productivo y la importancia de la estandarización.

En el **segundo capítulo**, se da a conocer qué es la Escuela Lean, cómo es su distribución y su funcionamiento interno. Así como los productos desarrollados en las diferentes formaciones y las diferentes propuestas de la línea de producción.

En el **tercer capítulo**, se expone el estudio teórico y el análisis previo al desarrollo del Kit. Empezando con cuál es la diferencia entre los sistemas Picking y Kitting, haciendo constancia de sus beneficios y de los requisitos que el propio diseño requiere. Evaluando el estado de la técnica de las propuestas anteriores, haciendo un estudio de las condiciones de trabajo de operario y terminando con fijar los requisitos que debe cumplir el diseño final del Kit.

En el **cuarto capítulo**, se explica detalladamente como ha sido la evolución de la idea del diseño, desde su fase de origen hasta el diseño final, cuáles son los detalles técnicos que hay que valorar y su posterior validación para ver si el diseño desarrollado cumple con los principios Lean.

En el **quinto capítulo**, se desarrolla el estudio económico que supone la realización de este trabajo de fin de máster, contemplando los gastos de cada fase y obteniendo un resultado final del mismo.

En el **sexto capítulo**, se contemplan las conclusiones extraídas durante el avance de este proyecto y cuáles son las líneas futuras que se podrían desarrollar a partir de él.

CAPÍTULO 1

LEAN MANUFACTURING

1. LEAN MANUFACTURING

1.1. CONCEPTO

El Lean Manufacturing es un concepto que puede definirse como “un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas” (Socconini, 2019, p20)

Para entender bien en qué consiste la filosofía Lean es necesario conocer bien cuáles son los objetivos que quiere alcanzar. El objetivo principal es buscar la eficiencia en todo el proceso productivo, evitando los despilfarros que provocan pérdida del valor al producto

Además de ser eficiente, el Lean tiene otros objetivos (Andreu, 2021):

- **Satisfacción del cliente:** el producto debe tener la calidad esperada por el cliente, en un plazo de entrega óptimo y bajo un precio por el que esté dispuesto a pagar
- **Reducir los costes:** es necesario optimizar los costes de producción lo máximo posible sin afectar a la calidad del producto.
- **Reducir el lead-time:** es necesario reducir el tiempo del proceso de producción, para cumplir con los plazos de entrega al cliente.

Para llevar a cabo el Lean Manufacturing, es necesario desarrollar la implicación y la concienciación de todos los trabajadores que forman la compañía, desde el directivo hasta los operarios, mediante formaciones para que conozcan bien cuál es su significado, cuáles son sus objetivos y que deben hacer para aplicarlo.

1.2. ORIGEN Y ANTECEDENTES

A continuación, se va a explicar dónde y cómo fue el origen del Lean Manufacturing, y gracias a quién fue su éxito en el mundo actual. (Progressalean, 2015)

A principios del siglo XX aparecen las primeras técnicas de organización de la producción, llevadas a cabo por Frederick W. Taylor y Henry Ford. En primer lugar, fue Taylor con su organización científica del trabajo, la cual estaba basada en la producción en masa, la reducción de los tiempos, los movimientos y la especializando a los obreros.

Posteriormente fue en 1903 cuando Henry Ford fundó Ford Motor Company desarrollando la primera cadena de producción de vehículos para su Modelo T, suponiendo esto una gran innovación en el sector de automoción. Gracias a ello se consiguió disminuir el tiempo

operacional y los desplazamientos innecesarios, encaminándose hacia una optimización de los costes.

Fue en Japón cuando el fundador de Toyota, Sakichi Toyoda, desarrolló un sistema automatizado de telar, al cual añadió un dispositivo3que denominó *Jidoka*, el cual detectaba cuando se rompía el hilo y emitía una señal que avisaba al operario. De esta forma el operario podía vigilar varias máquinas a la vez, sin la necesidad de tener un único trabajador por telar.

Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi y también fundador de Toyota, invirtió el dinero recibido en la patente de telar, para fundar con su padre la compañía de automóviles Toyota Motor Company.

Tras la Segunda Guerra Mundial, Japón se encontraba es una importante crisis económica, por lo que tuvieron la necesidad de ser más eficientes y productivos, evitando al máximo el desperdicio para poder sacar el máximo beneficio de sus productos. Eiji Toyoda, sobrino de Kiichiro, visitó numerosas plantas de Estados Unidos y Europa para analizar sus sistemas de producción, dándose cuenta de que no podía aplicar la producción en masa en Japón, dada la gran variedad de productos y su fabricación en pequeños lotes. Junto a Taiichi Ohno (Figura 1), desarrollaron un nuevo modelo de Producción, conocido como el TPS (*Toyota Production System*) cuyo objetivo principal era minimizar los despilfarros.



Figura 1: Taiichi Ohno (Landajuela, 2022)

Con el TPS y la necesidad de fabricar únicamente lo que el cliente demanda y cuando lo demanda e intentando reducir el Lead Time, se desarrolló el JIT (*Just In Time*). Siendo este el éxito de las plantas japonesa, convirtiendo a Japón en una alta competencia de la industria del automóvil.

Es en la década de los 90, cuando se utiliza por primera vez el término *Lean Manufacturing*, el cual aparece en el libro de Daniel Roos, Daniel T. Jones y James P. Womack, “La máquina que cambió el mundo”, permitiendo su introducción en el mundo occidental.

1.3. PRINCIPIOS BASICOS LEAN MANUFACTURING

Para entender bien el funcionamiento de una empresa y poder aplicar la filosofía Lean para alcanzar el éxito de los procesos de producción, es necesario entender bien los 5 principios por lo que está compuesta, los cuales fueron definidos por James P. Womack y Daniel T. Jones en su Libro *Lean Thinking*. (Socconini, 2019)

1.3.1. Definir el flujo de valor

El primer paso para alcanzar el éxito de la filosofía Lean es definir exactamente lo que el cliente quiere, necesita y por lo que está dispuesto a pagar. El propio consumidor es el que determina el producto o servicio que quiere y cómo lo quiere.

En este principio es muy importante definir bien las operaciones que tienen un valor añadido para el cliente, y cuáles son las que no lo tienen. Todo aquello que transforma el producto y por el que el consumidor está dispuesto a pagar supone valor añadido, frente a lo que simplemente no transforma el producto y que no es visible para el cliente y por lo que no está dispuesto a pagar, que supone no valor añadido.

Este principio es el más importante, ya que, si no identificábamos bien el valor del cliente, el resto de los principios serán únicamente desperdicios y no se podrá concentrar en el valor añadido.

1.3.2. Identificar el flujo de valor

El segundo principio consiste en identificar todos los aspectos que son importantes para el flujo de valor, incluyendo desde la materia prima hasta el uso final del consumidor. Consiste en determinar qué procesos y actividades aportan valor añadido al producto final y cuales provocan desperdicios, minimizando en la medida de lo posible estos últimos.

Suele resultar difícil para las empresas, por eso se suelen ayudarse con la utilización de las herramientas Lean como es el VSM (*Value Stream Mapping*), el cual se explica en el punto 1.5.1

1.3.3. Flujo Continuo y equilibrado

Para el siguiente principio, es necesario llevar a cabo la idea de crear un flujo continuo en el que las operaciones del proceso deben estar enlazadas y sincronizadas. Buscando que todas ellas estén equilibradas entre ellas para que no se produzca ningún tipo de interrupción, consiguiendo así una eficiencia en el proceso.

Mediante la estandarización de los tiempos, la supresión de la posibilidad de retraso, y teniendo una visión global del todo el proceso, se consigue no generar desperdicio, ya sea de tiempo o de materiales no utilizados.

Con este principio, se puede apreciar una gran disminución del tiempo proceso total empleado en la producción, lo que a su vez conllevará una reducción de costes.

1.3.4. Sistema PULL

Para entender bien este principio es importante conocer bien la diferencia entre un sistema *Push* y un sistema *Pull*. Tradicionalmente la fabricación de productos se basaba en una previsión estadística de la demanda (*Push*), mientras que en el sistema *Pull* el proceso de producción está basado en la demanda del cliente, es el mismo el que tira de los recursos para que se fabrique, sin orden del cliente no hay producción (Figura 2)

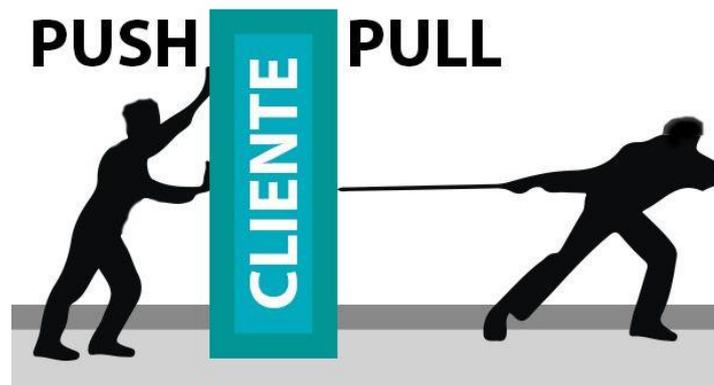


Figura 2: Infografía sistemas Push y Pull (Sánchez-Chiappe, 2016)

Con este principio se consigue reducir el espacio de los stocks, tanto de materia prima, como de producto terminado, ya que se solicita a los proveedores únicamente aquello que se va a utilizar. Además, con un sistema *Pull*, se pretende alcanzar que el sistema de producción sea más rápido, eficiente y flexible, dando a los clientes una fecha de entrega lo más próxima posible.

1.3.5. Mejora continua y perfección

El último principio para conseguir llevar a cabo la filosofía Lean en nuestros procesos, es mantener todo lo que se ha conseguido y mejorarlo en la medida de lo posible, intentando de alcanzar la perfección en todo momento.

La mejora continua consiste en estudiar todas las operaciones del proceso, tratando de mejorarlas, tanto en tiempos, costes y desperdicios, identificando todos aquellos pasos que

puedan estar obstaculizando nuestro objetivo y formando a todas las personas implicadas para que puedan identificar y resolver los problemas. (Gil, 2017)

Una herramienta muy utilizada en la búsqueda de la perfección es el PDCA (Plan, Do, Check, Act) (Figura 3) El cual está compuesto por cuatro pasos. En el primer punto se definen los objetivos, se analiza la situación y se establecen las posibles soluciones; en el segundo punto se ponen en marcha los indicadores y se aplican las soluciones; en el tercer punto se verifican los resultados obtenidos para ver si es necesario cambiar algo; y en el cuarto punto se establecen unas reglas estandarizadas para estabilizar los resultados del proceso.

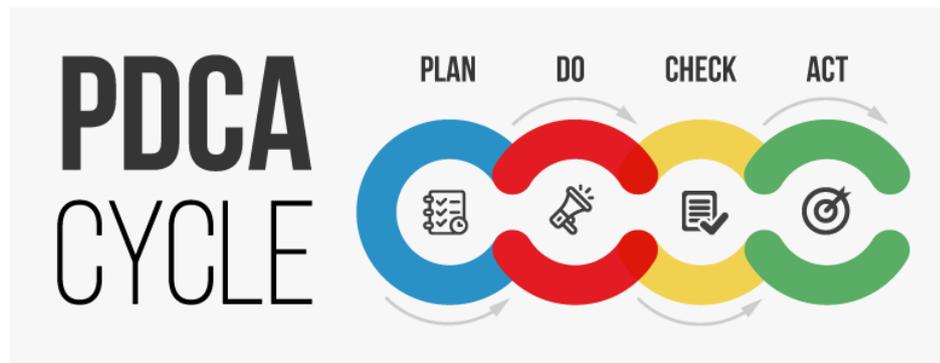


Figura 3: Método PDCA (London Premier Centre, 2022)

1.4. TIPOS DE DESPILFARROS:

Según el Sistema de Producción Toyota (TPS) existen 3 tipos de desperdicios que no aportan valor al proceso productivo y que aumentan los plazos de entrega, estos son MURA (variabilidad), MURI (sobrecarga), y MUDA (desperdicios), también conocidos popularmente como las 3M de la producción Lean.

1.4.1. MURA (Variabilidad)

Este tipo de despilfarro consiste en la variabilidad en los diferentes puestos del proceso, provocando un desequilibrio en la producción. La falta de estandarización también puede ser una causa de este despilfarro.

Se puede reducir distribuyendo la carga de trabajo en cada puesto, en el que los tiempos de fabricación estén equilibrados. Además, reducirlo mejora la calidad del producto terminado y la reducción de los costes.

1.4.2. MURI (Sobrecarga)

Este tipo de despilfarro se produce cuando hay una alta sobrecarga de trabajo en las personas y en la maquinaria, por encima de sus capacidades, lo que puede provocar numerosos defectos y paradas en la producción.

Estas sobrecargas se pueden reducir si se organizan bien los tiempos y las actividades dentro de la cadena de producción. Esto se puede reducir mediante una organización y ajustándose a la demanda del cliente.

1.4.3. MUDA (Desperdicio)

Este tipo de despilfarro hace referencia a los desperdicios que provocan todas aquellas actividades que no aportan valor añadido al producto, ya seas recursos materiales o humanos, y que solo suponen un coste añadido al producto, al cliente y a la empresa.

“En las fábricas de Toyota no encontrar desperdicios es síntoma de que algo no va bien. Cada vez que descubrimos un desperdicio es una oportunidad para mejorar” (Taiichi Ohno, 1986)

Para conseguir una buena optimización de los procesos y aportar el máximo valor al producto es necesario conocer bien que existen 7 tipos de desperdicios (Figura 4), al que frecuentemente se suman 2 más. (Mateo, 2022)

- **SOBREPRODUCCIÓN**

La sobreproducción se genera cuando se produce demasiado rápido o la cantidad es mayor que la propia demanda del cliente. “Fabricar mucho en muy poco tiempo”. Este tipo de desperdicio también aparece cuando los pronósticos de la demanda no son correctos, se planifica mal la producción y no se trabaja el Takt Time, provocando así un consumo mayor de materias primas y energía.

- **TRANSPORTES**

Este desperdicio se define como el movimiento de materias primas o productos WIP (*Work in progress*) de una ubicación a otra, sin aportar ningún tipo de valor al producto y generando un mayor tiempo por operación. Además, puede provocar el riesgo de que se dañe la calidad de las piezas durante el trayecto. Para terminar con este desperdicio es muy importante un buen diseño del layout, en el que todos los procesos estén bien definidos, al igual que una buena gestión del stock orientada al consumo de los productos (Pareto ABC)

- **MOVIMIENTOS**

Con movimiento se refiere, a todos aquellos desplazamientos o movimientos de los trabajadores durante las diferentes actividades del proceso de producción, los cuales son provocados porque una mala ubicación de las herramientas y una mala secuenciación y estandarización de las operaciones a realizar. Una buena solución puede ser el rediseño del layout y de las FOS (Ficha de Operación Estándar) definiendo bien todas las actividades.

- **INVENTARIOS**

Un exceso de inventario puede ser provocado por una mala gestión de la planificación de la demanda, y por lo tanto un mal aprovisionamiento de los materiales y componentes. Este exceso de pedidos lo que provoca un stock muy elevado con un coste adicional innecesario, utilizando un espacio que podría dedicarse a otra actividad y problemas de calidad al correr el riesgo de que los productos queden obsoletos.

- **ESPERAS**

Por esperas se entiende todo aquel tiempo en el que el personal y la maquinaria están paradas sin que llegue la materia prima o una repuesta de información. Este tipo de desperdicio es provocado por una mala secuenciación y falta de estandarización de las actividades del proceso y un mal diseño del layout de las áreas productivas. Esto provoca una infrautilización de los recursos y un coste adicional del personal que no aporta valor al producto.

- **SOBREPROCESAMIENTO**

La sobreproducción se da cuando se realizan operaciones innecesarias en el proceso, que no aportan ningún valor perceptible por cliente final, incumpliendo así sus especificaciones. Esto provoca un exceso de consumo de los recursos, aumentando la probabilidad causar defectos y por lo tanto un incremento de los costes.

- **DEFECTOS**

Los defectos son aquellos errores que se producen durante el proceso y que reduce el valor de la actividad, haciendo disminuir la calidad del producto final. Además, siempre que se genera un defecto es necesario llevar a cabo una reparación, lo que causa una doble manipulación del producto, generando un empleo mayor de tiempo y un desperdicio de materia prima y recursos humanos. Estos defectos de provocan por una escasa estandarización, una baja formación de los operarios y una mala comunicación entre los departamentos que distribuyen las actividades.

Además de los 7 desperdicios conocidos, actualmente también se consideran como despilfarros los siguientes:

- **INFRAUTILIZACIÓN DEL TALENTO HUMANO**

Como infrautilización del talento humano se entiende la falta de aprovechamiento de las capacidades del personal del equipo, una mala comunicación entre los trabajadores y una escasa formación en el desempeño de las actividades. Provocando esto desmotivación y una baja implicación del personal.

- **RESISTENCIA AL CAMBIO**

Otro desperdicio del proceso productivo es la resistencia al cambio del personal, el cual prefiere permanecer como se estaba haciendo hasta ahora, sin formación en la filosofía lean, causando esto una inflexibilidad del personal y una falta de capacidad de reacción.



Figura 4: Esquematización 7+2 Despilfarros

1.5. HERRAMIENTAS LEAN

Para comprender bien las herramientas que utiliza el Lean Manufacturing, es necesario conocer la famosa "The Lean House", desarrollada por Toyota Production System y la cual reúne de una manera gráfica las técnicas Lean, emulando la construcción de una casa, con cimientos, pilares y tejado. (Serrano, 2020)

Como bien se sabe, no se puede empezar una casa por el tejado, la base de una casa debe estar bien definida para poder seguir construyendo sobre ella. Estos cimientos dan la solidez y equilibrio a la estructura para que se mantenga en pie y se asiente al terreno. En la Figura 5, se puede observar que en esta parte se encuentra la estabilidad, la cual es fundamental para poder llevar a cabo la filosofía Lean. Este concepto está acompañado de las técnicas lean de Heijunka (carga de trabajo nivelada), Trabajo Estandarizado y Kaizen (mejora continua)

Los pilares de una construcción son los que dan rigidez a la estructura y soportan toda la carga de la estructura. En esta parte de la Casa Lean se encuentran dos herramientas Lean que

soportan el sistema de producción, “Just in Time” (producir justo a tiempo) y “Jidoka” (análisis de defectos)

Por último, podemos ver en el tejado de la construcción se encuentran los tres objetivos principales del Lean Manufacturing, máxima calidad, mínimo coste y mínimo *Lead Time*, con los cuales se consigue alcanzar la satisfacción máxima del cliente.

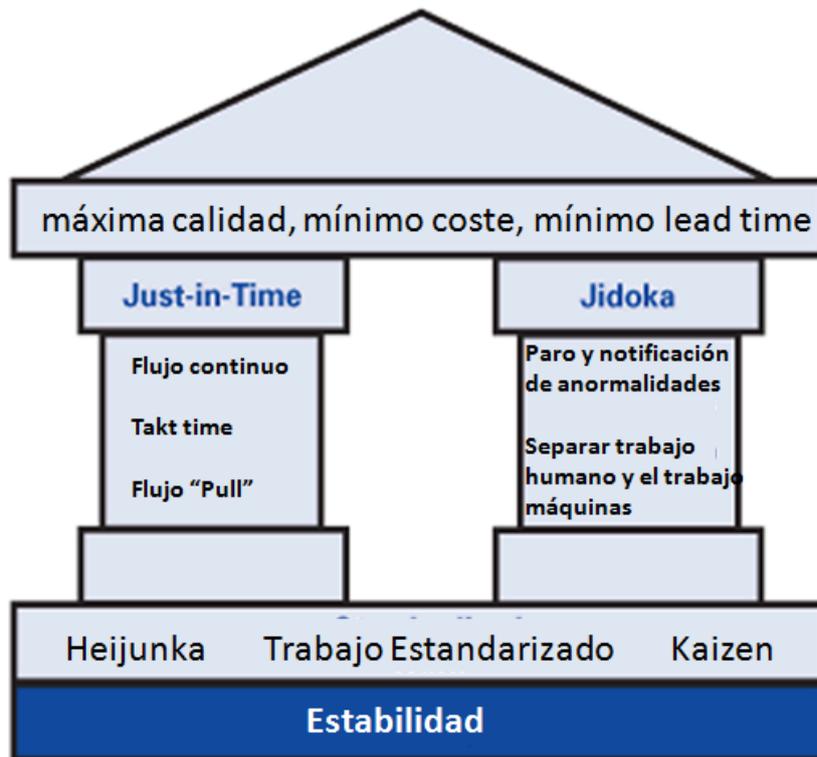


Figura 5: Casa Lean de Toyota Production System (Marín-García, 2010)

Para llevar la práctica de las herramientas Lean es muy importante hacer partícipe de su cultura e importancia a la totalidad de la empresa y formar adecuadamente a todas las personas implicadas en su aplicación. A pesar de existir numerosas herramientas aplicables al Lean Manufacturing, en este apartado se van a explicar aquellas que se han considerado más importantes para el desarrollo y realización de este TFM:

1.5.1. VSM (Value Stream Mapping)

El *Value Stream Mapping* consiste en una representación gráfica y visual que refleja todos los flujos de materiales y de información que tienen lugar en el proceso productivo desde el proveedor hasta el cliente.

Su objetivo es identificar y comprender de una manera sencilla y visual cuáles son aquellas actividades que producen valor y aquellas otras que no lo aportan y producen despilfarro, analizando qué hacer para eliminar estas últimas. Para su ejecución, es necesario conocer la

simbología VSM, en el cual cada logotipo representa las distintas actividades de trabajo y los flujos de información.

En cuanto al proceso de elaboración del VSM, hay que seguir unos pasos. En primer lugar, se analizan todos los productos que van a figurar en el mapa. A continuación, se realiza el VSM actual para ver las condiciones actuales que tiene el proceso productivo para conocer el valor de las actividades y los problemas de actuales del flujo de valor. Posteriormente se dibuja el VSM futuro ideal, en el que el flujo desde la entrega de la materia prima hasta el producto final debe ser perfecto. Por último, se establecen unas condiciones de objetivos futuros para establecer unos compromisos entre la situación actual e ideal.

1.5.2. Heijunka

Heijunka (nivelación en japonés) es un método utilizado en el Lean Manufacturing para nivelar la producción en un intervalo determinado de tiempo, reduciendo las irregularidades en el proceso productivo. Para implementarla es necesario conocer exhaustivamente la demanda del cliente, para poder adaptar las operaciones de fabricación a ella, respetando en todo momento el *Takt time* (TT) calculado.

Esta herramienta consiste en producir pequeños lotes de productos, para que en el caso de que se produzca alguna variación en la demanda, la empresa pueda adaptarse lo más rápido posible, evitando así el origen de despilfarros y la obsolescencia en sus productos, reduciendo el nivel de stock y las inversiones de la compañía.

1.5.3. Kanban

El *Kanban* es un sistema de producción basado en señales visuales (suelen ser tarjetas o etiquetas), cuyo principal objetivo es asegurar el suministro de materia prima a través de un sistema Pull, en el que el propio cliente tira de la producción.

Es un método que tuvo origen en Japón y fue desarrollado por Taiichi Ohno en el TPS para aumentar la eficiencia de los procesos, reduciendo los desperdicios causados por el stock de materias primas y producto terminado, aumentando así el valor añadido de este último.

Las tarjetas Kanban se utilizan en los embalajes y contenedores de las piezas, para identificar el nombre, el número de piezas, y las principales características de las mismas, cada pieza tiene una referencia y una tarjeta para indicar al operario de un modo visual y sencillo donde debe ubicar cada pieza.

Estas tarjetas también sirven como medio de comunicación entre los distintos departamentos de la empresa, ya que envían señales de cuáles son las piezas que se están consumiendo para lanzar la orden de reponerlas, sincronizando así el volumen consumido en la línea de producción con el aprovisionado por logística.

Es un concepto muy relacionado con el JIT, ya que pretendo producir lo necesario en el momento oportuno, sin generar sobre stocks.

1.5.4. Jidoka

El término *Jidoka* es originario de Japón y fue utilizado por primera vez en el TPS (*Toyota Production System*). Su nombre significa “automatización con un toque humano”, un proceso automatizado que necesita la presencia de personal humano para poder aplicarse.

Su principal objetivo es que los propios procesos de producción lleven a cabo un sistema de autocontrol de calidad, para que no se produzca ningún fallo, y que los productos entregados al cliente sean prácticamente perfectos. Son los propios operarios o los sistemas de fabricación los que impiden que cuando un producto no cumple con los requisitos no continúe con el proceso de producción.

Para llevar a cabo esta herramienta Lean, es necesario seguir 4 pasos fundamentales:

1. Detectar el problema en el proceso productivo
2. Detener el proceso (maquinaria o personal)
3. Corregir el problema de forma inmediata
4. Investigar la causa raíz para que no vuelva a ocurrir.

Siguiendo estos pasos y gracias a un plantilla cualificada y formada en su puesto de trabajo se consigue disminuir los tiempos de ciclo y los productos defectuosos, aumentar la satisfacción del cliente y conseguir un ahorro importante en los costes, ya que no es lo mismo identificar el defecto durante el proceso que una vez que el producto esté terminado. Consiguiendo aplicar la Teoría de los Cero Defectos en todos sus productos fabricados.

1.5.5. Poka-Yoke

Un Poka-Yoke es otra herramienta de origen japonés que consiste en desarrollar un sistema de calidad- que protege del error humano y en el que el operario es imposible que cometa errores, obteniendo un producto terminado sin defectos y eliminando los posibles retrabajos y retoques una vez acabado el proceso de fabricación.

Esta técnica puede ser aplicada a la filosofía Lean, que ya permite aumentar la eficiencia de los procesos, haciendo que los trabajadores se centren en las operaciones que aporten valor y se olviden de aquellas en las que podían cometer errores. Para conseguir es necesario seguir los pasos que aparecen en la Figura 6.



Figura 6: Pasos a seguir para un Poka-Yoke óptimo (Azulay, 2021)

Un buen diseño, sencillo y comprensible por todos, es fundamental para que este método funcione, ya que él por sí mismo detecta el error y bloquea continuar con el proceso, consiguiendo así eliminar los desperdicios y optimizar los tiempos operacionales.

Esta herramienta es fundamental en el desarrollo del *Kitting*, ya que es necesario que cuando se reúnen todas las partes y se conforman los KITS, los trabajadores no cometan errores en el llenado. Al igual que cuando el operario de la línea de producción los extraiga para componer el producto final. Es importante que el diseño del módulo aplique el concepto de poka-yoke para evitar posibles fallos.

“Es bueno hacer las cosas bien la primera vez. Pero es aún mejor hacer que sea imposible hacerlas mal desde la primera vez” (Shingeo Shingo, 1986)

1.5.6. Las 5S

El nombre de esta herramienta proviene de las iniciales de 5 palabras japonesas (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu* y *Shitsuke*) y consiste en los 5 pasos que se deben seguir para poder implantar la filosofía Lean en cualquier empresa (Figura 6)

Es una metodología que se utiliza para organizar las actividades consiguiendo disminuir el volumen de desperdicios y aumentar la eficiencia del proceso productivo haciendo que las áreas de trabajo siempre estén limpias y ordenadas.

Es un útil de mejora continua en el cual las 5 actividades tienen que darse de forma secuenciada, para cumplir con el objetivo final manteniendo un flujo continuo, en el que en momento de que se acabe la última operación se vuelva a la primera.

A continuación, se explica el significado de las 5 palabras japonesas y las actividades que se desarrollan en cada uno de los pasos:

1º Seiri (Seleccionar)

El primer paso consiste en visualizar el entorno de trabajo y separar lo que es necesario y lo que no, eliminando todo aquello que pueda resultar inútil y que no aporta valor al proceso productivo.

Para llevar a cabo este paso es necesario contar con la ayuda de los operarios, ya que ellos están continuamente realizando las operaciones y saben que es lo que verdaderamente utilizan y lo que no, además con esto será más fácil encontrar los elementos necesarios.

2º Seiton (Ordenar)

Una vez completado el paso uno, en el que se hayan seleccionado aquellos elementos necesarios, estos se organizan de forma ordenada, definiendo un sitio para cada elemento, el que cada uno de ellos tenga su lugar. Con esto se consigue una mejora del tiempo ciclo, ya que los trabajadores no pierden tiempo en localizar los objetos ni se confunden a la hora de hacerlo.

Para lograr una eficiencia de este paso, es importante agrupar los objetos siguiendo algún tipo de estandarización (Tamaño, color...), colocar en las zonas más accesibles, aquellos objetos que se utilizan con mayor frecuencia y, especial atención al FIFO (*First in, First out*) en todos aquellos productos que puedan presentar obsolescencia.

3º Seiso (Limpiar)

El tercer paso de esta metodología es limpiar la zona de trabajo y mantenerla limpia durante todo el proceso productivo. Para llevar a cabo esta etapa es fundamental localizar y eliminar las fuentes de suciedad, para conocer el foco que provoca la suciedad en el puesto de trabajo. Posteriormente es necesario elaborar un plan de limpieza estandarizado a aplicar periódicamente para evitar que se acumule.

Aplicando un principio de limpieza se consigue erradicar un gran número de los problemas de calidad de los productos, consiguiendo así añadir valor al producto para el cliente final.

4º Seiketsu (Estandarizar)

Una vez realizados los tres primeros pasos, es necesario establecer un criterio común óptimo para mantener las operaciones y los cambios realizados, evitando que se produzcan de nuevo defectos en el futuro y consiguiendo que las acciones perduren en el tiempo.

Es necesario que este estado de referencia quede por escrito, definiendo quien realiza para operación y formalizando las reglas, para poder evaluar y mantener la aplicación del proceso en todo momento

5º Shitsuke (Practicar)

La última etapa consiste en mantener en rigor y crear hábito de todos los cambios que se han realizado en el proceso, aplicando esta norma en el puesto de trabajo para seguir identificando y erradicando problemas, y conseguir así una buena evaluación de la técnica.

Es importante concienciar a todo el personal de la compañía en la metodología de las 5S ya que se puede ser aplicada a otras áreas de la organización, tanto en oficinas como en áreas de producción.



Figura 7: Esquema de las 5S (TCM Consultoria, 2021)

1.5.7. Kaizen / Mejora continua

La palabra *Kaizen* también proviene del japonés y significa “cambio para mejorar”, es una herramienta que está muy relacionada con el proceso de mejora continua y que se utiliza frecuentemente en la filosofía Lean. (Bizneo, 2021)

Para que este método salga adelante es necesario que participen todos los trabajadores de la compañía, para crear conciencia del reto que supone, de la necesidad de que siempre se pueden mejorar algo del proceso y de los beneficios que se pueden conseguir gracias a ello.

Para la implantación de este sistema, es necesario organizar grupos de trabajo pequeños formados por los operarios y sus responsables, identificar y examinar los problemas en el terreno (*Gemba*), proponer posibles soluciones, evaluar los resultados conseguidos con el método y hacer un seguimiento posterior a largo plazo para ver cómo funciona.

Gracias a este método se puede alcanzar un gran número de beneficios:

- Incremento de la productividad
- Suprimir los procesos inútiles y repetitivos
- Mayor satisfacción y compromiso de los trabajadores
- Alta capacidad de resolución de problemas

“Hacer la cosa correcta es más importante que hacer algo correctamente” (Peter F. Drucker, 1966)

1.6. ESTANDARIZACIÓN

La estandarización es una de las herramientas más importantes del Lean, ya que sirve de modelo para el resto de las técnicas. Es conocida como un método para realizar operaciones que permite alcanzar los tres objetivos fundamentales, calidad coste y plazo, teniendo siempre en cuenta las condiciones de trabajo del operario (ergonomía y seguridad) y respetando el plazo de la entrega al cliente final.

Estandarizar las actividades tiene una gran cantidad de beneficios, ya que sin ella no se podría garantizar que las operaciones se hagan siempre de la misma forma, eliminando la posibilidad de inestabilidad en el proceso, mejorando la calidad del producto, sin necesidad de contar con retrabajos y controles de calidad. (CDI Lean, 2019)

Gracias a su fácil comprensión visual, se consigue reducir el riesgo de cometer errores en las operaciones, afectando directamente al producto, y haciendo que los trabajadores estén más motivados y seguros en su puesto de trabajo.

“No hay mejora sin estándares. El inicio de toda mejora es saber exactamente dónde está usted” (Taiichi Ohno, 1978)

La estandarización es fundamental para el diseño de los puestos de trabajo, la colocación de los útiles de producción, la distribución de los operarios en las zonas de trabajo, el desarrollo de los Kitting y Picking.

La estandarización puede considerarse como la base de la mejora continua, el ciclo SDCA (*Standardize, Do, Check, Act*) es un reenfoque del ciclo PDCA, basado en estandarizar las operaciones, como consolidación de la búsqueda de la perfección. En primer lugar, se establecen las actividades que se van a desarrollar, en segundo lugar, se aplica el estándar, posteriormente se comprueban las operaciones y se determinan los problemas y las causas por las que se provocan y por último lugar, se mejora la situación. (Mateo, 2022)

- **FORMACIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN**

Tras estandarizar el proceso o el puesto de trabajo, es necesario formar a todos los trabajadores que lo utilización. Para llevar a cabo este método de formación, es necesario el seguimiento de tres etapas (Figura 8)

La primera etapa es “*I do*” donde la persona que conoce cómo se realiza la operación se la explica al resto de trabajadores de forma detallada, destacando los puntos clave.

En la segunda etapa “*We do*”, la persona que recibe la formación realiza la operación acompañada del formador, el cual tiene que corregir los errores inmediatamente para evitar que los vuelva a corregir y memorizar mejor los pasos. Se repite la etapa hasta que se haya entendido perfectamente.

En la tercera etapa, “You do” la persona formada realiza la operación de forma autónoma y se busca a una persona para que supervise al operario en todo momento, y le corrija en el momento que cometa algún fallo.



Figura 8: Formación de la Estandarización (ARN Consulting, 2021)

CAPÍTULO 2

ESCUELA LEAN

2. LA ESCUELA LEAN

2.1. ¿QUÉ ES LA ESCUELA LEAN?

La Escuela Lean es el primer espacio formativo de España dedicado a enseñar a sus alumnos lo que es el Lean Manufacturing y cómo se puede aplicar a la vida profesional (Figura 9). El cual consiste en eliminar todo aquello que no aporta valor al producto final, buscando la eficiencia en los procesos.

Fue inaugurada en enero de 2014 en la Escuela de Ingenierías Industriales, como resultado de la colaboración entre la Universidad de Valladolid y Renault-Nissan Consulting. Se encuentra en la tercera planta del edificio Francisco Mendizábal, aunque actualmente se está debatiendo trasladarse a la sede Paso del Cauce. (Europa Press, 2014)



Figura 9: Escuela Lean. Universidad de Valladolid

2.1.1. Objetivos de la Escuela Lean

El objetivo fundamental de la Escuela Lean es impartir formaciones sobre la filosofía Lean a profesionales, para que puedan aplicar las mejoras en sus empresas; y enseñar a alumnos para que tengan los conocimientos suficientes para que en un futuro cercano apliquen el Lean Manufacturing en su vida profesional. Además de este objetivo elemental para su desarrollo, también hay que tener en cuenta los siguientes:

- Formar de una manera práctica las herramientas lean, mediante una simulación de la producción.
- Búsqueda de la mejora de la eficiencia de los procesos aplicando herramientas Lean.
- Convertir a alumnos y trabajadores en conocedores de la filosofía lean, otorgándoles una nueva visión innovadora y eficaz.

2.1.2. Beneficios de la Escuela Lean

Ser concededor del lean Manufacturing puede tener una gran cantidad de beneficios:

- Los participantes tienen una visión práctica de las diferentes herramientas Lean en proyectos reales.
- Mejora de las competencias de los participantes: trabajo en equipo, organización y liderazgo.
- Aumentar los conocimientos sobre seguridad, productividad, calidad del producto y planificación del tiempo.

2.2. COLABORACIÓN UNIVERSIDAD DE VALLADOLID – RENAULT CONSULTING

La Universidad de Valladolid (UVA) es una universidad pública ubicada en la ciudad de Valladolid, en la comunidad autónoma de Castilla y León, siendo la tercera más antigua de España, seguida de la de Palencia y Salamanca. En la cual se imparte un máster oficial, denominado Máster en Logística, cuyo programa se basa en entender el funcionamiento de la cadena de suministros y poder conocer la filosofía Lean.

Renault-Nissan Consulting S.A (Figura 10). fue fundada en 1996 bajo el nombre de Instituto Renault, la cual se dedicaba únicamente a temas de calidad. En 2016, pasa a denominarse Renault Nissan-Consulting dedicada a la consultoría de mejora empresarial, ayudando alcanzar una eficiencia económica.

En el año 2004 la colaboración de las dos entidades dio lugar a la creación del Aula Instituto Renault, conocida hoy en día como aula Renault-Nissan Consulting. En el año 2012, se arranca el programa *Renault Experience*, para ayudar a la inserción de los estudiantes de la Universidad de Valladolid en la plantilla de Groupe Renault, siendo un programa que consistía en la formación tanto teórica como práctica dentro de las factorías del grupo.

En 2014, se crea la Escuela Lean, con la finalidad principal de interrelacionar la universidad con la empresa, promoviendo el intercambio de información entre ellas, buscando la eficiencia y la eficacia en todo el proceso.



Figura 10: Renault-Nissan Consulting Logo (Renault Nissan Consulting, 2020)

2.3. FUNCIONAMIENTO DE LA ESCUELA

Como se ha indicado anteriormente, el objetivo principal de la Escuela es formar tanto a profesionales, como a estudiantes universitarios en el Lean Manufacturing. Su propósito es que conozcan bien su aplicación de una forma práctica y divertida, mediante la simulación de diversos problemas que pueden surgir a diario en las fábricas.

Además, en la Escuela Lean los participantes aprenden a poner en práctica las diferentes herramientas de la filosofía Lean, entendiendo bien su finalidad, su modo de actuación ante problemas reales y la importancia de la búsqueda de la perfección con la mejora continua.

Las formaciones impartidas en las sesiones del programa son bajo la metodología “*learning by doing*”, en castellano “aprender haciendo” (Figura 11), siendo esta una de las formas más rápida y entretenida de enseñar a los participantes, dándoles la posibilidad de experimentar por ellos mismos de la mano de sus compañeros.



Figura 11: Learning by doing (Silva, 2019)

2.4. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

El aula en el que se ubica la Escuela Lean tiene más de 300 m², es un espacio de forma rectangular, muy luminoso y prácticamente totalmente diáfano, lo que facilita la práctica de sus clases, ya que, gracias a estas características de modularidad y versatilidad, el aula se puede convertir en la zona de producción que se quiera. (Castillo, 2020)

Está dividida en tres áreas:

Una de ellas es un pequeño almacén dedicado para dejar las pertenencias de los participantes y en la que se encuentran los diferentes EPI's que pueden hacer falta (guantes, batas, calzado de seguridad, etc)

Otra área es un despacho, que funciona como almacén de la Escuela y donde se encuentra el material del profesorado para impartir las clases, y el historial de otras formaciones impartidas.

Por último, la zona más grande está destinada a la simulación de la fabricación de los productos y al stock de productos en curso y materias primas, en la que los alumnos estarán la mayor parte del tiempo y en la que recibirán la formación. Como se puede observar en la Figura 12 esta área está dividida en 6 zonas :

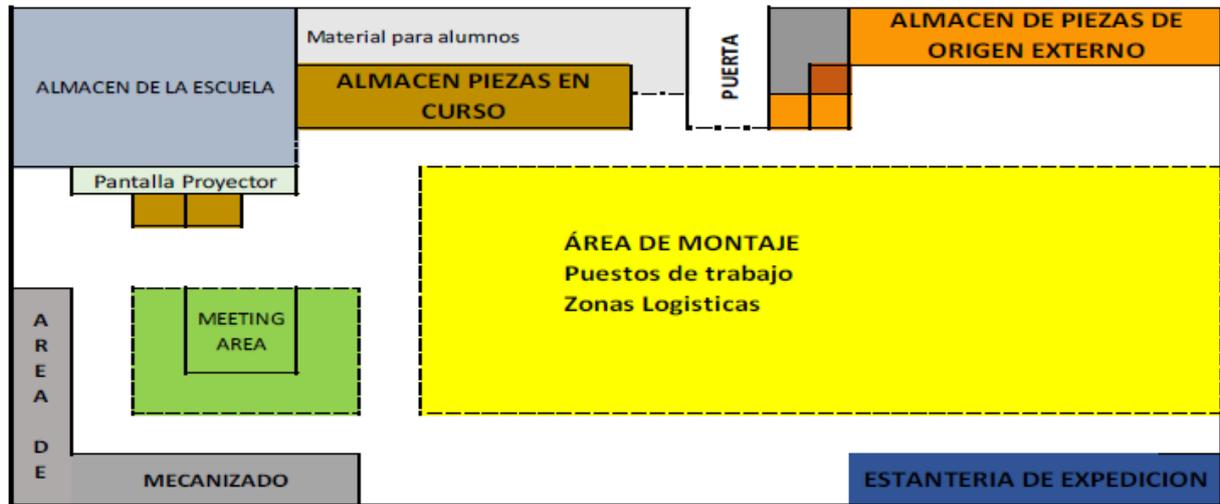


Figura 12: Layout Escuela Lean (Escuela Lean, 2022)

La zona de Formación o *Meeting area*, la cual es un espacio dedicado a la reunión de todos los participantes, donde se dan las pautas previas a la realización de las actividades, y donde se exponen los resultados. Simula a las zonas de reuniones que hay en el borde de línea de las plantas de producción, y donde se reúne el jefe de unidad con los operarios para impartirles las formaciones y hacerles concederos de las actividades a realizar.

La zona de mecanizado, donde se encuentra la máquina de punzonado y las líneas de material prima.

Los almacenes de piezas en curso y piezas de origen externo.

El almacén de producto terminado, donde se almacenan los productos una vez que han pasado el control de calidad.

Y Por último la zona de montaje, que es la que ocupa mayor espacio y donde se encuentran las líneas de producción y las zonas logísticas, las cuales pueden ser modificadas en función de la producción que se vaya a realizar.

2.5. PRODUCTOS

En la Escuela Lean se imparten formaciones con dos tipos de productos diferentes, el Coche y el Solectron. La producción de ambos tiene la misma finalidad, enseñar y formar al alumno para que entienda cómo es una fábrica, cómo funciona la demanda del cliente y cómo debe enfrentarse a los problemas e incidencias utilizando las herramientas Lean. (Mateo, 2022)

- **SOLECTRON**

El Solectron es un producto de forma cilíndrica, similar a un puzle en 3D, el cual está compuesto por cuatro capas, cada una de ellas de un color diferente, las cuales se colocan una encima de la otra, apoyadas y atornilladas todas ellas sobre una base cilíndrica de aluminio. (Figura 13)

De las cuatro capas que confirman el solectron, las capas uno y tres son iguales entre sí, al igual que las capas dos y cuatro lo mismo. Todas ellas están compuestas por cuatro piezas diferentes denominadas sectores, las cuales encajan unas como si fuese un puzle. Adicionalmente, las capas dos y cuatro tienen unos huecos donde se introducen cuatro piezas poligonales denominadas insertos, los cuales se fijan mediante tornillos. Su proceso de montaje se presenta en la Figura 14



Figura 13: Producto final Solectron

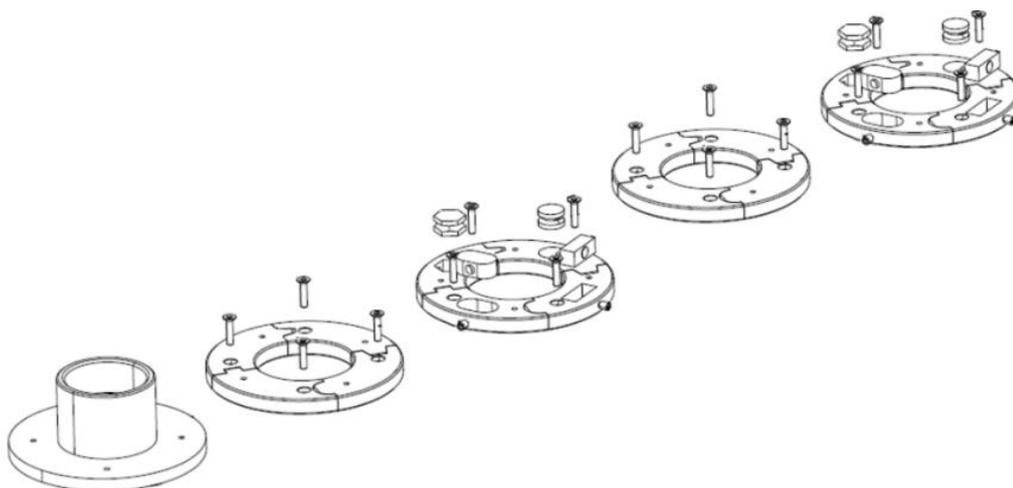


Figura 14: Proceso fabricación Solectron (Escuela lean 2022)

- **COCHE**

El coche es el producto que se ha elegido para llevar a cabo este trabajo. Tiene unas dimensiones aproximadas de 640 x 280 x 280 mm y un peso de entre 12 y 15 kg.

El cliente a la hora de elegir este producto tiene la posibilidad de elegir entre dos modelos, Monovolumen (M) o Pick-up (P), ambos de dos colores diferentes, azul (claro) o verde (oscuro), y en función de las ruedas que lleve puede ser de dos tipos todoterreno (TT) o normal (N). Dando una carta al cliente de ocho combinaciones posibles. Esta variedad de productos queda registrada gráficamente en el esquema de la Figura 7.

Como se puede observar en la Figura 15, existen 8 posibles combinaciones del producto. Una vez elegido el modelo, se puede escoger el color del vehículo, Verde o Azul, el primero lleva las piezas pintadas en negro, por eso se denomina "Oscuro", y el segundo lleva las piezas sin pintar por eso se denomina "Claro". La otra característica que puede elegir el cliente es el tipo de rueda del coche, puede ser normal o todoterreno. En las Figuras 16 y 17 se observar los productos ya montados.

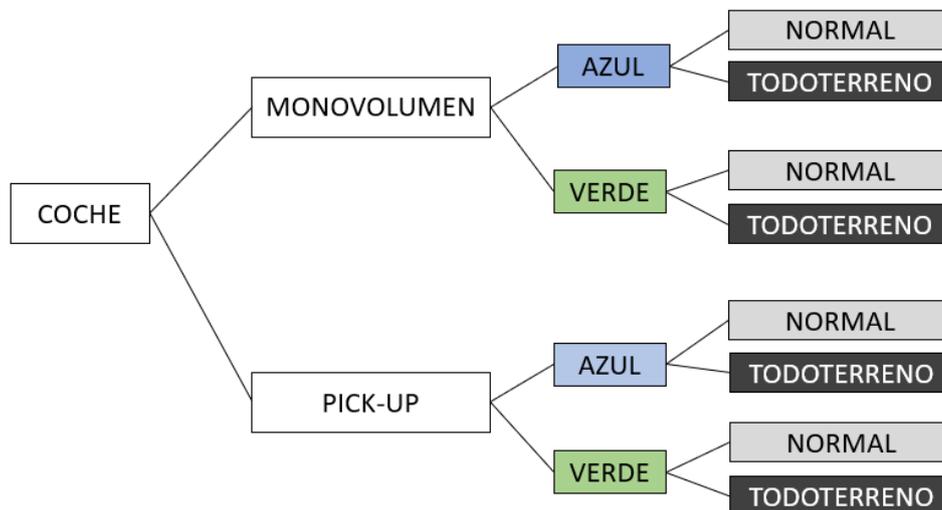


Figura 15: Diversidades posible Coche Lean



Figura 16: Producto final Pick-up



Figura 17: Producto final Monovolumen

A continuación, se explican los detalles de las diferentes combinaciones del producto. Los modelos de coches que existen son:

El modelo **Monovolumen** está formado por un total de 31 piezas (Figura 18), es un poco más grande, más pesado y va completamente cerrado. El techo va desde la parte del parabrisas hasta el portón trasero. Este modelo consta de tres asientos, uno delantero y dos traseros. El lateral del vehículo está formado por tres piezas, una delantera, una media y una trasera.

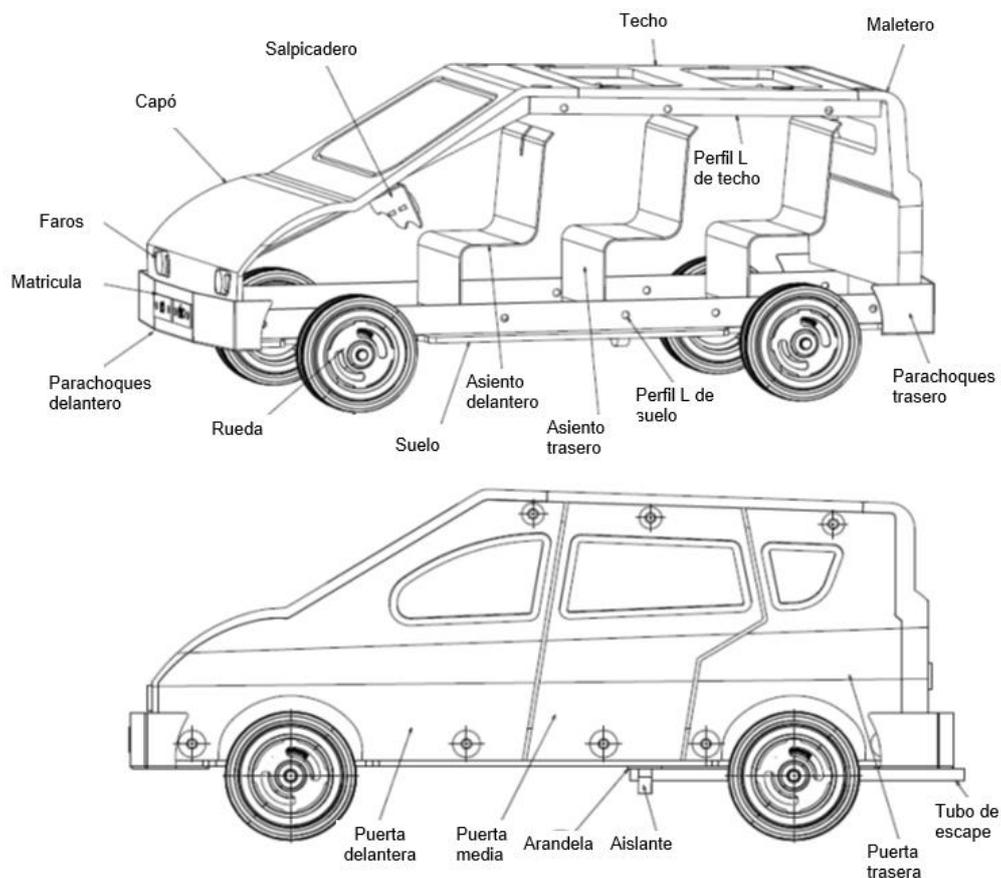


Figura 18: Despiece Monovolumen (Escuela Lean, 2022)

El modelo **Pick-up** está formado por 26 piezas (Figura 19), es más pequeño, más ligero y está abierto por la parte trasera, por lo que no cuenta con maletero. A diferencia del modelo monovolumen el techo cubre únicamente la parte del asiento delantero, dejando la zona de carga trasera al descubierto. Solo dispone de asientos delanteros y en lateral está compuesto únicamente por dos puertas, una delantera (común al monovolumen) y otra trasera de mayor dimensión.

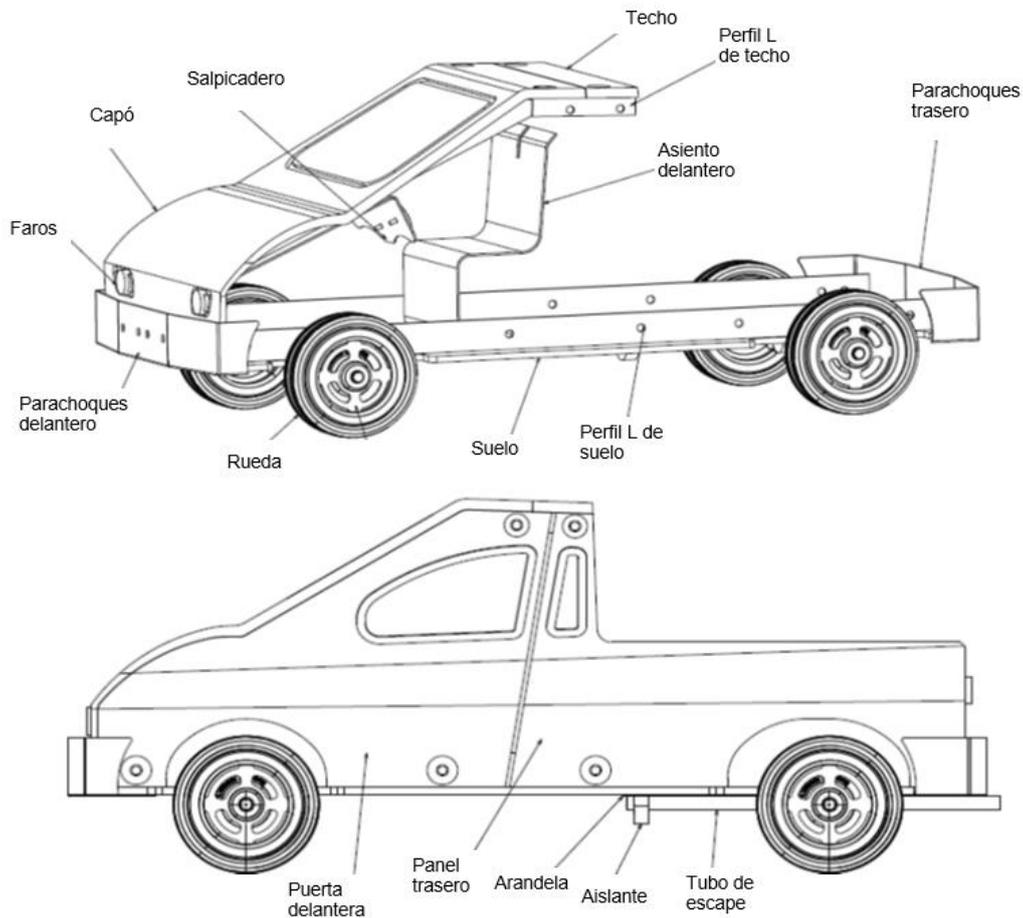
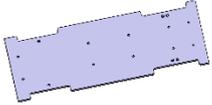
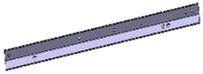
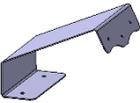
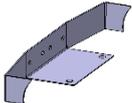
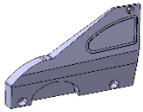
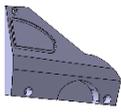
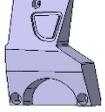
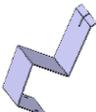


Figura 19: Despiece Pick-up (Escuela Lean, 2022)

Aunque hay piezas diferentes entre un modelo y otro, también existen piezas comunes para ambos modelos. Estas son las siguientes: el suelo del coche, los perfiles “L” del suelo (izquierdo y derecho), las puertas delanteras (izquierda y derecha), el salpicadero, el parachoques delantero, las ruedas, el capó, el tubo de escape, el aislante, las arandelas, y las matrículas que indican el número de orden de la producción y la diversidad fabricada.

A continuación, en la Tablas 1 y 2 se presenta el despiece de piezas por modelo. Primero el modelo monovolumen y seguido del modelo Pick Up respectivamente.

MODELO MONOVOLUMEN			
Nº	Croquis	Denominación	Cantidad
1		Suelo	1
2		Perfil L de suelo	2
3		Ruedas (TT o N)	4
4		Salpicadero	1
5		Parachoques delantero	1
6		Puerta delantera izquierda	1
7		Puerta delantera derecha	1
8		Puerta media derecha	1
9		Puerta media izquierda	1
10		Puerta trasera derecha	1
11		Puerta trasera izquierda	1
12		Asiento delantero	1

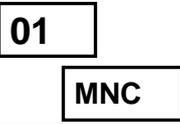
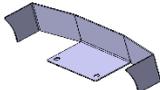
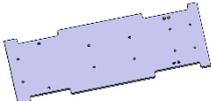
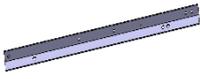
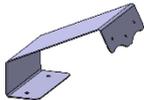
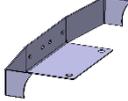
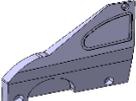
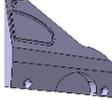
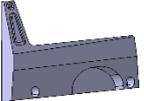
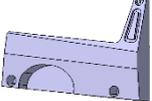
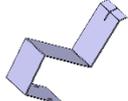
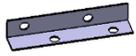
13		Asiento Trasero	2
14		Tubo de escape	1
15		Aislante	2
16		Arandela	3
17		Matricula	1
18		Perfil L techo	2
19		Parachoques trasero	1
20		Maletero	1
21		Techo	1
22		Capó	1

Tabla 1: Despiece Monovolumen

MODELO PICK UP			
Nº	Croquis	Denominación	Cantidad
1		Suelo	1

2		Perfil L de suelo	2
3		Ruedas (TT o N)	4
4		Salpicadero	1
5		Parachoques delantero	1
6		Puerta delantera izquierda	1
7		Puerta delantera derecha	1
8		Puerta trasera derecha	1
9		Puerta trasera izquierda	1
10		Asiento delantero	1
11		Tubo de escape	1
12		Aislante	2
13		Arandela	3
14	01 MNC	Matriculas	1
15		Perfil L techo	2

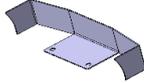
16		Parachoques trasero	1
17		Techo	1
18		Capó	1

Tabla 2: Despiece Pick-Up

2.6. LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Existen diversas formas de plantear la línea de producción del coche Lean, en función del número de puestos y de las actividades que realizan los operarios en cada uno de ellos. Para llevar a cabo este TFM, se ha hecho un análisis de cuáles son aquellas producciones óptimas para el diseño del KIT. Este estudio se ha realizado a partir del modelo monovolumen, ya que es el que tiene un mayor volumen de piezas, por lo que es él que más impacta en la distribución de sus actividades y los tiempos de montaje del operario.

Dado a que desconocemos los tiempos estandarizados que dura cada operación, se han planteado tres posibles soluciones, basadas en un orden lógico, la geometría y tamaño de las piezas y en la facilidad de la manipulación del operario, tanto para extraerlas del Kit como para su posterior montaje.

A continuación, se plantean las tres soluciones, todas ellas divididas en cinco puestos diferentes. El puesto nº1 es siempre común en todas ellas, en él se montan el suelo, los perfiles de suelo (derecho e izquierdo), las ruedas, el salpicadero, el parachoques delantero (el cuál puede venir montado con matrícula o sin ella)

- **Propuesta Nº1**

En esta propuesta, en el puesto nº2, se monta el asiento delantero, seguido de las puertas delanteras (izquierda y derecha) y seguido de las puertas del medio (izquierda y derecha). En el puesto nº3 se montan los dos asientos que faltan y las puertas traseras (izquierda y derecha). En el cuarto puesto se monta el tubo de escape, ensamblado mediante la arandela y el aislante y los perfiles de techo (izquierdo y derecho). Por último, en el puesto nº5, se monta el capó, techo, maletero y parachoques trasero.

Esta solución ha sido rechazada, ya que resulta dificultosa a la hora de montar el tubo de escape, una vez puestas todas las puertas y por el número de veces que el operario tiene que manipular el producto y cambiarlo de posición. Una situación poco ergonómica y que emplea mucho tiempo.

La división de las piezas que se montan por puesto en la Propuesta nº1 queda recogido en la Tabla 3.

SOLUCIÓN 1				
PUESTO 1	PUESTO 2	PUESTO 3	PUESTO 4	PUESTO 5
SUELO	PUERTA DELANTERA IZDA	PUERTA TRASERA IZDA	TUBO DE ESCAPE	CAPÓ
PERFIL SUELO DCHO	PUERTA DELANTERA DCHA	PUERTA TRASERA DCHA	ARANDELA	TECHO
PERFIL SUELO IZDO	PUERTA MEDIO IZDA	ASIENTO MEDIO	AISLANTE	MALETERO
RUEDAS	PUERTA MEDIO DCHA	ASIENTO TRASERO	PERFIL TECHO DCHO	PARACOCHESES TRASERO
SALPICADERO	ASIENTO DELANTERO		PERFIL TECHO IZDO	
PARACHOQUES DELANTERO				
MATRICULA				

Tabla 3: Propuesta de Producción nº1

- **Propuesta Nº2**

En esta propuesta, en el puesto nº2, se montan los tres asientos (delantero, medio y trasero), seguido del tubo de escape, ensamblado mediante la arandela y el aislante. En el puesto nº3 se montan las puertas delanteras (izquierda y derecha) y seguido de las puertas del medio (izquierda y derecha). En el cuarto puesto se montan las puertas traseras (izquierda y derecha), y los perfiles de techo (izquierdo y derecho). Por último, en el puesto nº5, se monta el capó, techo, maletero y parachoques trasero

Esta solución a pesar de haber mejorado las veces que el operario manipula el producto, y simplificar el peso de la operación con la propuesta de montar primero los asientos y el tubo de escape, cuando únicamente tienes el chasis del coche, ha sido rechazada ya que sigue siendo poco ergonómica y el operario emplea mucho tiempo en mover el producto. Esto queda recogido en la Tabla 4

SOLUCIÓN 2				
PUESTO 1	PUESTO 2	PUESTO 3	PUESTO 4	PUESTO 5
SUELO	ASIENTO DELANTERO	PUERTA DELANTERA IZDA	PUERTA TRASERA IZDA	CAPÓ
PERFIL SUELO DCHO	ASIENTO MEDIO	PUERTA DELANTERA DCHA	PUERTA TRASERA DCHA	TECHO
PERFIL SUELO IZDO	ASIENTO TRASERO	PUERTA MEDIO IZDA	PERFIL TECHO DCHO	MALETERO
RUEDAS	TUBO DE ESCAPE	PUERTA MEDIO DCHA	PERFIL TECHO IZDO	PARACOCHESES TRASERO
SALPICADERO	ARANDELA			
PARACHOQUES DELANTERO	AISLANTE			
MATRICULA				

Tabla 4: Propuesta de Producción nº2

- **Propuesta N°3**

En esta propuesta, el puesto n°2, es igual que en el de la solución anterior, se montan los tres asientos (delantero, medio y trasero), seguido del tubo de escape, ensamblado mediante la arandela y el. En el puesto n°3 se montan todas las puertas del lateral izquierdo (delantera, media y trasera), seguida del perfil de techo del mismo lateral. El puesto n°4 es exactamente igual que el n°3, pero del lateral derecho. Por último, en el puesto n°5, se monta el capó, techo, maletero y parachoques trasero.

Esta ha sido la solución de producción seleccionada para el diseño del KIT, ya que se ha aplicado la mejora de la solución 2, al montar primero los asientos y el tubo de escape, y se han minimizado las manipulaciones del operario con el coche, montando primero un lateral y después el otro lateral, dejando en el último puesto únicamente las operaciones de los elementos exteriores: capó, techo, maletero y parachoques trasero.

Esta última propuesta también queda recogida de manera visual en la Tabla 5

SOLUCIÓN 3				
PUESTO 1	PUESTO 2	PUESTO 3	PUESTO 4	PUESTO 5
SUELO	ASIENTO DELANTERO	PUERTA DELANTERA IZDA	PUERTA DELANTERA DCHA	CAPÓ
PERFIL SUELO DCHO	ASIENTO MEDIO	PUERTA MEDIO IZDA	PUERTA MEDIO DCHA	TECHO
PERFIL SUELO IZDO	ASIENTO TRASERO	PUERTA TRASERA IZDA	PUERTA TRASERA DCHA	MALETERO
RUEDAS	TUBO DE ESCAPE	PERFIL TECHO IZDO	PERFIL TECHO DCHO	PARACOCHESES TRASERO
SALPICADERO	ARANDELA			
PARACHOQUES DELANTERO	AISLANTE			
MATRICULA				

Tabla 5: Propuesta de Producción n°3

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS PREVIO

3. ANÁLISIS PREVIO

3.1. SISTEMAS PICKING y KITTING

3.1.1. PICKING

Para entender la finalidad de este trabajo es necesario comprender bien previamente los conceptos de *picking* y *kitting* y cuál es su utilidad en la línea de producción.

En primer lugar, para tener conocimientos del funcionamiento del *kitting* y la importancia de un buen diseño de KIT, es necesario entender primero la preparación de pedidos o también conocido como *order picking*, ya que es una de las operaciones del almacén que más impacta en el valor añadido y el coste del producto final. El término *picking* está directamente relacionado con el *Kitting*, ambos son fundamentales para la efectividad de la línea de producción y cumplir con la entrega al cliente final.

Se entiende por *picking*, todo proceso en el que los operarios cogen componentes del almacén para cumplir con la demanda del cliente. Este proceso tiene lugar en el almacén y consiste en agrupar piezas para proceder a su posterior traslado. (Irigaray, 2020)

Es una actividad que puede realizarse de manera manual o automática, en función del tipo de almacén que disponga la instalación. Dependiendo de la forma que se ejecute, existen diferentes tipos de *picking* (Mecalux, 2022)

- El método de forma manual también se conoce como “hombre a producto” en la que es el propio “*picker*” el que recorre todo el almacén con la finalidad de ir tomando aquellas piezas que necesita para las líneas de producción
- El método automático se conoce como “producto al hombre”, en este la pieza es la que se acerca de forma automatizada a la mano del operario, sin tener esta la necesidad de desplazarse.
- Existe un método denominado mixto en el que en un único almacén conviven ambos métodos, combinando el trabajo de humanos y máquinas

3.1.1.1. BENEFICIOS

Uno de los grandes beneficios que tiene el *picking* es facilitar la identificación y localización de los productos para que los preparadores que tienen que cogerlos completen la orden de pedido, de una forma rápida, secuenciada y sin cometer errores. Mejorando así la eficiencia de la mano de obra durante todo el proceso productivo, disminuyendo a su vez los recorridos que los operarios realizan a lo largo del almacén durante el proceso.

Además, mediante un buen sistema de picking se consigue optimizar el espacio físico productivo del almacén, ya que la mercancía se clasifica de forma automática en función del volumen embalado y de la rotación que tenga ese producto en el stock, ubicando la mercancía con mayor rotación en las zonas más accesibles.

Otro beneficio es la claridad de información que reciben los trabajadores, ya que, al tener un buen sistema implantado, la trazabilidad de los productos y el seguimiento de los almacenes es mucho más rápido y preciso.

El *order picking* supone uno de los mayores gastos de mano de obra en una empresa, por lo que el desarrollo y la implementación de un buen sistema, provoca una reducción o redistribución de la plantilla, minimizando así los costes directos e indirectos y consiguiendo que la compañía alcance una mayor rentabilidad.

3.1.1.2. TIPOS DE PICKING

Además, de los sistemas de picking manuales, existen otros que incorporan la tecnología para optimizar la eficacia de los procesos. (Mecalux, 2022)

- Dentro de estos sistemas de picking, existe uno muy utilizado denominado **Pick to light**, en el que un indicador de luz colocado en la cara frontal de cada estantería marca al operario dónde se encuentra ubicada la pieza que necesita coger y qué cantidad tiene que extraer. Una vez extraídos la luz se apaga, para evitar confusiones en la siguiente actividad. (Figura 20) Este método se utiliza tanto en las estanterías dinámicas de unidades de acondicionamiento pequeño, como en las estanterías en la que las unidades de manutención son de tamaño pallet.



Figura 20: Operario utilizando dispositivo de Picking (Pick to light systems, 2022)

- Otro sistema de picking utilizado frecuentemente es el denominado **Put-to-light**, cuya función es opuesta a la explicada anteriormente, ya que los dispositivos luminosos alertan de la falta de mercancía, la necesidad de abastecerse e indican al operario el lugar y la cantidad donde

deben depositar las piezas, una vez que lo hace, presiona el botón y apaga la luz. Este tipo suele emplazarse sobre puestos fijos o móviles que preparen más de un pedido.

- Además de los dispositivos luminosos, también existe un sistema de picking que utiliza la tecnología por voz, denominado **Pick to Voice**, el cuál es un sistema interactivo en el que los trabajadores deben utilizar unos auriculares con micrófono y un terminal de radiofrecuencia o dispositivo móvil para que puedan recibir y dar órdenes. El proceso es sencillo, el software comunica al operario el lugar exacto a donde debe desplazarse en el almacén, acompañado de la referencia y la cantidad que debe tomar, posteriormente este confirma con su voz que ya ha efectuado la operación y finalmente el software la da por terminada.
- Existe otro sistema *picking* basado en la **Radiofrecuencia**, el cual permite la comunicación entre los trabajadores y el sistema de gestión de almacenes (SGA), la cual se lleva a través de unos dispositivos portátiles, en el que el sistema indica a los operarios las operaciones que deben realizar y en que orden tienen que desempeñarlas, sin tener la necesidad de cuestionarse la operación, lo que evita el riesgo de errores. (Figura 21) Este método permite trabajar en tiempo real y de manera instantánea, sin necesidad de tener que utilizar papel ni cables.



Figura 21: Sistema Picking Radiofrecuencia (Mecalux, 2022)

Todos estos sistemas automatizados hacen que el proceso de preparación de pedidos sea cada vez más eficiente, ya que consigue minimizar el riesgo de error gracias a la utilización de señales luminosas y/o auditivas, que evitan la distracción de los trabajadores y facilitan la comprensión de la actividad que se va a efectuar. A pesar de que los sistemas automatizados tengan una inversión económica mayor en comparación con los sistemas manuales, a la larga esa eliminación de errores provoca que salga rentable y que cada vez más empresas quieran implantarlo en sus almacenes.

Estos sistemas de picking están controlados por un software denominado WMS (*Warehouse Management System*), también conocido como SGA (Software de Gestión de Almacenes), el cual es una herramienta encargada de llevar un seguimiento de la mercancía que se carga y se extrae en las estanterías, a la vez que coordina y controla todos los movimientos y procesos dentro del almacén.

Este software determina el número de referencias que hay en cada zona, gestiona las entradas en el almacén, lleva un control de la reposición diaria necesaria según la recepción y la extracción de las piezas, conoce la ubicación de la mercancía, controla el stock y gestiona las salidas de mercancía del almacén.

3.1.1.3. IMPORTANCIA DEL PACKING

Hay que considerar que no solo es importante el medio logístico interno que va a transportar la mercancía de un lugar a otro del almacén (*Kitting*), sino que también hay que considerar lo logística *inbound* y *outbound*, examinando el tipo de acondicionamiento en el que se va a recibir la materia prima y se va a expedir el producto terminado.

Para llevar a cabo una preparación de pedidos óptima es necesario tener en cuenta el **packing**, el embalaje el que se recibe la mercancía, considerando la cantidad de piezas que caben en cada unidad de acondicionamiento y como vienen las piezas posicionadas dentro del embalaje para que el operario pueda manipularlas con facilidad a la hora de extraerlas.

Las dimensiones y el tipo de embalaje utilizados deben considerarse en todo momento para diseñar el *Lay-out* del almacén. No es lo mismo que las piezas vayan en una unidad de acondicionamiento pequeña o que vaya en una unidad de manutención del tamaño de un pallet, ya que el tipo de estantería que se utilizará para almacenar una mercancía u otra será diferente. Si no se tienen en cuenta ambos criterios, podría tener un gran impacto ya que una vez recepcionada la mercancía no podría ubicarse en el lugar asignado, no se conseguiría optimizar las instalaciones y por lo tanto no se podrían consumir la mercancía, lo que provocaría un atraso en la producción.

3.1.2. KITTING

Podemos entender el *kitting* como la estrategia que adquiere la logística para agrupar de una forma estandarizada todas las piezas (o gran parte de ellas) de las que está formado un producto en un único contenedor o paquete denominado Kit. (Universal Logistics, 2021)

Se puede entender por Kit, el medio logístico interno que contiene las piezas de un producto final, cuya función es abastecer los puestos de las líneas de producción con una cantidad predeterminada de piezas para que los operarios realicen el ensamblaje, y no se genere ninguna interrupción en la línea de montaje.

Para entender bien el significado de *Kitting*, y la importancia del Kit es necesario conocer a que hace referencia el término *Kitter*. Este vocablo se refiere a la persona que se encarga de seleccionar las piezas y su herramienta de trabajo es el Kit y la zona donde desempeñan sus actividades es conocida como *Kitting*.

Uno de los motivos para llevar a cabo la implementación del *kitting* en una cadena de producción es la dificultad de poder tener todas las piezas y sus diferentes diversidades en el borde de línea, debido a la cantidad de espacio que ocuparía y a la imposibilidad de que los operarios lo manipulasen. Es por eso que el Kit debe ser conformado con anterioridad por los operarios del almacén, el cual se entrega a un único producto final específico.

El uso del kitting es una buena solución para la mejora de la eficiencia de los procesos, ya que permite mejorar las condiciones de trabajo y consigue llevar a cabo un sistema de producción más flexible, adaptándose a la gran diversidad de productos demandada por los clientes. Al igual que permite reducir el nivel de stock en los almacenes y llevar un control más exhaustivo. (Figura 22)



Figura 22: Infografía Proceso de Kitting (Universal Logistics, 2022)

Al existir variedades de productos, el Kit puede llevar piezas específicas del artículo final y piezas comunes con todos los productos fabricados. Una vez que el Kit está completo se entrega al lado de la línea de producción para que los operarios lo ensamblen al producto final.

El diseño del Kit debe cumplir con la estrategia de personalización que ofrece la empresa, diferenciando el producto final para cada uno de los clientes, ofreciendo un producto único para cada uno de ellos.

3.1.2.1. TIPOS DE KIT

Existen dos tipos de kits, los que están estacionados y los móviles. El primero se aprovisiona en un puesto fijo de la línea de producción y se mantiene allí hasta que se agota los componentes. El segundo es el que el kit va junto al producto fabricado en todo momento abasteciendo a varios puestos hasta agotarse. A su vez, existen dos tipos de kit móviles, un tipo en el que el producto ensamblado y el kit van siempre en el mismo embalaje, y un segundo tipo en el que el producto viaja por un lado y el kit va en paralelo pero separado.

Es importante entender bien la diferencia que existe entre el concepto de un **Kit normal** y un **Full-Kit**, el primero es un instrumento diseñado para alojar parte de las piezas necesarias y aprovisionarlas al puesto de montaje para una posterior fabricación, mientras que, en el segundo, el diseño alberga todas las piezas que se necesitan para la producción, por lo que el Kit, constituirá el producto en su totalidad.

Una vez entendido esta diferencia, hay que ser consciente de que a nivel de diseño de Kit, existen diferentes tipos, en función de su tamaño y de la cantidad de piezas que puedan alojar en su interior:

- Para el desarrollo de los **Kit-box** se suelen utilizar los embalajes estándar Odette- Galia, los cuales son fáciles de manipular por el operario si la actividad lo requiere. Suele utilizarse para piezas de pequeño tamaño y que van al mismo puesto de montaje. Este tipo de Kit puede encontrarse estacionado en el borde de línea o integrado dentro de un carro móvil de mayor tamaño. Su diseño se basa en dividir en compartimentos interiores para adaptar las piezas y que no haya ningún riesgo de calidad durante todo el trayecto. (Figura 23)



Figura 23: Diseño Kit-box Renault Montaje Valladolid

- Los Kit denominados **Carro**, son de mayor tamaño que los anteriores, albergan piezas de un tamaño superior y cuentan con ruedas para poder desplazarse internamente entre la fábrica de un puesto a otro. Este tipo de kit es de tipo móvil y suele ir colocados sobre un AGV (*Automated Guided Vehicle*) para que el movimiento esté automatizado y programado lo largo de la cadena de producción para abastecer a los distintos puestos. Su interior está distribuido en diferentes divisiones para ubicar las piezas, algunas pueden ir colgadas en las partes exteriores y otras pueden ir alojadas dentro de **Kit-box** que van en su interior. (Figura 23)



Figura 24: Diseño Kit Carro Renault Montaje Valladolid

Como explicación del término utilizado anteriormente, es necesario aclarar lo que se entiende por **AGV**. Es un sistema que facilita el transporte y movimiento de mercancía entre un punto del almacén y otro de una forma totalmente autónoma y programada, sin necesidad de la intervención humana para realizar su actividad.

A partir de este medio se consiguen automatizar y hacer más eficientes los procesos. A pesar de tener una gran inversión económica, a corto plazo supone una optimización tanto técnica como económica para la compañía, ya que no necesitará tanto personal que tenga que mover la mercancía de un lugar hacia otro, y el riesgo de cometer errores en la fase de aprovisionamiento disminuirá.

3.1.2.2. BENEFICIOS

Un buen sistema de *Kitting* presenta una serie de beneficios para la compañía que lo implante en sus instalaciones (Mecalux, 2022):

- Optimización de los flujos logísticos de entrega de los componentes, desde el almacén a la línea de producción final.
- Simplificación del desplazamiento y de la distancia recorrida entre los puestos de montaje. (Figura 25)
- Mejora de las condiciones de trabajo, trabajando siempre en condiciones ergonómicas en la *Stike Zone*.
- Reducción del tiempo de manipulación de los componentes, los operarios no necesitan emplear tiempo en la búsqueda de materiales.
- Mayor concentración en las operaciones de montaje, el operario no se distrae en la elección de la pieza.
- Aumenta la calidad de los productos, disminuyendo la aparición de errores, tanto para los operarios de la cadena como para los preparadores del KIT.
- Mejor adaptación al cambio de diversidad del producto (mayor flexibilidad)
- Aumento de la productividad, gracias a las mejoras en el almacén, y a preparar todos los componentes con anterioridad.
- Aprovechamiento del espacio, tanto en el almacén como la línea de producción, ya que se ahorran costes de inventarios y solo se cuentan con los elementos necesarios para producir.

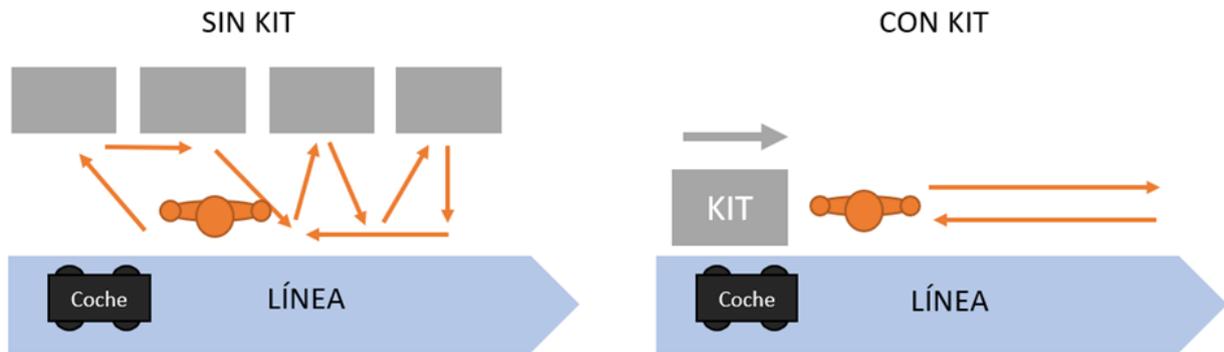


Figura 25: Esquemización de los recorridos de un operario con Kit vs. sin Kit

3.1.2.3. CONDICIONES TEÓRICAS DE DISEÑO KITTING

Una vez explicado y entendido bien cuál es la finalidad del desarrollo del KIT, la importancia que tiene esta operación y los beneficios que aporta a la línea de producción, es necesario conocer las condiciones teóricas para el diseño del kitting.

- El diseño debe ser sencillo y comprensible por todas las personas que vayan a utilizarlo.
- Todas las piezas deben estar visibles para el operario.
- Siempre debe existir la posibilidad de dejar algún hueco o posible modificación para alguna diversidad nueva.
- Las piezas deben estar bien sujetas para que no haya ningún riesgo de caída durante todo el proceso.
- Debe existir una estandarización en la colocación de las piezas, ayudándonos de la herramienta Poka-Yoke, para que el operario no cometa errores.
- La colocación de las piezas debe ser lógica en función del orden de los puestos de montaje, lo más rápido posible sin generar daños.
- El kit debe cumplir con unas normas de ergonomía, para que las piezas estén al alcance de la mano y pueda ser fácilmente manipulable por el operario en el borde de línea.
- Debe ser compatible y versátil con todas las diferentes diversidades de las piezas.

Una vez desarrollado la performance del Kit es necesario que este sea validado para ver si es compatible con la distribución de la cadena de producción. Para cumplir con esta acción existen dos herramientas Lean, denominadas *Kaleidoscopio* y *Ninja-Eye*, utilizadas frecuentemente en Groupe Renault.

Aparte de que la herramienta del *Ninja-Eye* es más reciente que la del *Kaleidoscopio*, la primera analiza únicamente el diseño del Kit desde el punto de vista del *Kitter*, y como interactúan con las piezas en el momento del llenado del Kit para posteriormente aprovisionarlo a la línea de Montaje, mientras que la segunda herramienta tiene en cuenta tanto el punto de vista del *Kitter*, como el del operario a la hora de extraer las piezas del Kit, en el puesto de ensamblaje, lo que convierte a esta mucho más interesante para realizar la validación, ya que tiene más puntos en cuenta.

3.2. ERGONOMÍA Y DIMENSIONADO

Una vez claros los conceptos de *Picking* y *Kitting*, es necesario hacer el estudio de las condiciones de trabajo que debe cumplir el diseño de nuestro Kit para que el entorno de trabajo de las personas que lo vayan a utilizar sea ergonómico.

Este factor es fundamental para el desarrollo del diseño del Kit, ya que como va a ser propio operario quien va a manipularlo, es importante que se sienta cómodo en todo momento durante la ejecución de la actividad. Hay que tener en cuenta que una fabricación de vehículos suele comprender unos turnos de producción de 8 horas. Es por eso por lo que su tamaño debe ajustarse a unas medidas estandarizadas para que el operario pueda manipularlo con facilidad, no cause ninguna lesión al trabajador y la zona de manipulación se encuentre dentro de la ventana ergonómica.

Como se puede observar en la Figura 26, las zonas de la ventana ergonómica se dividen en dos, una zona recomendada marcada de color verde y otra zona de trabajo dificultosa, marcada de color beige. En función del peso del paquete que tiene que manipular el operario, la zona de la ventana ergonómica es de mayor o menor tamaño, ya que cuanto más ligero sea el Kit, más fácil y cómodo será para la persona que lo maneje.

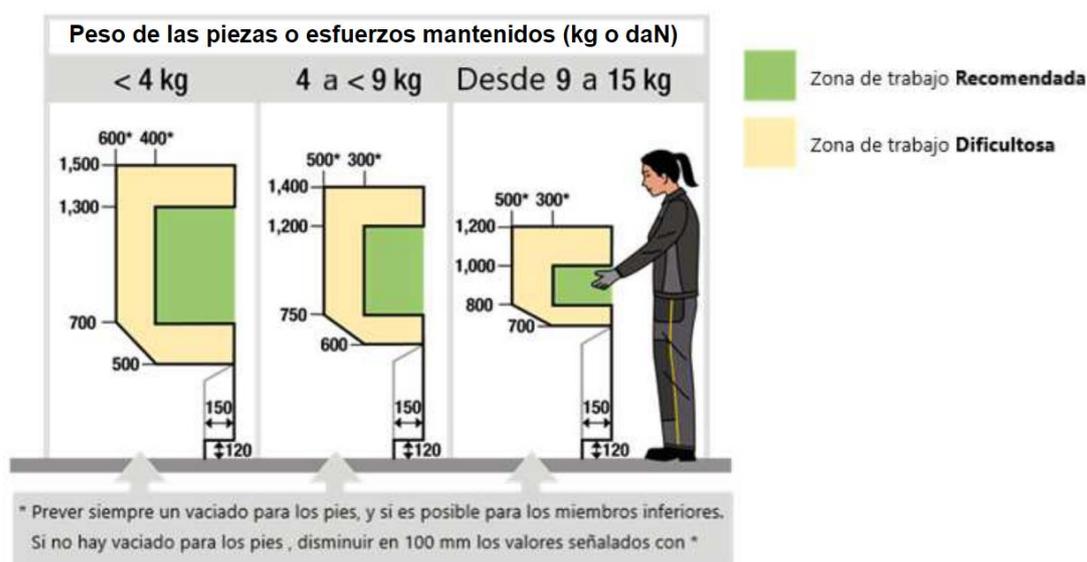


Figura 26: Dimensiones recomendadas ventana ergonómica (HSEE Division, 2020)

El peso máximo para una caja cuya dimensión de longitud sea menor de 1000 mm son de 15 kg, en el caso de que el diseño del kit-box desarrollado superase esa medida (hasta 1200 mm), el límite de peso para el kit sería de 10 kg

Otro factor a tener en cuenta es la frecuencia con la que el operario va a extraer y colocar la pieza, ya que, si es mayor de 100 veces/hora, es obligatorio que las piezas se coloquen en todo momento dentro del área recomendada.

Como se puede observar en la Figura 27, no solo es importante considerar la altura a la que se coloca el *kit-box* que se va a manipular, sino también la altura a la que se encuentra las manos del operario a la hora de manejar las piezas, y cuál es la zona recomendada en función del esfuerzo que realiza al realizar sus actividades.



Figura 27: Dimensiones posición operario en la ventana ergonómica (HSEE Division, 2020)

Además de la posición en la que se encuentran las manos en altura respecto a la ventana ergonómica, también es importante, contemplar la posición de las manos desde una vista en planta, para contemplar cuáles son las medidas máximas a las que el trabajador puede manipular las piezas ergonómicamente. Estas medidas quedan recogidas en el plano cenital de la Figura 27, donde como en las demás figuras, la zona verde marca la zona recomendada para manipular las piezas y la zona beige la zona de trabajo dificultosa



Figura 28: Dimensiones posición del operario en la ventana ergonómica en planta (HSEE Division, 2020)

Dejando a un lado el peso y las medidas a las que puede manejar el operario el kit, hay que tener en cuenta que este también debe cumplir con unas características específicas para facilitar el manejo de la caja. Una de estas es el diseño del asa que tienen los embalajes para que el operario pueda manejarlo manualmente con facilidad, las asas deben ser de forma semi ovalada, y su superficie debe ser lisa y adherente, sin tener forma para los dedos, ya que esto lo hace adaptable a diferentes tipos de manos.

En cuanto a las dimensiones de estas asas (Figura 28), para la profundidad (Y) debe ser mayor o igual a 20 mm, la altura (Z) debe ser mayor o igual a 40 mm y la longitud (L) debe ser mayor o igual a 110.

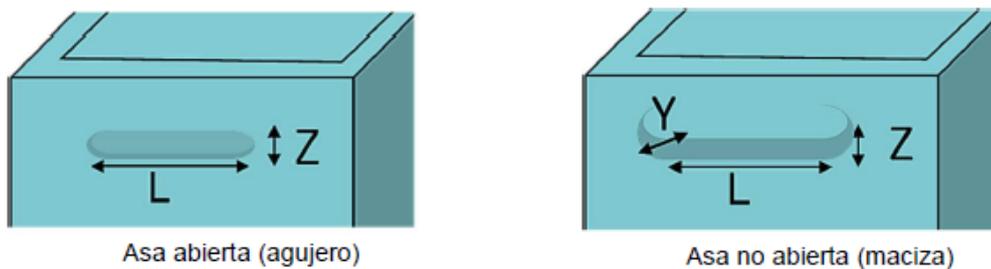


Figura 29: Especificaciones medidas diseño asas (HSEE Division, 2020)

3.3. ESTADO DE LA TÉCNICA. VERSIONES PREVIAS.

Para la realización de un buen diseño de Kit, es necesario hacer un análisis de las versiones previas fabricadas por otros alumnos durante las clases impartidas por la Escuela Lean, los cuales sirven como modelo de estudio de las necesidades de los participantes, analizar cuál ha sido su visión en el momento de desarrollarlo, estudiar porqué han considerado esa colocación de las piezas y sobre todo ver cuáles son puntos se pueden mejorar en esas propuestas.

Ambas propuestas son dos diseños *kit-box*, en el cual todas las piezas están colocadas dentro de una caja que cumple con las dimensiones necesarias para facilitar la manipulación del operario. Analizando la línea de producción de montaje, los puestos de los operarios y las condiciones del diseño, se decide desarrollar un *kit-box* para el propósito de este trabajo.

En el primer diseño analizado (Figura 30 y 31), se puede observar como el Kit está dividido en secciones por tamaños en función de las piezas que se van a acoplar en cada hueco. Empezando por la izquierda se encuentran cuatro departamentos grandes para ubicar las puertas delanteras, las puertas medias, las puertas traseras con el parachoques trasero, y el asiento delantero.



Figura 30: Diseño 1 de KIT

PUERTAS DELANTERAS	PUERTAS MEDIAS (Traseras PICK-UP)	PUERTAS TRASERAS PARACHOQUES TRASERO	PERFIL TCHO IZDO TECHO PICK-UP	CAPO/ MALETERO TECHO MV	PERFIL TCHO DCHO
		ASIENTO DELANTERO	T.E	7 FAROS (2AR + 2AV + 3PDB) 3 ARANDELAS 2 ASILANTES	ASIENTOS TRASEROS

Figura 31: Distribución partes del KIT del Diseño 1

En la parte derecha hay dos grandes compartimentos, uno para el techo, el capó, el maletero y el perfil derecho, y otro para los asientos traseros, además encontramos con un hueco pequeño para el techo del pick-up y el perfil de techo izquierdo y otro para el tubo de escape. Por último, hay un recipiente especial para la buena colocación de los faros del parachoques, los del salpicadero, el aislante y las arandelas.

Uno de los puntos fuertes de esta versión, es el orden que presenta la colocación de las piezas dentro del Kit, separando tanto los asientos delanteros de los traseros, como los perfiles de techo derecho e izquierdo, para evitar confusiones entre ellos a la hora de la extracción del operario. Otro punto

interesante es que ha adaptado una zona especial más elevada para la colocación de las piezas de menor tamaño (arandelas, aislantes y faros)

Entre sus puntos más críticos, y debido a la propuesta de *Lay-out* para el diseño del Kit de este TFM (solución nº 3 explicada en el apartado 2.6 del capítulo 2), destaca la agrupación de las puertas de ambas manos, lo que puede ocasionar un error por parte del operario. Esto se puede entender siempre y cuando la producción esté organizada de una forma en la que ambas piezas tengan que extraerse en el mismo puesto de montaje, aun así, esto puede crear confusión al operario a la hora de ensamblarlas, ya que puede confundir que pieza es la derecha y cuál es la izquierda, provocando esto un lead time mayor en el proceso.

En el segundo diseño de KIT analizado (Figura 32 y 33), la distribución de las piezas es totalmente diferente. La parte de la izquierda está compuesta de cuatro huecos, uno para el maletero, otro para el capó, otro para el techo monovolumen y otro para el techo de Pick-Up. Además, hay una parte acondicionada para el parachoques trasero, los faros delanteros, los aislantes, las arandelas, los faros del parachoques y los faros del salpicadero. Esta zona está más elevada, lo que permite una fácil extracción de las piezas.



Figura 32: Diseño 2 de Kit

	MALETERO	ASIENTO DELANTERO	PERFIL TECHO DCHO + IZDO
	CAPÓ	PUERTA MEDIA Y TRASERA IZDA	
TECHO P-U	TECHO MV	PUERTA DELANTERA IZDA	ASIENTOS TRASEROS
FAROS 2 AV 2AR	PARACHOQUES TRASERO	PUERTA MEDIA Y TRASERA DCHA	
T.E	ASILANTES x2 x1 ARANDELAS	PUERTA DELANTERA IZDA	
	FAROS PDB x3		

Figura 33: Distribución partes del KIT del Diseño 1

La parte izquierda está compuesta por grandes compartimentos donde se alojan, las puertas delanteras, las puertas medias, las puertas traseras, los perfiles de techo y los asientos tanto delanteros como traseros.

En esta versión existen visiblemente puntos más fuertes que en la primera, ya que como se puede observar, las puertas de ambas manos, derechas e izquierdas están separadas para evitar la confusión del operario a la hora de extraerlas.

Un punto crítico que puede resultar confuso es que los perfiles de techo conviven en el mismo compartimento, ya que, aunque geoméricamente sean iguales, si se montan en distinto puesto, si el operario del primer puesto extrae las dos piezas a la vez, puede causar errores en su montaje, por lo que hay una necesidad a mayores de definir bien la FOS (Ficha de Operación Estándar)

Aun así, uno de los factores más interesantes de este diseño, es la zona desarrollada para el emplazamiento del parachoques trasero, las piezas de menor tamaño (aislantes, arandelas y faros), y el vacío para colocar el tubo de escape. Al encontrarse más elevada que el resto de los compartimentos, facilita la manipulación de las piezas, evitando que la mano del operario colisione con el resto de los componentes. Esto permite alcanzar un ahorro del tiempo operacional de las actividades y conseguir unas condiciones de trabajo más ergonómicas. Esta parte servirá de modelo para el Kit desarrollado en este proyecto.

A pesar de tratarse de opciones desarrolladas manualmente por los alumnos, ambas cumplen con el objetivo principal del Kit, que es aprovisionar las piezas a los operarios para que puedan efectuar las actividades de montaje. El diseño desarrollado en este TFM será más profesional, ya que contará con todas las especificaciones técnicas necesarias y simulará una producción en serie por un proveedor. Permitiendo la posibilidad de que pueda desarrollarse en un futuro próximo.

3.4. REQUISITOS DEL DISEÑO FINAL DEL KIT

Una vez analizadas de las condiciones de trabajo que debe cumplir el diseño, y examinadas las dos propuestas de Kit elaboradas en la Escuela Lean, definiendo cuáles son los puntos que se quieren reproducir de las dos propuestas previas y cuáles son aquellos que no se quieren considerar ya que pueden resultar confusos para el operario a la hora de la manipulación se fijan los requisitos necesarios de diseño.

Además de los requisitos teóricos generales explicados en el punto 3.1.2.2 para el diseño del Kit, este debe cumplir con unos puntos fundamentales para su utilización: el tipo de kit elegido debe ser un *Kit-box*, tiene que ser fácil de manipular, ergonómico y su diseño debe ser comprensible para todas las personas que lo fuesen a utilizar, consiguiendo cero defectos en el llenado del KIT.

Uno de los requerimientos fundamentales para diseñar el KIT es comprender bien la línea de montaje por la que se va a utilizar el producto, qué puestos son los afectados y qué piezas va a llevar en su interior para aprovisionar a la línea de producción. Como se ha explicado en el punto 2.6 de Capítulo 2, para el diseño del KIT a desarrollar en este TFM la distribución de las operaciones que se ha elegido ha sido la solución nº3. Aunque no habría problema de seleccionar cualquier otra distribución de la

línea de producción, ya que el Kit a desarrollar cumple con unos requisitos de estandarización y se podría adaptar a cualquiera de ellas.

Como se puede observar en la Figura 34, la línea de montaje está dividida en 4 puestos, sobre los que pasa el coche (emulando una línea de montaje), a la vez que el operario de cada puesto efecto se aprovisiona de las piezas del Kit y realiza las actividades de ensamblaje para conformar el producto.



Figura 34: Esquema gráfico línea de Montaje

A continuación, se van a explicar detenidamente todas las actividades que se realizan en cada uno de los puestos de trabajo de la línea de producción. La línea de montaje seleccionada reparte las operaciones entre los cinco puestos en función del modelo a fabricar (Monovolumen / Pick Up) de la siguiente forma:

MONOVOLUMEN

En **puesto nº1** se montan las piezas que no van en el KIT, que son suministradas mediante stocks de proximidad, y que por lo tanto no tienen diversidad, las cuales son el suelo, el perfil del suelo derecho, perfil del suelo izquierdo y el salpicadero. En este puesto también se encuentran las ruedas, las cuales pueden ser de tipo todoterreno o normales y son suministradas a través de estanterías, en función del pedido del cliente. Los tornillos, las tuercas y remaches de plástico no van el Kit, estarán siempre en el stock de proximidad de cada puesto de producción. (Figura 35)



Figura 35: Piezas utilizadas en el puesto nº1

Una vez montadas las piezas nombradas anteriormente, se suministra el KIT al **puesto n°1**, el cual lleva el parachoques delantero y la matrícula, estas piezas son posteriormente retiradas del KIT para su posterior ensamble. La matrícula funciona a su vez como etiqueta KANBAN indicando en todo momento de la producción el número del vehículo, el modelo, el tipo de ruedas y el color del coche que se va a producir, sin necesidad de tener una tarjeta extra que lo indique.

Las siglas de la matrícula vienen asociadas a las características explicadas en el punto 2.6 (Tabla 6)

MODELO	M: Monovolumen	P: Pick-Up
TIPO DE RUEDA	T: Todoterreno	N: Normal
COLOR	O: Oscuro (Verde)	C: Claro (Azul)

Tabla 6: Iniciales Matricula

A partir del **puesto n°2** todas las piezas que se montan en cada puesto vienen dentro del KIT. En este puesto se montan los asientos delanteros y traseros, el tubo de escape y los sistemas de fijación de este, los cuales son las arandelas y los aislantes. (Figura 36)



Figura 36: Piezas utilizadas en el puesto n°2 Monovolumen

En el **puesto n°3** se monta todo el lateral izquierdo del vehículo, puerta delantera, puerta del medio, puerta trasera y el perfil de techo izquierdo. (Figura 37)

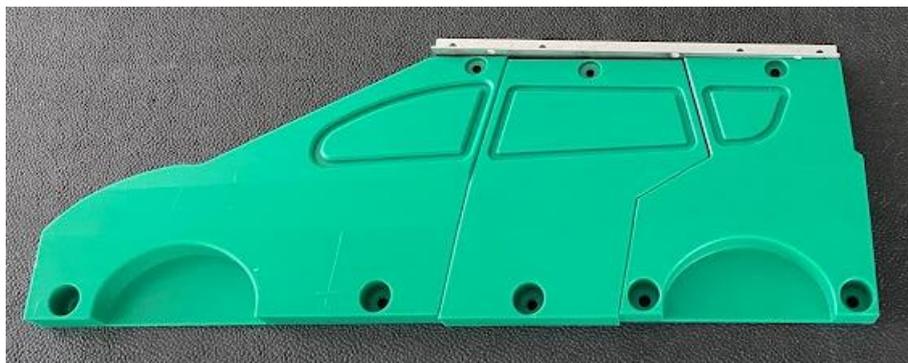


Figura 37: Piezas utilizadas en el puesto n°3 Monovolumen

El **puesto nº4** monta las mismas piezas que el nº 3, pero del lateral derecho, puerta delantera, puerta del medio, puerta trasera y perfil de techo derecho. (Figura 38)

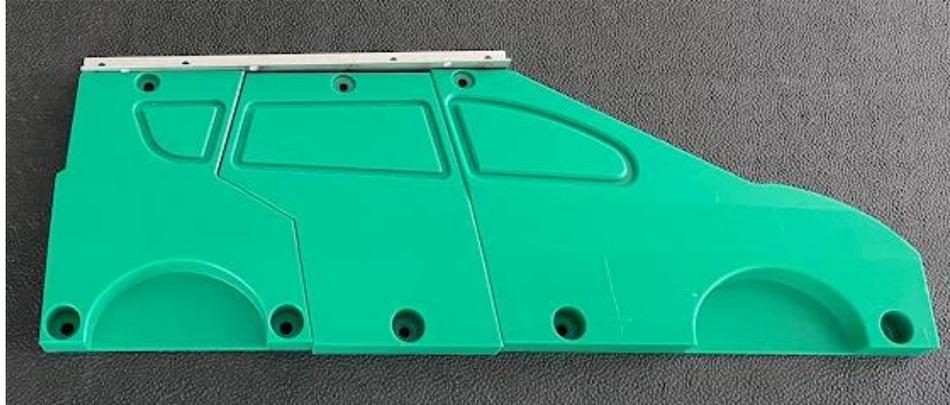


Figura 38: Piezas utilizadas en el puesto nº4 Monovolumen

En el **puesto nº 5** se montan las piezas para completar el coche, que son: el capó, el techo, el maletero y el parachoques trasero. (Figura 39)



Figura 39: Piezas utilizadas en el puesto nº5 Monovolumen

PICK UP

A continuación, se explican los puestos 2, 3, 4 y 5 del sistema de producción del Modelo Pick-Up, el puesto nº1 es exactamente igual.

El **puesto nº2** se monta el tubo de escape, las arandelas, los aislantes y el asiento delantero, ya que este modelo no cuenta con asientos traseros. (Figura 40)



Figura 40: Piezas utilizadas en el puesto n°2 Pick-Up

En el **puesto n°3** se monta todo el lateral izquierdo del vehículo, puerta delantera, puerta trasera y el perfil de techo izquierdo. (Figura 41)



Figura 41: Piezas utilizadas en el puesto n°3 Pick-Up

El **puesto n°4** monta las mismas piezas que el n° 3, pero del lateral derecho, puerta delantera, puerta trasera y perfil de techo derecho. (Figura 42)



Figura 42: Piezas utilizadas en puesto n°4. Pick-Up

En el **puesto nº 5** se montan las piezas para completar el coche, en este modelo son únicamente el techo y el parachoques trasero. (Figura 43)



Figura 43: Piezas utilizadas en el Puesto nº5 Pick-Up

CAPÍTULO 4

PROCESO DE DISEÑO

4. PROCESO DE DISEÑO

A modo de introducción para explicar el proceso de diseño desarrollado en este proyecto se recoge en la Figura 44 un diagrama de flujo con todos los pasos llevados a cabo desde la idea inicial hasta su concepción final y posible lanzamiento a fabricar.

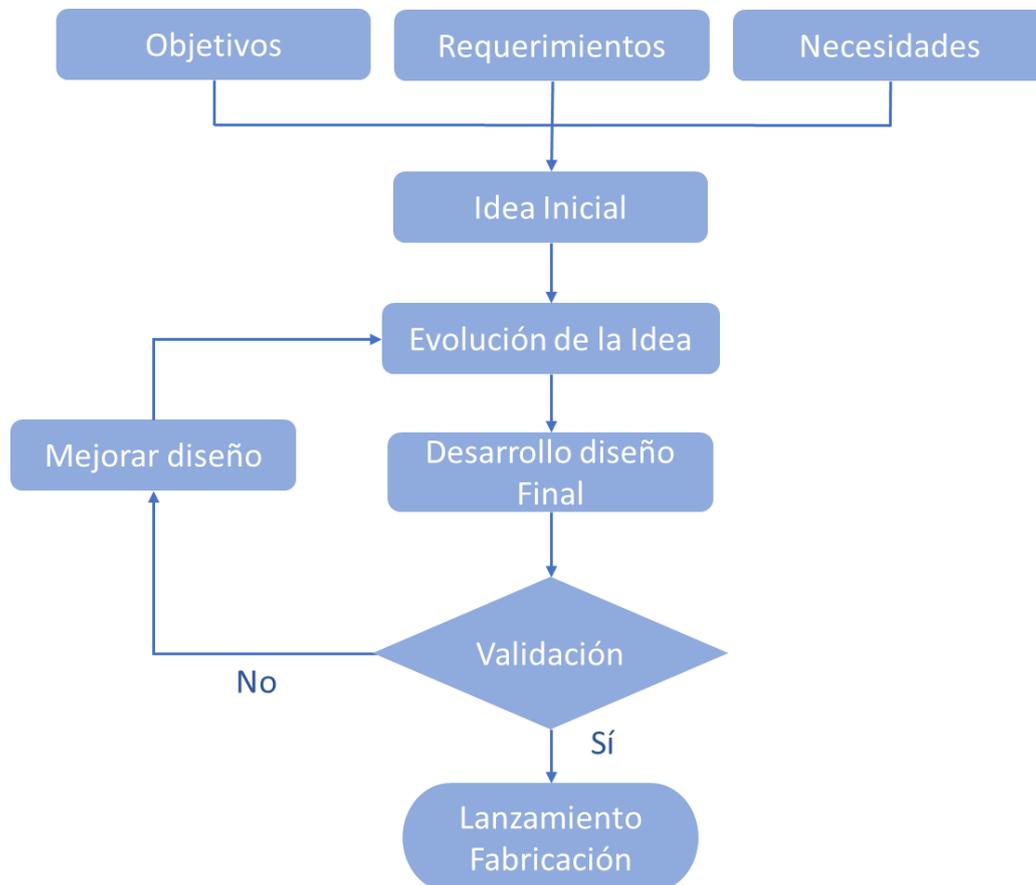


Figura 44: Diagrama de Flujo Proceso de diseño

4.1. EVOLUCIÓN DEL DISEÑO

Una vez claro cuáles y cuántas son las piezas que se van a integrar en el KIT, cómo la secuencia de las operaciones de la línea de montaje y conocer los requisitos fundamentales del diseño final, analizados en el apartado 3.4, se puede dar comienzo a la fase de desarrollo del KIT. En primer lugar, se elaboran diferentes propuestas hasta llegar a la idea final, intentando evitar los puntos débiles de los diseños analizados en el estado de la técnica.

Desde un primer momento se considera que el parachoques delantero se aprovisiona con la matrícula en el KIT, ya sea ensamblada en él o no, con la finalidad de que este componente permanezca en todo momento en el Kit y funcione como etiqueta Kanban. Indicando cuál es el número de orden de pedido del coche y las características del modelo que se va a producir. Es por eso por lo que estas piezas

deben estar de las primeras en el KIT, cercana al operario para evitar encontrarse con el resto de las piezas y cuya extracción sea rápida y cómoda.

En las primeras ideas de diseño de Kit, se considera que los asientos traseros y delantero deben ir en el mismo compartimento, para instaurar un orden lógico dentro del KIT. (Figura 45 y 46) Al igual que se establece que las puertas de ambas manos vayan en el mismo compartimento, igual que primer diseño analizado en el estudio de mercado. Sin embargo, tal y como está diseñada la línea de producción y la secuencia de piezas utilizadas, el puesto nº3 y nº4 ensamblan las piezas de un único lateral, por lo que se llega a la conclusión de que esto no es posible.

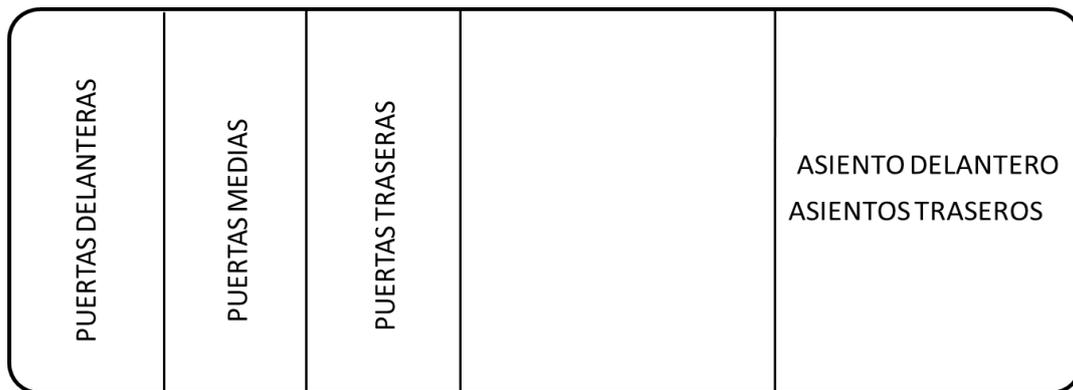


Figura 45: Esquemática distribución de la evolución del Kit.

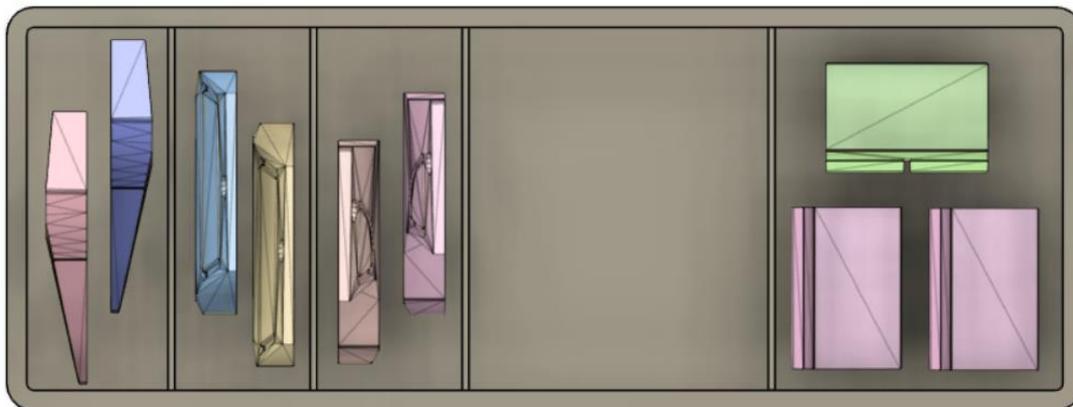


Figura 46: Representación de la evolución del Kit.

Tras este análisis, se establece que los asientos delanteros y traseros deben ir separados en dos compartimentos diferentes, ya que esto podía provocar que el operario confunda las piezas a la hora de ensamblarlas, debido a su parecido geométrico. Sucede lo mismo con las puertas del lado derecho del izquierdo, en las que cada lateral debe tener su hueco, ya que esto puede provocar pérdidas de tiempo operacionales, cuando el operario se dé cuenta de que ha extraído la pieza incorrecta y tenga que devolverla al KIT y extraer otra.

Se decide desarrollar un compartimento para las puertas del lateral derecho y el perfil de techo derecho y otro compartimento separado para las puertas del lateral izquierdo junto al perfil de techo izquierdo.

4.2. IDEA FINAL

Tras el análisis de la evolución de la idea del diseño del KIT, analizados los puntos a mejorar, y una vez que aceptada y fijada la idea del Kit, se pasa a la fase final de diseño.

Para este diseño final del KIT se ha hecho uso de alguna las herramientas Lean explicadas en el punto 1.5, del Capítulo Lean Manufacturing. Se puede afirmar que la técnica *Poka-Yoke* es muy utilizada siempre que se quiere definir un nuevo diseño. Su uso ha sido muy útil para el diseño de los compartimentos de las piezas, ya que, gracias a sus dimensiones, es difícil colocar una pieza en algún sitio que no sea el suyo.

Otra herramienta Lean utilizada es la de *Kanban*, ya que ha sido necesario marcar en el KIT con pegatinas *Dymo* (Rotuladora de etiquetas adhesivas) que indican el nombre de las piezas que lleva cada compartimento, facilitando así al operario encontrar donde se encuentran ubicadas las piezas y eliminando la probabilidad de que cometa errores. (Figura 47)

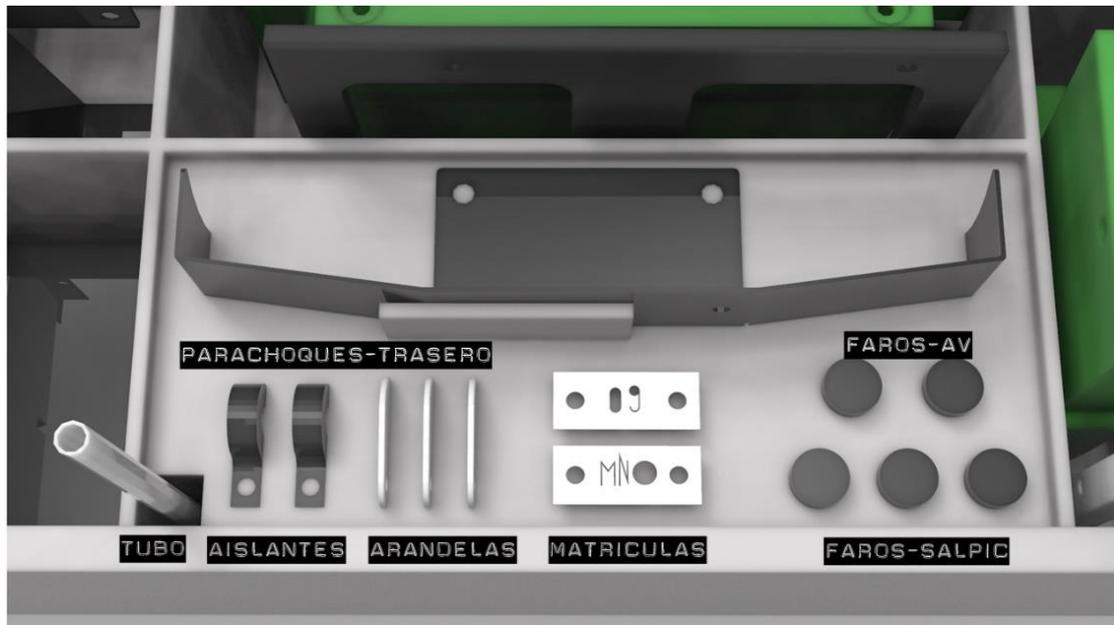


Figura 47: Representación digital del diseño del kit con etiquetas Dymo

Gracias a ellas es imposible que el *Kitter* que se encarga de aprovisionar las piezas en el KIT pueda introducir una pieza en algún emplazamiento que no sea el asignado. Impidiendo a su vez que el operario de la línea de producción extraiga del KIT alguna pieza que no sea la necesaria.

Con la aplicación de estas dos herramientas Lean, se consigue aplicar otra más denominada *Jidoka*, la cual hace que el proceso tenga su propio control de calidad, y sea el mismo operario de la línea de montaje el que se dé cuenta si está desarrollando bien la actividad o no. Consiguiendo con esto eliminar de la línea de producción una operación extra final de control de calidad. Aplicando la teoría de los Cero Defectos en todos los coches que se van a fabricar y obteniendo así el 100% de producto final bueno.

El diseño final está formado por siete compartimentos, claramente diferenciados para evitar la confusión del operario a la hora de extraer las piezas. Como se ha explicado en la evolución de la idea del diseño, existen dos compartimentos diferenciados para las piezas del lado derecho las piezas del lado izquierdo (puerta delantera, media y trasera y perfil de techo). Para facilitar la extracción de las piezas y el posterior montaje del operario en su puesto de trabajo, se colocan las piezas del lateral izquierdo, en la parte izquierda del Kit, y las piezas del lateral derecho en la parte derecha del KIT. También existen dos divisiones diferentes para los asientos traseros y el asiento trasero y evitar la confusión del operario y posibles defectos en el montaje. (Figuras 48 y 49)

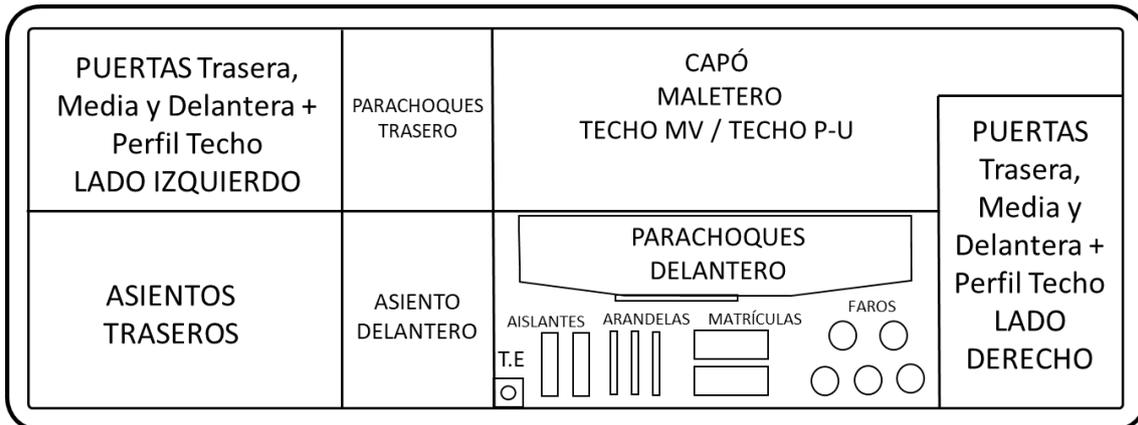


Figura 48: Esquemización de la distribución de las piezas en el interior de Kit



Figura 49: Representación digital del diseño del Kit, vista en planta

A continuación, se decide desarrollar dos compartimentos para introducir las piezas que se montan en el puesto nº5, una división grande para el capó, maletero y techo y otra de menor tamaño para el parachoques trasero. Se decide que esto vaya separado para evitar posibles errores de confundir con parachoques delantero. A su vez, se desarrolla una pequeña pletina para que cuando el Kit se utilice en la producción de Pick-Up el techo de este quede perfectamente acoplado y el operario pueda extraer la pieza sin dificultad, este diseño es completamente compatible con el techo monovolumen. (Figura 50)



Figura 50: Detalle de la pletina para acoplar el techo Pick-Up

A continuación, en la Figura 52, se aprecia el detalle desarrollado para que el perfil de techo del Pick-Up, el cual es de menor tamaño que el del monovolumen, quede más elevado y el operario pueda extraerlo con facilidad. En este compartimento del Kit hay suficiente espacio para que cuando se produzca el modelo monovolumen el perfil vaya colocado de pie.

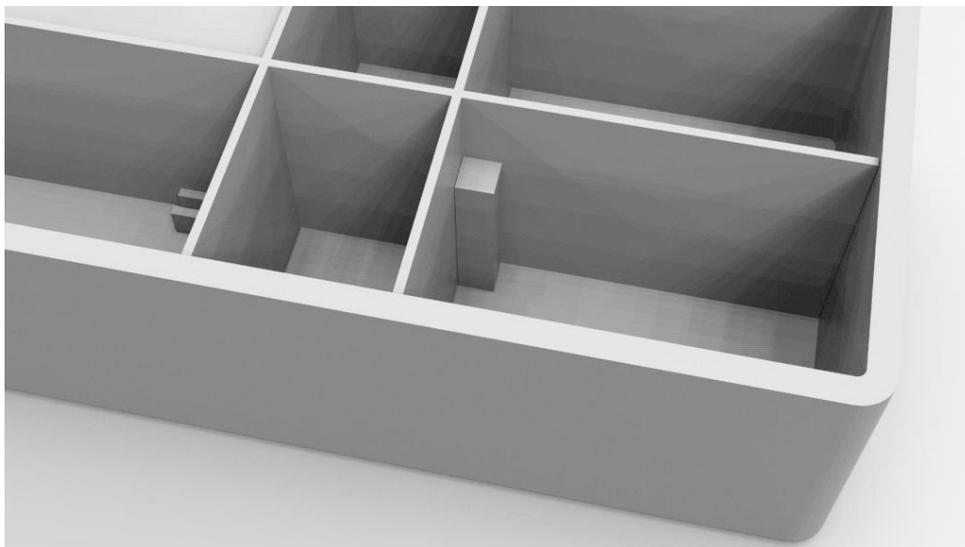


Figura 51: Detalle para acoplar el perfil de techo Pick-Up

Finalmente, como se ha podido observar en la imagen con las etiquetas *Dymo* (Figura 46) se ha diseñado una superficie donde va colocado el parachoques delantero, las matrículas, el tubo de escape, las arandelas, los aislantes y los faros, tanto del salpicadero como del parachoques. Esta zona se encuentra más elevada para facilitar la extracción manual del operario de las piezas de menor tamaño, y para poder identificar con la mirada la matrícula del coche y el tipo de coche que se está fabricado. (Figura 52 y 53)



Figura 52: Representación digital del diseño del Kit

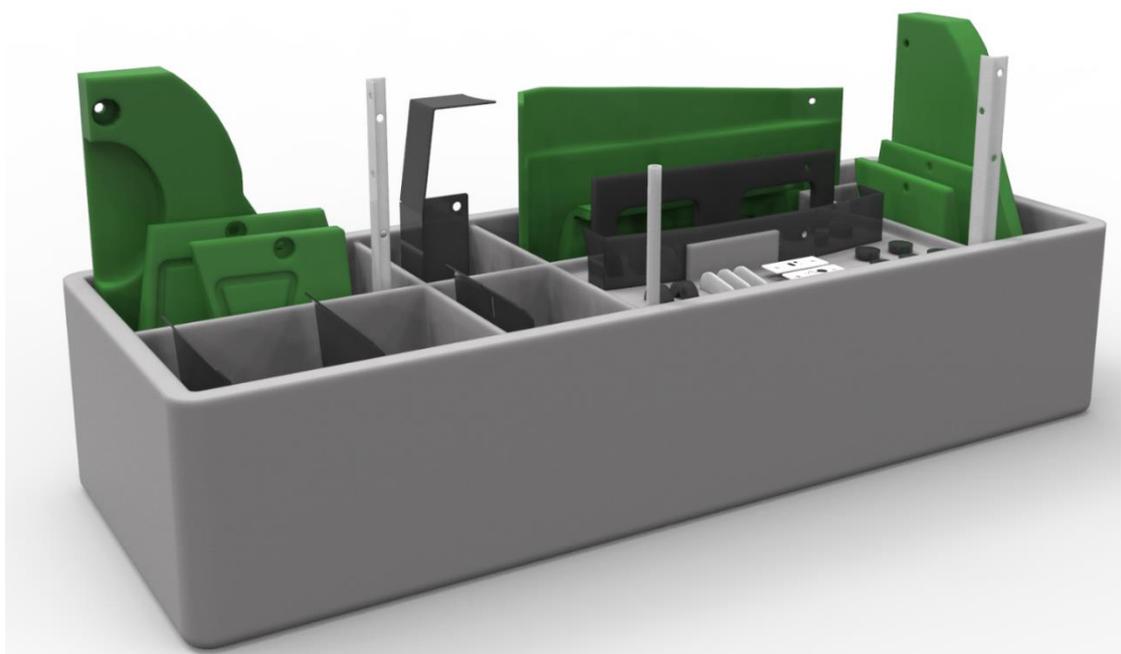


Figura 53: Representación digital del diseño del Kit. vista alzado

4.3. DETALLES TÉCNICOS

Gracias al análisis previo hecho de las diferentes propuestas que habían desarrollado alguno de los alumnos de la Escuela Lean, se observó que todas ellas siempre utilizan dos cajas de medidas 400 x 300 x 170 mm, por lo que para el desarrollo del KIT de este TFM se ha decidido utilizar un embalaje de medidas 800 x 300 x 170 mm, cuyas medidas internas (útiles) son de 752 x 252 x 158 mm.

En las Figuras 54 y 55 se la geometría del Kit sin piezas y su disposición interior.

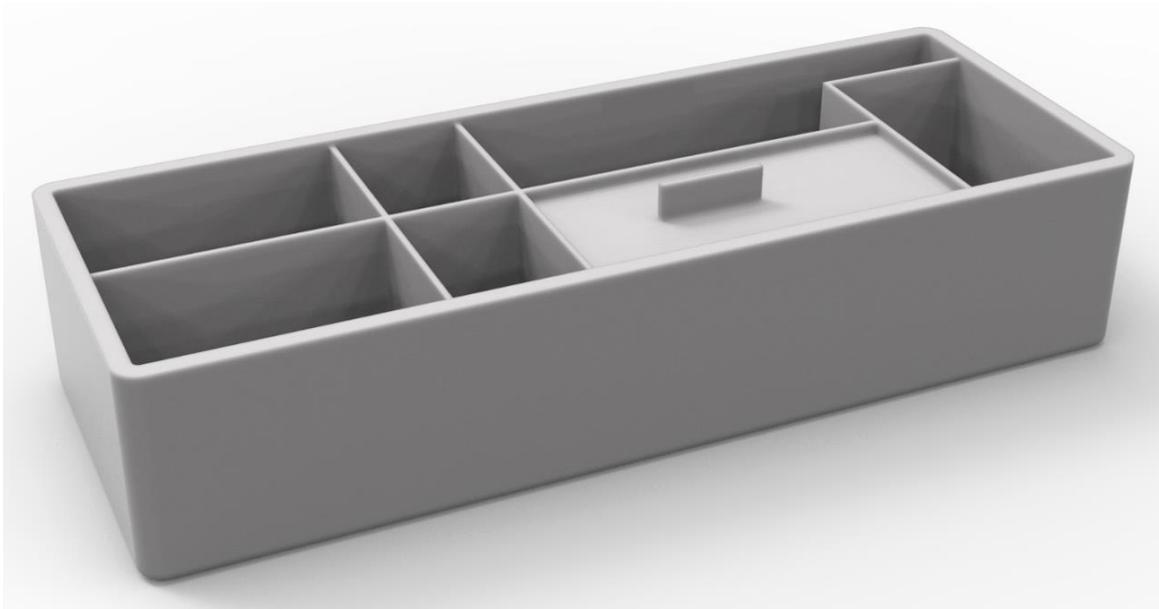


Figura 54: Representación digital del diseño del Kit. Vista en alzado



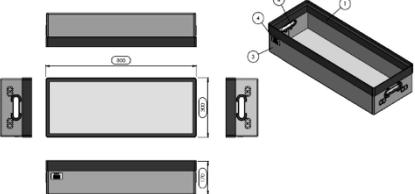
Figura 55: Representación digital del diseño del Kit. Vista en Planta

Esta propuesta cumple con las dimensiones técnicas del pallet europeo estándar (1200 x 800 mm), dando la posibilidad de colocar 4 embalajes por cada capa, optimizando así su transporte en el caso de hacer un pedido. En las instalaciones de la Escuela Lean para optimizar el espacio de almacenamiento se utilizan medios pallets con medidas de (800x600mm) por lo que podríamos colocar dos embalajes por capa. Esta solución de embalaje sería compatible con ambas medidas.

El embalaje decidió es de Polipropileno (PP), tiene un volumen de 42 litros y es resistente a grandes cambios de temperatura (entre -20°C y 50°C) y cuya tara es de 2,25 Kg y tiene una carga estática máxima de 20 Kg, la cual no llegará a alcanzarse debido a que las cotas ergonómicas no permiten un llenado superior a 15 Kg.

En el caso de querer desarrollar este Kit industrialmente existen multitud de proveedores capacitivos para poder fabricar tanto el embalaje de plástico como las divisiones de los compartimentos interiores, que separan unas piezas de otras, al igual que también es posible de hacer los troquelados para encajar las piezas de menor tamaño (tubo de escape, aislantes, arandelas, matrículas y faros)

Entre estos proveedores se encuentran *Ecopal, Conteyor, Knauf Industries, Logistics Packaging, Gilbert Curry, Logimarkt, Gamma Wopla* los cuales únicamente necesitan las especificaciones técnicas del diseño y la cantidad de Kits necesarios para poder lanzar la oferta técnica y económica. (Tabla 7)

Proveedor	Material	Oferta económica	FOTO
Ecopal	Akylux	75,00 €	
Conteyor	PP	110,45 €	
	Akylux	44,30 €	
Knauf Industries	EPP	81,50 €	
Logistics Packaging	PP (800x400x170mm)	29,80 €	

Gilbert Curry	PP	58,22 €	
Logimarkt	PP	50,69 €	
	Akylux	45,00 €	
Gamma Wopla	PP	200,00 €	

Tabla 7: Propuestas técnicas y económicas proveedores

El proveedor elegido para lanzar un encargo y poder desarrollar el diseño del Kit ha sido *Logimarkt*, al cual se le ha solicitado un pedido de 20 embalajes para el desarrollo de los Kit durante la producción de la Escuela Lean. Se ha seleccionado este proveedor, ya que a nivel técnico cumplía con todos los requisitos acordados y especificados en este apartado, además de contar con un precio competente en relación con el resto de los proveedores.

En el Anexo 1, se puede examinar el Plano 2D del diseño del Kit con todas las medidas necesarias si se quisiese consultar técnicamente o fabricar industrialmente.

4.4. VALIDACION DEL KIT- NINJA EYE

Una vez definido totalmente el KIT, es necesario hacer una validación del diseño para ver si funciona correctamente en el flujo de producción total. Para ello se va a utilizar la herramienta del *Ninja Eye*, ya que además de estar más actualizada que la herramienta del *Kaleidoscopio*, es más completa, teniendo en cuenta el punto de vista del Kitter a la hora de aprovisionar las piezas y conformar el Kit, sino que también tiene en cuenta el comportamiento del operario a la hora de extraer las piezas previo a la operación de montaje. Estas dos Herramientas han sido desarrollados por Renault para la validación del Kit performance.

Con esta metodología se analizan especialmente si cumple con los requisitos ergonómicos y funcionales de los dos puestos de trabajo implicados. Por un lado, el *Kitter*, el cual es el encargado de

aprovisionar las piezas de las estanterías y el stock de proximidad para conformar el kit en su totalidad. Por otro lado, el operario de la línea montaje para ver si puede extraer y manipular las piezas de forma correcta y asegurar su posterior ensamble en el puesto de montaje.

Esta herramienta utilizada consiste una tabla en la que se deben incluir todas las piezas integradas en el Kit en las columnas del fichero, para posteriormente analizar cómo se comportan en los diferentes puestos de montaje y su relación con las condiciones trabajo de las personas afectadas.

Este útil está compuesta por dos partes, una parte dedicada a analizar la fase de aprovisionamiento de la pieza, y otra parte para la fase de montaje de la piezas en la línea. Estas dos partes están compuestas por unos principios básicos de análisis agrupados en función de las distintas operaciones que tiene que hacer el kitter o el operario con las piezas en su entorno de trabajo.

El sistema de evaluación para valorar si esa pieza cumple o no el criterio establecido, se cuantifica con un "0" cuando lo cumple y un "1" cuando no lo hace, en el caso de que sea "0" la casilla se puede dejar en blanco. Más tarde, una vez cumplimentados los datos, se calcula automáticamente un porcentaje de realización de cada criterio, para ver qué cumple cada pieza del Kit en cada criterio. Posteriormente, se hace un promedio de los dos grandes bloques, aprovisionamiento y montaje, para ver cuánto cumple en cada bloque. Finalmente se hace la media de los dos, para obtener un porcentaje total de aceptación del diseño del Kit.

A continuación se explican los criterios de evaluación de cada una de las partes:

La parte de aprovisionamiento se divide a su vez en 3 principios, la capacidad del trabajador de elegir o no la pieza, la necesidad de tener o no que desplazarse y si puede extraer la pieza con un único movimiento. A su vez estos principios tienen especificado unos subprincipios más detallados, en cuanto a la relación del kitter con la pieza, sumando un total de 15.

La parte de montaje se divide en 2 principios, la capacidad de no desplazarse, y que el operario no tenga la necesidad de hacer más de un movimiento. A su vez estos están divididos en 10 subprincipios detallados que especifican lo que tiene que cumplir el operario para considerar el criterio como válido o no.

Dentro del Ninja-Eye existe un punto arriesgado, el cual está contemplado en ambas partes, tanto en la actividad efectuada por el Kitter como la que realiza el operario. Indica así: *"Coger la pieza (útil) sin dejares intermedios en la zona de utilización"*. Esta acción puede presentar riesgos si no está bien definida en la FOS (Ficha de Operaciones Estándar), ya que el kitter tiene que coger las piezas unitariamente de la zona de aprovisionamiento y colocarlas dentro del kit, sin dejar ninguna pieza en la zona del *kitting* y sin coger varias piezas simultáneamente.

En cuanto al operario lo que pasa es similar, es necesario especificar y estandarizar bien las actividades que tiene que ejecutar, para que manipule las piezas unitariamente para su posterior montaje y ensamblaje en el puesto. Evitando la necesidad de tener que hacerlo con todas a la vez, ya que esto puede ocasionar pérdidas de tiempo y confusión a la hora de ensamblarlas.

Por ello este punto, queda marcado como riesgo, pero no es un criterio NO OK dentro de la metodología Ninja-Eye del diseño del Kit, ya que si se previamnete se instaura una FOS clara y bien definida, esto eliminaría cualquier riesgo de cometer un error.

Analizados los demás puntos se puede observar que el diseño del Kit, debe mejorar en la parte de aprovisionamiento, ya que es donde aparecen un mayor volumen de criterios que son correctos, en casi la totalidad de las piezas. Esto se debe a que uno de los puntos a mejorar del diseño es que las piezas no están colocadas en posición vehículo dentro del Kit, el ucál está diseñado para albergar las piezas en el menor hueco posible, con un orden lógico, facilitando su llenado y su posterior extracción.

Una vez completada la tabla con los criterios teóricos y analizar cómo impacta esto a las piezas integradas en el Kit desarrollado, se obtiene un puntuación del 94% en la parte de aprovisionamiento y 100% en la parte de montaje.

Con esta puntuación obtenida y la distribución de la tabla se puede observar gráficamente y analizar cuáles son los puntos más débiles en el diseño del Kit y cuáles son aquellos que cumplen con los criterios acordados y que por lo tanto están bien desarrollados.

Tras esto obtenemos una puntuación total de 99,2%, la cuál es un promedio de la puntuación de cada pieza, con este resultado la performance del Kit se puede dar por validado.

En el Anexo 2, se puede encontrar la tabla *Ninja Eye* llevada a cabo para la validación del Kit diseñado.

CAPÍTULO 5

ESTUDIO ECONÓMICO

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto es el diseño de un Kit para suministrar los componentes del coche fabricado en la Escuela Lean, considerando su producción JIT (*Just in Time*).

El presente capítulo recoge el estudio económico desarrollado en este proyecto, que consiste en calcular los costes de gestión, incluyendo el desarrollo de producto y el total de horas empleadas tanto en el propio diseño como en cada una de las fases del proyecto. Se desarrolla con el objetivo de llevar una contabilidad de todos los costes contemplados en el desarrollo y proceso de diseño del Kit.

5.2. JERARQUIA DEL PROYECTO:

Para la elaboración de este proyecto ha sido necesario contar con un equipo de trabajo constituido por los siguientes miembros, cada uno de ellos desempeña las funciones detalladas a continuación:

- **El jefe de Proyectos** será el responsable de la idea del proyecto, realiza la planificación del proyecto y el actual presupuesto económico. Se encarga de establecer los objetivos del proyecto y las actividades que tiene que desarrollar cada persona del departamento. Coordina la actividad de coordinar a todas las personas que intervienen en su realización.
- **El Técnico Financiero** se encarga de la parte económica del proyecto, organizando tanto los costes directos como indirectos y analizando las ofertas recibidas por los distintos proveedores. Tiene el objetivo de adaptarse siempre al presupuesto establecido, o en su defecto mejorarlo.
- **El Técnico de proyecto** se encarga de recopilar toda la información técnica, el análisis de todos los factores que afectan en el desarrollo del proyecto, analizar las ofertas de los proveedores a nivel técnico y cumplir con los objetivos establecidos por el jefe del proyecto, tanto en *planning* como en presupuesto planteado.
- El **Auxiliar Administrativo** desarrolla las tareas de los otros encargados a nivel puramente administrativo, estableciendo los informes necesarios, gestionando los correos electrónicos, programando las reuniones y elaborando la memoria final del proyecto.

5.3. FASES DE DESARROLLO

Para la realización del Trabajo Fin de Mater, es necesario tener en cuenta las fases de desarrollo que se deben seguir para conseguir alcanzar con los objetivos establecidos:

- **Necesidad de Creación:** en esta primera etapa se lleva a cabo un análisis general del sistema, se decide llevar a cabo el diseño de un Kit para mejorar la eficiencia de los procesos y el funcionamiento de la Escuela Lean, desarrollado un producto estándar industrializado para acabar con los presentes diseños manuales. Se empieza la búsqueda de personal para realizar el diseño y analizarlo tanto a nivel técnico como económico. Se establece a términos generales lo que hay que hacer, cómo hay que hacerlo y quien debe hacerlo. En este punto es donde debe analizarse si es viable y rentable continuar con el proyecto o no.
- **Presentación y difusión del proyecto:** El jefe de Proyecto presenta a los responsables de departamento a idea del proyecto, tanto a nivel técnico como a nivel de presupuesto global y se da a conocer al equipo que va a llevarlo a cabo, ayudándose de los datos que le proporcionan los técnicos.
- **Recopilación y análisis de información:** una vez que ya está presentada la idea del proyecto y que todos los responsables del departamento la conocen es necesario proceder a la recopilación de información, la cual debe estar contrastada, actualizada y debe provenir de fuentes fiables. Esta fase requiere mucho tiempo de dedicación de lectura y visión de todo el contenido seleccionado. Cuando ya tenemos toda la información recopilada es necesario pasar a su posterior análisis para ver que nos puede ser de utilidad y que no.
- **Desarrollo y estudio del proyecto.** En esta fase del proyecto, una vez que se tengan las ideas claras, hay que comenzar con su elaboración, redactando todo aquello que se ha utilizado en la investigación, tanto herramientas, como gráficos... Se analiza la distribución en planta de la línea de producción y cuáles son las operaciones que van a realizar los operarios en sus puestos de trabajo, el análisis de las propuestas previas para pasar a la posterior fase de diseño del producto, desarrollada por el técnico de proyecto.
- **Redacción y presentación del proyecto,** en esta última fase del proyecto se elabora la memoria con toda la información recopilada en las fases anteriores. Una vez que está terminada será necesario elaborar una presentación visual que recopile toda la información de forma sintetizada. Es el técnico de proyecto el que debe presentar esta parte al jefe de de proyecto y el técnico financiero, para aprueben si se cumple con los objetivos establecidos.

5.4. ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se desarrolla el estudio económico del proyecto. Estableciendo una relación con las diferentes fases que se han explicado en el apartado anterior. Se realiza un cálculo de todas las secciones, llevando la contabilidad de todas las actividades hasta la obtención del producto final.

5.4.1. Horas efectivas anuales

Se calculan las horas efectivas anuales, para conocer el volumen de trabajo real anual, eliminando los días y las semanas no trabajadas durante el año. En la Tabla 8 vemos esta información por horas, mientras que la Tabla 9 la recoge en semanas.

Concepto	Días/horas
Año medio	365,25
Sábados y domingos (365 * 2/7)	-104,36
Días efectivos de vacaciones	-20
Días festivos reconocidos	-12
Media días perdidas por enfermedad	-15
Cursos de formación, etc	-4
Total días efectivos estimado	210
Total horas/año efectivas (8hrs/día)	1679

Tabla 8: Horas efectivas anuales

Concepto	Días/horas
Año medio (semanas)	52
Vacaciones y festivos	-5,00
Enfermedad	-2
Cursos de formación	-1
Total semanas	44

Tabla 9: Semanas efectivas anuales

5.4.2. Tasas de horarias de personal

Es necesario calcular el coste salarial del personal implicado en la realización de este proyecto, una vez deducida la parte proporcional de la seguridad social. (Tabla 10)

	Jefe de proyecto	Técnico Financiero	Técnico de Proyecto	Auxiliar Adm
Sueldo Bruto anual	45.000,00 €	38.000,00 €	30.000,00 €	20.000,00 €
Seguridad social (35%)	15.750,00 €	13.300,00 €	10.500,00 €	7.000,00 €
Total Anual	60.750,00 €	51.300,00 €	40.500,00 €	27.000,00 €
Coste horario	36,18 €	30,55 €	24,12 €	16,08 €
Coste Semanal	1.380,68 €	1.165,91 €	920,45 €	613,64 €

Tabla 10: Tasas horarias del personal

5.4.3. Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático

Para el equipo informático se considera un periodo de amortización de 5 años, con cuota lineal, incluyendo los equipos hardware. En cambio, para las licencias de programas se considera una amortización de un año ya que las tarifas son anuales (Tabla 11)

Concepto	Coste	Periodo de Amortización	Amortización Anual
Ordenador Portatil HP ProBook 650 G8	1.160,00 €	5	232,00 €
Ratón y teclado Logitech	19,99 €	5	4,00 €
Licencia Fusion 360	402,00 €	1	402,00 €
Licencia Illustrator	290,17 €	1	290,17 €
Licencia 3ds Max	2.245,00 €	1	2.245,00 €
Office 365 Personal	69,00 €	1	69,00 €
Total a amortizar anualmente			3.242,17 €
			Diaria
			15,45 €
			Semanal
			73,69 €
			Horaria
			1,93 €

Tabla 11: Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático

5.4.4. Coste del material consumible

A continuación, se muestra el coste anual medio por persona de material consumible, así como el coste horario por persona (Tabla 12)

Material consumible	
Concepto	Coste
Folios A4	70,00 €
Toner Impresora	250,00 €
Material oficina	70,00 €
Otros	250,00 €
Coste Anual por persona	640,00 €
Coste total horario por persona	0,38 €

Tabla 12: Coste del material consumible

5.4.5. Costes indirectos

En la Tabla 13 se reflejan todos los costes que hacen referencia al consumo de electricidad, internet y teléfono y el alquiler del local utilizado. Se calcula el coste anual y horario por persona.

Concepto	Coste
Electricidad	120,00 €
Alquiler del Local	400,00 €
Internet con teléfono móvil	300,00 €
Coste anual por persona	820,00 €
Coste total horario por persona	0,49 €

Tabla 13: Costes indirectos

5.4.6. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto

Tras el análisis de un estudio de tiempos y la revisión de otros proyectos con características similares, especificando el tiempo dedicado en horas para cada una de las fases del proyecto. (Tabla 14)

Personal	FASES				
	1	2	3	4	5
Jefe de proyecto	25	25	5	5	5
Técnico Financiero	10	15	15	30	0
Técnico de Proyecto	0	10	80	100	20
Auxiliar Adm	0	0	20	80	80
TOTAL	35	50	120	215	105

Tabla 14: Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto

5.4.7. Costes asignados a cada fase de proyecto

A continuación, se reflejan todos los costes asignados en cada fase del proyecto.

Fase 1: Necesidad de Creación (Tabla 15)

Concepto		Horas	Coste Horario	Coste total
Personal	Jefe de proyecto	25	36,18 €	904,48 €
	Técnico Financiero	10	30,55 €	305,51 €
	Técnico de Proyecto	0	24,12 €	0,00 €

	Auxiliar Adm	0	16,08 €	0,00 €
Amortización	Materiales	35	1,93 €	67,58 €
Material Consumible	Varios	35	0,38 €	13,34 €
Costes Indirectos	Varios	35	0,49 €	17,09 €
COSTE TOTAL				1.308,00 €

Tabla 15: Costes asignados a Fase 1

Fase 2: Presentación y difusión del proyecto (Tabla 16)

Concepto		Horas	Coste Horario	Coste total
Personal	Jefe de proyecto	25	36,18 €	904,48 €
	Técnico Financiero	15	30,55 €	458,27 €
	Técnico de Proyecto	10	24,12 €	241,19 €
	Auxiliar Adm	0	16,08 €	0,00 €
Amortización	Materiales	55	1,93 €	106,20 €
Material Consumible	Varios	55	0,38 €	20,96 €
Costes Indirectos	Varios	55	0,49 €	26,86 €
COSTE TOTAL				1.757,96 €

Tabla 16: Costes asignados a Fase 2

Fase 3: Recopilación y análisis de información (Tabla 17)

Concepto		Horas	Coste Horario	Coste total
Personal	Jefe de proyecto	5	36,18 €	180,90 €
	Técnico Financiero	15	30,55 €	458,27 €
	Técnico de Proyecto	80	24,12 €	1.929,56 €
	Auxiliar Adm	20	16,08 €	321,59 €
Amortización	Materiales	120	1,93 €	231,70 €
Material Consumible	Varios	120	0,38 €	45,74 €
Costes Indirectos	Varios	120	0,49 €	58,60 €
COSTE TOTAL				3.226,35 €

Tabla 17: Costes asignados a Fase 3

Fase 4: Desarrollo y estudio del proyecto (Tabla 18)

Concepto		Horas	Coste Horario	Coste total
Personal	Jefe de proyecto	5	36,18 €	180,90 €
	Técnico Financiero	30	30,55 €	916,54 €
	Técnico de Proyecto	100	24,12 €	2.411,94 €
	Auxiliar Adm	80	16,08 €	1.286,37 €
Amortización	Mateirales	215	1,93 €	415,13 €
Material Consumible	Varios	215	0,38 €	81,95 €
Costes Indirectos	Varios	215	0,49 €	104,99 €
COSTE TOTAL				5.397,82 €

Tabla 18: Costes asignados a Fase 4

Fase 5: Redacción y presentación del proyecto (Tabla 19)

Concepto		Horas	Coste Horario	Coste total
Personal	Jefe de proyecto	5	36,18 €	180,90 €
	Técnico Financiero	0	30,55 €	0,00 €
	Técnico de Proyecto	20	24,12 €	482,39 €
	Auxiliar Adm	80	16,08 €	1.286,37 €
Amortización	Mateirales	105	1,93 €	202,74 €
Material Consumible	Varios	105	0,38 €	40,02 €
Costes Indirectos	Varios	105	0,49 €	51,28 €
COSTE TOTAL				2.243,69 €

Tabla 19: Costes asignados a Fase 5

5.5. CÁLCULO DEL COSTE TOTAL

Una vez que tenemos los costes totales correspondientes a cada fase de proyecto, se hace el sumatorio para saber el coste total que tendría el proyecto completo.

Como se puede observar en la Tabla 20, las fases 3 y 4 son las que tienen un coste más elevado, debido a que han sido en las que han colaborado gran parte de los miembros del equipo, y es la que más horas se ha empleado, ya que son las fases del desarrollo propio del proyecto.

Hay que tener en cuenta que a estos costes hay que aplicar el Margen Comercial y los Impuestos Indirectos (IVA, recargo de equivalencia, etc).

Concepto	Horas	Coste
Fase 1	35	1.308,00 €
Fase 2	50	1.757,96 €
Fase 3	120	3.226,35 €
Fase 4	215	5.397,82 €
Fase 5	105	2.243,69 €
TOTAL	525	13.933,83 €

Tabla 20: Cálculo del coste total

CAPÍTULO 6.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este capítulo final se exponen las conclusiones a las que se han llegado con la realización de este trabajo Fin de Máster y cuáles son los puntos que quedan abiertos a un posible desarrollo en un futuro.

6.1 CONCLUSIONES

Como conclusión general de este proyecto se puede destacar la importancia de la filosofía Lean y cómo impacta esta sobre la producción, mejorando los sistemas y suprimiendo todo aquello que no aporta valor tanto al producto final como a las operaciones intermedias.

A su vez, hacer constancia de que este objetivo puede conseguir gracias a un buen diseño de *Kit* que permita reducir los defectos provocados por los operarios en la realización de sus operaciones y el lead time del cliente al recibir el producto final.

Además de esta conclusión global del proyecto, se pueden destacar otras diferentes, de igual importancia:

- La formación impartida durante las sesiones de la Escuela Lean es una gran oportunidad para lograr entender cómo funciona un sistema de producción JIT y ver cómo impacta la aplicación de las herramientas Lean. Además, su metodología *Learning by doing* (aprender haciendo) facilita el aprendizaje de los alumnos experimentando los cambios con sus propias manos.
- La importancia de una buena distribución en planta de la línea de producción para conseguir reducir los recorridos, y repartir los tiempos operacionales entre los distintos puestos de montaje.
- El alcance de los sistemas de *Picking* y *Kitting* y como una buena organización de los mismos impacta de una forma favorable en el rendimiento de la línea de producción y en cumplir con el plazo de entrega del producto final al cliente.
- La estandarización es una de las herramientas Lean más importantes, la cual permite alcanzar los tres objetivos básicos: calidad, coste y plazo. Eliminando así la posibilidad de producir defectos durante el proceso productivo y la necesidad de tener que configurar controles de calidad al final del proceso.
- Cómo se pueden aplicar las herramientas y técnicas Lean en el proceso de diseño del Kit, y cómo son capaces de formar una parte importante del desarrollo, ayudando en la mejora de la efectividad del mismo.

- La importancia de cumplir con las condiciones de trabajo del personal encargado de efectuar las actividades, respetando siempre unos principios básicos de ergonomía en función de los requisitos del puesto dónde se encuentre el operario.
- El diseño desarrollado en este proyecto servirá como referencia a los alumnos que reciban la formación de las clases de la Escuela Lean.

Una vez analizadas las conclusiones generales tras el desarrollo del proyecto, es importante explicar cómo se ha mejorado el sistema de producción del coche fabricado en las clases impartidas por la Escuela Lean.

Con este diseño se consigue una mayor estandarización de los procesos, tanto para el *Kitter* que aprovisiona las piezas del almacén, como para el operario que está en la línea de montaje desarrollado las actividades de ensamblado. Las etiquetas Kanban que marcan donde están las piezas colocadas y al diseño geométrico de los compartimentos del Kit, hace que la concentración de los trabajadores aumente, reduciendo así considerablemente la posibilidad de que ambos produzcan errores en el desarrollo de sus funciones y aumentando la calidad del producto final. Además, evita la posibilidad de que el operario tenga que desplazarse de un lugar a otro de la sala, ya que todo lo necesario se encuentra accesible a su mano.

Otro punto fuerte del diseño desarrollado es la superficie en la que están colocadas las piezas de menor tamaño, ya que al encontrarse en una zona más elevada evita que el operario tenga que introducir la mano en el Kit para la extracción de las piezas.

Por otro lado, hay que destacar, como el propio Kit cuenta con una zona para colocar la matrícula, lo que hace que ella misma funcione como etiqueta *Kanban*, indicando en todo momento el número de orden de pedido y el tipo de producto que se está fabricando (modelo, color, tipo de ruedas)

El Kit desarrollado se adapta a los diferentes modelos de productos, ya que es capacitivo de acondicionar tanto las piezas del modelo monovolumen como las del modelo Pick-Up, asegurando en todo momento la calidad. Además, el desarrollo cumple con los principios de ergonomía y seguridad, estudiados en el punto 3.2, tanto a nivel de especificaciones técnicas de medidas, como con el peso apropiado.

6.2 LÍNEAS FUTURAS

Una vez contempladas las conclusiones que se han extraído de este proyecto, es necesario hacer constancia de algunos de los puntos a desarrollar en un futuro, tanto a corto plazo como a largo plazo.

Hay que tener en cuenta, que en este proyecto se ha centrado toda la atención en el diseño del Kit y en cómo afecta para mejorar la eficiencia de los procesos productivos, pero no se ha entrado en el detalle del desarrollo de las FOS (Ficha de Operación Estándar), ni de la medida de los tiempos operacionales, ni en la distribución exacta del *layout* de la línea de montaje. A futuro, y en las clases

impartidas por la Escuela Lean, los alumnos desarrollarán todas estas actividades previamente al diseño del *Kit*, por lo que se tendrá más consideración en todas estas fases previas.

De cara a un punto que se podría desarrollar a corto plazo, sería la posibilidad de poder fabricar el *Kit* de manera industrial, como se ha indicado en el capítulo 4. Existen numerosos proveedores que trabajan con embalajes de estas medidas y que son capacitivos de desarrollar tanto la caja exterior como las divisiones de los compartimentos interiores, o sino la posibilidad de poder comprar únicamente la caja exterior para que los alumnos diseñen el interior con estas medidas.

A largo plazo, y para desarrollo de otro proyecto, sería interesante contemplar la posibilidad de desarrollar el diseño de un *Kit* para la otra producción que se realiza en la Escuela Lean, el *Solectron*. En este caso al tratarse de unas piezas de tamaño menor que el coche, el diseño podría albergar todas las piezas utilizadas en la línea de montaje para la fabricación del producto final, considerando en este caso la oportunidad de desarrollar un *Full-Kit*, en dónde el propio *kit* funcionará en la zona de montaje y ensamblaje para los operarios.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES ONLINE

Andreu, I. (15 de julio 2021) *Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios?* APD. Recuperado mayo 2022. Extraído de:

<https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>

Antonucci, I. *Lean Manufacturing: los principios del pensamiento que cambió el mundo* (21 de octubre de 2020). Atlas Consultora. Recuperado en abril 2022. Extraído de:

<https://www.atlasconsultora.com/lean-manufacturing-y-los-principios-del-pensamiento-que-cambio-el-mundo/>

ARN Consulting (2022) *Estrategia y Despliegue*. Recuperado en mayo de 2022. Extraído de:

<https://arnconsulting.es/consultoria/estrategia-y-despliegue>

Azulay, M. *Poka Yoke: técnica para potenciar la calidad y evitar errores*. (15 de junio 2021) Leansis Productividad. Recuperado mayo de 2022. Extraído de:

<https://leansisproductividad.com/poka-yoke-calidad>

Bizneo (2021) *El método Kaizen: mejora continuamente tu empresa*. Recuperado mayo de 2022. Extraído de:

<https://www.bizneo.com/blog/metodo-kaizen/>

Castillo, A. (2020). *Estandarización del reciclado de coches L34N en la Escuela Lean*. Universidad de Valladolid. Recuperado mayo de 2022. Extraído de:

https://uvadoc.uva.es/handle/10324/41179?locale-attribute=pt_BR

CDI Lean (23 de abril 2019) *Estandarización – que es*. Recuperado mayo 2022. Extraído de:

<https://lean.cdiconsultoria.es/estandarizacion-que-es>

Europa Press (2014) *Renault Consulting abre en Valladolid la primera Escuela Lean*. Recuperado mayo 2022. Extraído de:

<https://www.europapress.es/motor/sector-00644/noticia-renault-consulting-abre-valladolid-primer-escuela-lean-20140129130720.html>

Irigaray, J (29 de agosto 2020) *Picking y packing: función clave para la competitividad*. Retos en Supply Chain. EAE Business School. Recuperado en mayo de 2022. Extraído de:

<https://retos-operaciones-logistica.eae.es/picking-y-packing/>

Landajuela, I (2022), *Origen de los sistemas kanban en Toyota*. Soka Gitlab.

<https://soka.gitlab.io/blog/post/2019-07-02-01-trello-origen-kanban-toyota-jit/>

London Premier Centre (13 de marzo 2022) *That's what you want to know about Deming Cycle!* Recuperado mayo 2022. Extraído de:

<https://www.lpcentre.com/articles/that-is-what-you-want-to-know-about-deming-cycle>

Mateo, M. (2022) Escuela Lean. *Métodos avanzados de producción* [Diapositiva de Power Point]. Material Universidad de Valladolid

Mateo, M. (2022) La Estandarización del puesto de trabajo. [Diapositiva de Power Point]. Material Universidad de Valladolid.

Mateo, M. (2022) Los 7 desperdicios. [Diapositiva de Power Point]. Material Universidad de Valladolid.

Marín-García, J (2010) *Implantación de la mejora continua en entornos de integración sociolaboral de discapacitados: un caso de estudio*.

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Casa-del-Sistema-de-Produccion-Toyota-adaptado-de-Lean-Lexicon-Al-iniciar-la_fig1_277874797

Mecalux (2022) *El picking o preparación de pedidos*. Recuperado en mayo de 2022. Extraído de:

<https://www.mecalux.es/manual-almacen/picking-que-es>

Mecalux (2022) *Kitting: estrategia logística para optimizar el ensamblaje en el almacén*. Recuperado en mayo de 2022. Extraído de:

<https://www.mecalux.es/blog/kitting>

Pick to Light Systems (2022) *Pick to Light*. Recuperado junio 2022. Extraído de:
<https://www.picktolightsystems.com/es/productos-picking/pick-by-light>

Progresslean (25 de mayo de 2015). *Origen y evolución del Lean Manufacturing*. Recuperado en abril de 2022. Extraído de:

<https://www.progresslean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/>

Roos, D., Jones, D., Womack, J., (2017) *La máquina que cambió el mundo: La historia de la Producción Lean, el arma secreta de Toyota que revolucionó la industria mundial del automóvil*. Profit Editorial

Sánchez-Chiape, I (25 de mayo de 2016) *Pull-Push en Distribución*. IEEC escuela de Negocios Supply Chain Management y Logística. Recuperado mayo 2022. Extraído de:

<https://ieec.edu.ar/pull-push-distribucion-nota-9/>

Serrano, J. (26 de marzo 2020). *¿Cuáles son las herramientas de Lean Manufacturing?* Sixphere. Recuperado mayo 2022. Extraído de

<https://sixphere.com/blog/herramientas-lean-manufacturing/>

Sánchez, C. (05 de febrero de 2020). Normas APA (7ma edición). Recuperado mayo 2022. Extraído de:

<https://normas-apa.org/referencias/citar-pagina-web/>

Silva, I (18 de septiembre de 2019) *Learn by doing – Aprender haciendo*. Recuperado en junio 2022. Extraído de:

<https://www.scriptcaseblog.net/es/project-management-es/learn-by-doing-aprender-haciendo/>

TCM Técnicas de Control Metrológico (2022) *Metodología 5S*. Recuperado en mayo de 2022. Extraído de:

<https://www.tcmetrologia.com/cursos/implantacion-5s/>

Universal Logistics (2021) *Kitting. Material Handling Process*. Recuperado mayo 2022. Extraído de:
<https://www.universallogistics.com/logistics/value-added-services/kitting/>

FUENTES IMPRESAS

Gil, M. (2017) *Cultura Lean: las claves de la mejora continua*. Profit Editorial.

Jones, D., Womack, J. (2012) *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Gestion 2000

Socconini, L (2019). *Lean Company: más allá de la manufactura*. Barcelona: Marge Books.

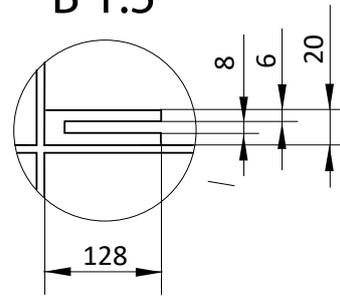
HSEE Division. Departamento de ergonomía Renault. (2020) *Especificaciones ergonómicas en Logística*.

HSEE Division. Departamento de ergonomía Renault. (2020) *Memorándum de ergonomía*.

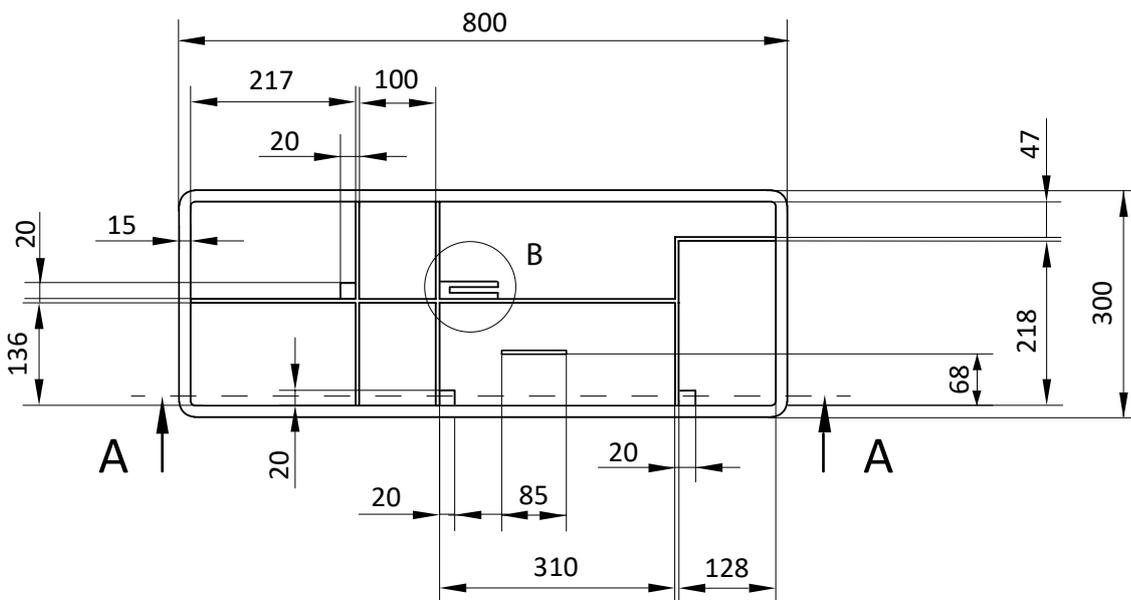
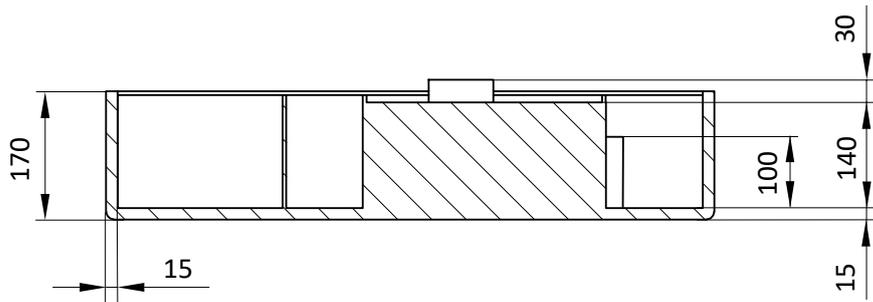
ANEXO

PLANO

B 1:5



A-A



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO: DISEÑO DE KIT PARA SUMINISTRO JAT DE COMPONENTES DEL COCHE

PLANO:

KIT- BOX

TRABAJO FIN DE MASTER

FECHA:

07-2022

Nº PLANO:

1

ESCALA:

1:10

FIRMA:

Pablo Bonilla

PROMOTOR:

Universidad de Valladolid

Master en Logistica

ANEXO

NINJA EYE

Principio		PUESTOS																											% realización	Factor de oportunidad de mejora en cmin.	Oportunidad de mejora en cmin.				
		Tipo de puesto (Resultado de la tabla del Block allocation)																																	
		Pieza / Util / VBQ / Kitting (p,o,v, KP)																																	
Elementos de medida 1 = CRITERIO NO OK PARA LA PIEZA/UTIL		DENOMINACIÓN DE LA PIEZA/UTIL (reagrupar por puestos)																																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27							
		Parachoques delantero	Puerta delantera izquierda	Puerta delantera derecha	Puerta media derecha	Puerta media izquierda	Puerta trasera derecha	Puerta trasera izquierda	Asiento delantero	Asiento Trasero	Tubo de escape	Aislante	Arandela	Mátrícula	Perfil L techo dcho	Perfil L techo izdo	Parachoques trasero	Maletero	Techo	Capó	Focos														
FASE APROVISIONAMIENTO PIEZA / UTIL BDC o Kitbox	No elegir	1	Visibilidad de piezas o útiles	La pieza (o util) es visible																											100%	0,43			
		2	No elegir piezas	No es necesario pensar para la elección de piezas o utiles. Un sitio para cada pieza y una pieza para cada sitio. Ayuda a la elección = no hay reflexión																											100%	0,86			
		3	No contar, No devolver	Cantidad justa de piezas o útiles																											100%	0,43			
	No desplazarse	4	* Cero pasos y cero desplazamientos	Coger la pieza / util y montar / posicionar en 1 paso máximo y / o sin giro de 180° (media vuelta)																											100%	2,15			
		5	Cero flexión de tronco	Sin flexión > 30° sin apoyo >60° con apoyo (sobre muslo o mano)																											100%	2,20			
		6	* Cero rotación de Tronco	Sin rotación > 40° sin mover los pies																											100%	1,80			
		7	Cero brazos extendidos o manos elevadas	Sin brazos extendidos o manos por encima de la cabeza																											100%	1,20			
		8	Cero obstaculos	Sin peldaños >300mm																											100%	5,40			
	Coger de una sola vez	9	No cambiar de mano	Ningún cambio de mano de la pieza o util																											100%	0,86			
		10	No girar la pieza	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15%	0,54	9,18
		11	No hay necesidad de levantar / soltar la pieza / util	Amplitud del movimiento < 5cm																											100%	0,32			
		12	No hay enredos ni manipulaciones	Coger las pieza o útil sin tener que desenredar ni manipular																											100%	1,29			
		13	No desembalar	Coger la pieza sin necesidad de desembalarla (bolsa de protección, collar, pré-maintien...)																											100%	2,67			
		14	Sin movimientos suplementarios para validar la ayuda a la elección	Validación aprovechando la cogida de pieza																											100%	0,65			
		15	Sin dejares intermedios (durante la fase coger pieza)	Coger la pieza (util) sin dejar intermedio en la zona de aprovisionamiento (BDC, carro kit)																											100%	1,51	9,18		
FASE MONTAJE PIEZA / UTIL Fijar / Ensambiar/ Depositar en kit	No desplazarse	16	Sincronizar la cogida de pieza (o útil) y el ensamblado	Cadena: Pieza (o util) sincronizada con el montaje. Si el montaje avanza, la pieza o útil avanza P/K: Carro sincronizado con el avance del operario																											100%	0,65			
		17	Cero flexión del tronco	Sin flexión > 30° sin apoyo >60° con apoyo (sobre muslo o mano)																											100%	2,20			
		18	Cero rotación del tronco	Sin rotación > 40° sin mover los pies																											100%	1,80			
		19	Cero brazos extendidos o manos elevadas	Sin brazos extendidos o manos por encima de la cabeza																											100%	1,20			
		20	Cero posición en cuclillas	Ninguna postura en cuclillas o de rodillas																											100%	4,50			
		21	Cero obstaculos	Sin entrar en el vehículo o con peldaños >300mm																											100%	5,40			
	1 solo movimiento	22	Cero esfuerzos de montaje	Ningun golpe con la mano ni empuje difícil																											100%	1,50			
		23	Sin dejares intermedios (durante la Fase de Utilización)	Coger la pieza (util) sin dejares intermedios en la zona de utilización / Montaje																											100%	1,51			
		24	Fijar / posicionar directamente	Coger la pieza (util) y utilizarla directamente (posicionar en el Kit sin ningún otro tipo de manipulación: higiene, plegado de pieza, apuntado, mantener la pieza,...). Los ejemplos no son exhaustivos																											100%	3,33			
TOTAL		96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	100%	100%	96%	100%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99,1%		9,18

* Los criterios 4 y 6 son incompatibles (o uno u otro) . --> si me desplazo no puedo estar con los pies quietos --> si uno de los criterios esta a 1, el otro estará a 0.