



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial  
y Diseño Industrial

Gestión del diseño y fabricación de una llanta de aluminio  
utilizando metodologías ágiles

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

AUTOR/A: Gómez Bella, Alberto

Tutor/a: Solano García, Lorenzo

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

## RESUMEN

En un mundo actual, donde la rapidez en la toma de decisiones puede determinar la consecución de éxitos o no en numerosos ámbitos, han proliferado en los últimos años herramientas y metodologías que ayudan a gestionar de una manera ágil proyectos importantes aplicables hasta en entornos industriales.

Una llanta de aluminio se compone de dos elementos principales: La rueda metálica, la cual puede clasificarse según su naturaleza o por sus características especiales de acuerdo a la norma ISO correspondiente, y el disco que es la parte visible y por la que principalmente los usuarios basan su elección.

Por otra parte, las metodologías ágiles son un campo cuyo éxito se empezó a escuchar principalmente en el desarrollo de software, pero cuyas características y herramientas pueden ser realmente útiles en proyectos industriales. La solución más inteligente es probar qué ventajas puede aportar sobre el proyecto donde se pretende aplicar o adaptar ciertas características o métodos al flujo de trabajo.

En las siguientes páginas el lector encontrará una primera sección donde se habla de las llantas (origen, tipología y componentes, características y su fabricación), siguiendo con una sección donde se contextualiza y se describe las metodologías ágiles y los marcos de trabajo para el desarrollo ágil. Dicha contextualización se apoya en una sección que abarca los métodos tradicionales. Por último, un desarrollo de la gestión del diseño y fabricación de una llanta de aluminio utilizando las metodologías ágiles comparada con el método tradicional y las conclusiones que se extraen de dicho desarrollo.

# ÍNDICE

## Contenido

RESUMEN .....	1
ÍNDICE .....	2
ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
OBJETO .....	6
ALCANCE Y EXCLUSIONES .....	6
1. LLANTAS DE ALUMINIO: GENERALIDADES.....	7
1.1. EVOLUCIÓN Y COMPONENTES.....	7
1.1.1. REQUISITOS .....	10
1.2. TIPOS DE RUEDAS METÁLICAS.....	12
1.2.1. RUEDAS METÁLICAS DE DISCO.....	13
1.2.2. RUEDAS METÁLICAS DE RADIOS .....	16
1.2.3. RUEDAS METÁLICAS DE DOS PARTES.....	16
1.2.4. RUEDAS METÁLICAS DE LLANTA DESMONTABLE .....	17
1.2.5. RUEDAS METÁLICAS REVERSIBLES .....	17
1.2.6. RUEDAS METÁLICAS DE ANCHO DE VÍA REGULABLE .....	18
1.3. LLANTAS.....	19
1.3.1. PARTES DE UNA LLANTA .....	19
1.3.2. NOMENCLATURA.....	20
1.3.3. TIPOS DE LLANTAS.....	20
1.3.4. TERMINOLOGÍA DIMENSIONAL DE UNA LLANTA .....	22
1.3.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DE UNA LLANTA.....	23
2. INTRODUCCIÓN A LAS METODOLOGÍAS ÁGILES.....	26
2.1. CONTEXTO E HISTORIA DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES .....	26
2.2. PRINCIPIOS Y VALORES DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES .....	26
2.3. TIPOS DE METODOLOGÍAS ÁGILES.....	28
2.3.1. MÉTODO LEAN .....	28
2.3.2. MÉTODO SCRUM.....	29
2.3.3. MÉTODO KANBAN.....	30
2.4. MARCOS DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO ÁGIL.....	31
2.4.1. Scrum.....	31
2.4.2. Kanban.....	34
2.4.3. Scrumban .....	36

2.5.	METODOS TRADICIONALES: MODELO EN CASCADA.....	38
2.5.1.	Posibles situaciones negativas con el modelo en cascada .....	39
2.5.2.	Ventajas y desventajas del modelo en cascada y metodologías ágiles .....	39
3.	GESTIÓN DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA LLANTA DE ALUMINIO UTILIZANDO METODOLOGÍAS ÁGILES .....	41
3.1.	OBJETIVO .....	41
3.2.	IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES.....	41
3.3.	COMPETENCIA .....	42
3.4.	DESARROLLO MEDIANTE MÉTODO TRADICIONAL.....	44
3.4.1.	Reunión inicial del proyecto.....	44
3.4.2.	Desarrollo del proyecto.....	46
3.5.	DESARROLLO MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES.....	49
3.5.1.	<i>Tareas del departamento de diseño.....</i>	49
3.5.2.	<i>Tareas del departamento de fabricación .....</i>	50
3.5.3.	Analogías y consideraciones .....	52
3.5.4.	Backlog del producto.....	53
3.5.5.	Primer sprint.....	54
3.5.6.	Segundo sprint .....	55
3.5.7.	Tercer sprint .....	56
3.5.8.	Cuarto sprint .....	57
3.5.9.	Quinto sprint .....	58
3.5.10.	Sexto sprint .....	59
3.5.11.	Séptimo sprint.....	60
4.	CONCLUSIONES.....	62
5.	VALORACIÓN ECONÓMICA .....	63
6.	OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	64
7.	REFERENCIAS.....	65

# ÍNDICE DE FIGURAS

## 1. LLANTAS DE ALUMINIO: GENERALIDADES

<i>Figura 1.1: Algunos de los distribuidores referentes dentro del sector de fabricación de llantas de aluminio para vehículos deportivos. ....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 1.2: Esquema de una rueda simple (A) y una rueda gemela (B) .....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 1.3: Diferentes métodos de unión entre disco y llanta. ....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 1.4: Sección frontal y transversal de una rueda de disco. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 1.5: Esquema de los tres diferentes tipos de bombeo. ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 1.6: Detalle de una rueda metálica de radios. ....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 1.7: Esquema de montaje una llanta desmontable: para una llanta (izqda.) y dos llantas (drcha.) .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 1.8: Esquema de la sección de los tipos de rueda metálica de ancho de vía regulable. .</i>	<i>18</i>
<i>Figura 1.9: Esquema de la sección de una llanta. ....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 1.10: Molde de una llanta de aluminio .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 1.11: Llantas en bruto dentro de un centro de mecanizado .....</i>	<i>25</i>

## 2. INTRODUCCIÓN A LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

<i>Figura 2.1: Esquema del flujo en el método Kanban. ....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2.2: Ceremonias de un sprint con sus respectivos inputs/outputs. ....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.3: Ejemplo de un tablero Kanban. ....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2.4: Las cinco fases del modelo en cascada. ....</i>	<i>38</i>

## 3. DISEÑO Y FABRICACIÓN (INDUSTRIALIZACIÓN) DE UNA LLANTA DE ALUMINIO

<i>Figura 3.1: FORD FIESTA ST – Llantas de aleación de 17” exclusivas. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.2: OPEL CORSA OPC – Llantas de aleación OPC 17”x 7 (5 radios) .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.3: PEUGEOT 208 GTi – Llantas de aleación CARBONE 17” .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.4: RENAULT CLIO RS 200 – Llantas de aleación 18” RADICAL .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3.5: SEAT IBIZA CUPRA – Llantas de aleación 17” BARCINO .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3.6: VOLKSWAGEN POLO GTI – Llantas de aleación 17” PARABOLICA .....</i>	<i>43</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

### 1. LLANTAS DE ALUMINIO: GENERALIDADES

<i>Tabla 1.1: Notaciones utilizadas en diferentes tipos de llantas.</i> .....	22
---	----

### 2. INTRODUCCIÓN A LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

<i>Tabla 2.1: Diferencias entre Scrum y Kanban.</i> .....	33
---	----

### 3. DISEÑO Y FABRICACIÓN (INDUSTRIALIZACIÓN) DE UNA LLANTA DE ALUMINIO

<i>Tabla 3.1: Modelos de llantas objeto de estudio con sus características.</i> .....	44
---	----

<i>Tabla 3.2: Backlog del proceso de diseño y fabricación de una llanta de aluminio.</i> .....	53
--	----

<i>Tabla 3.3: Backlog del primer sprint.</i> .....	54
--	----

<i>Tabla 3.4: Sprint review del primer sprint.</i> .....	54
--	----

<i>Tabla 3.5: Backlog del segundo sprint.</i> .....	55
---	----

<i>Tabla 3.6: Sprint review del segundo sprint.</i> .....	55
---	----

<i>Tabla 3.7: Backlog del tercer sprint.</i> .....	56
--	----

<i>Tabla 3.8: Sprint review del tercer sprint.</i> .....	56
--	----

<i>Tabla 3.9: Backlog del cuarto sprint.</i> .....	57
--	----

<i>Tabla 3.10: Sprint review del cuarto sprint.</i> .....	57
---	----

<i>Tabla 3.11: Backlog del quinto sprint.</i> .....	58
---	----

<i>Tabla 3.12: Sprint review del quinto sprint.</i> .....	58
---	----

<i>Tabla 3.13: Backlog del sexto sprint.</i> .....	59
--	----

<i>Tabla 3.14: Sprint review del sexto sprint.</i> .....	59
--	----

<i>Tabla 3.15: Backlog del séptimo sprint.</i> .....	60
--	----

<i>Tabla 3.16: Sprint review del séptimo sprint.</i> .....	61
--	----

<i>Tabla 5.1: Valoración económica.</i> .....	63
---	----

<i>Tabla 6.1: Grado de cumplimiento con los ODS.</i> .....	64
--	----

## OBJETO

El objeto de este Trabajo Final de Máster (de ahora en adelante, TFM) consiste en introducir y plantear la gestión del diseño y desarrollo de una llanta de aluminio aplicando metodologías ágiles. Así mismo enumerar e identificar los problemas a los que nos podamos enfrentar utilizando la manera *tradicional* y dónde y cuándo aplicar dicha metodología sobre el desarrollo de una llanta para automoción, utilizando uno de los marcos de trabajo que se detallarán en el presente documento.

## ALCANCE Y EXCLUSIONES

El alcance abarcará una base en la que se introducen las llantas de aluminio y las metodologías ágiles con el fin de poner en contexto y establecer esa conexión para el apartado 3, donde se esboza la gestión del desarrollo para el diseño y fabricación de una llanta de aluminio haciendo uso de metodologías ágiles. Además, se incluirán ciertas notas sobre dicha gestión utilizando el método tradicional para mostrar el contraste y utilizar como apoyo para las conclusiones.

En el TFM quedarán excluidos nombres de personas y/o empresas reales, aunque a nivel de contenido, puede considerarse un ejemplo real de caso de estudio. No se entrará en detalle en la realización de cálculos para el diseño de la llanta, aunque se incluye el proceso de fabricación de una llanta al final del primer capítulo.

# 1. LLANTAS DE ALUMINIO: GENERALIDADES

## 1.1. EVOLUCIÓN Y COMPONENTES.

Las ruedas son un elemento esencial dentro del mundo de la automoción. Sin ellas, los vehículos no serían capaces de desplazarse sobre el medio terrestre. A medida que el ser humano ha tenido la ambición de llegar más lejos, y a terrenos en los que pocos se han podido adentrar, ha hecho que la evolución en cuanto a las características de estos elementos haya avanzado de manera ascendente en este último siglo.

Dentro del estudio de una rueda, se distinguen dos partes a considerar como innegociables a la hora de proyectar el diseño de una rueda, así como asegurar su funcionalidad a lo largo de su ciclo de vida útil.

**RUEDA METÁLICA** – perfil de la llanta que actúa como soporte. Este elemento se encarga como base de apoyo y acoplamiento del neumático.

**DISCO** – elemento estético, aunque no menos funcional que la rueda metálica. Es la parte visible, y una de las más importantes a la hora de que una llanta se venda o no<sup>1</sup>. Su característica funcional reside como elemento de unión entre la rueda y el buje o semieje de transmisión del vehículo.

**TAPACUBOS** – Elemento opcional presente en las llantas de acero, fabricadas mediante inyección. Al contrario que las llantas de aluminio, que no precisan de tapacubos, su función es meramente estética y existen tantos diseños como proveedores haya en el mercado. Fabricados en plástico.

En los inicios, las llantas de acero fabricadas a partir de una plancha de metal, sobre la cual se aplica una presión y posteriormente se suelda, era la opción más barata, duradera y flexible pero también la más pesada, mientras que la opción de incluir llantas de aluminio, se consideraba un extra opcional a la hora de comprar un vehículo nuevo.

*Se da por hecho que cualquier componente de una llanta que está en venta al público cumple unos requisitos y condiciones preestablecidas de calidad.*



A día de hoy, gracias a la evolución de las tecnologías y los procesos de fabricación, se pueden ver infinidad de marcas que ofrecen llantas de aluminio dentro del equipamiento de serie, generalmente la gama alta.

Cabe destacar que el inicio del uso del aluminio como material a utilizar en la fabricación de llantas no tuvo como objetivo aligerar los vehículos, sino una simple cuestión de estética. Dar un mayor caché a los nuevos modelos insignia que desembarcaban en el mercado. El fabricante que concibió la primera llanta de aluminio fue el ALCOA en 1948. Posteriormente, la primera marca que lanzaría el primer vehículo con llantas de aluminio vendría de la mano de Porsche, con el 911 en 1962. Las llantas, que habían sido fabricadas por OTTO FUCHS, proporcionaban al vehículo un 'look' innovador, así como un peso menor a las tradicionalmente fabricadas en acero, lo que ayudaba a mejorar las prestaciones y la sensación de conducir en el afamado modelo de Porsche.

Con el éxito que hubo al utilizar este nuevo material, a partir de los 70, las marcas empezaban a producir sus propias llantas de aluminio para producir en serie e introducirlas en sus cadenas de montaje.

La evolución dentro del sector de la automoción en el apartado del uso de llantas de aluminio en los mercados ha ido a más en los últimos años. Se calcula que en el año 2000 entre un 30 – 35 % de los vehículos destinados al mercado europeo incorporaban llantas de aluminio mientras que en los mercados de Estados Unidos y Japón estaba alrededor del 50 %



Figura 1.1: Algunos de los distribuidores referentes dentro del sector de fabricación de llantas de aluminio para vehículos deportivos.

El uso del aluminio a día de hoy en los vehículos es un hecho. La cuota de mercado del uso del aluminio en vehículos nuevos ronda el 50 %. Otro punto a destacar en el uso del aluminio, ya no solo en las ruedas sino en todo el vehículo, es que del peso total de un automóvil o camión ligero alrededor del 15 % de su peso está compuesto de aluminio en su mayoría. Es sabido que el aluminio generalmente viene presentado en diferentes aleaciones, según a qué tipo de agentes vaya a estar expuesto o si se pretende mejorar sus propiedades mecánicas o térmicas.

### 1.1.1. REQUISITOS

Los fabricantes de turismos exigen a los suministradores de llantas productos de alta calidad, los cuales cumplan todos los requisitos dentro de una conducción óptima, aunque también debe soportar las condiciones de un mal comportamiento en carretera.

Un factor importante es la reducción del peso respecto a las llantas de acero lo que conlleva una disminución del momento de inercia, aunque existen llantas de aluminio que precisamente no son más ligeras que las convencionales de acero. Llantas más ligeras aportan una mejora en el manejo del vehículo y el confort gracias a la masa 'no suspendida'. Esto hace que el apoyo del vehículo sobre el terreno sea más lineal y aumente el agarre.

La reducción del peso total del vehículo implica una reducción del consumo de combustible. Además, la mejor disipación del calor en el aluminio respecto al acero que produce el uso de los frenos mejora la capacidad de frenado de los mismos, así como disminuir la posibilidad de fallo en los frenos debido a sobrecalentamiento.

En la fase de diseño de una llanta de aluminio, se considerará de vital importancia el cumplimiento de las siguientes características.

- **Rigidez:** La rigidez estructural es un parámetro que se examina cuando se diseña una rueda de aluminio, que al menos se comporte de la misma manera que su equivalente en acero. Se determina por la forma final de la llanta; la rigidez del material (módulo de Young) depende directamente de la aleación y el templado que se aplica a la rueda una vez fabricada.
- **Resistencia:** Con el fin de evitar la deformación bajo deformación axial (aceleración y frenado) y deformación radial (giro), la deformación elástica del material es un factor a tener en cuenta. Se debe contemplar el mal uso de una llanta para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo, así como su entorno. Por último, la resistencia térmica no es menos importante. La llanta debe tolerar grandes intervalos de temperaturas. Una llanta debe soportar de manera eventual temperaturas de 200° C debido a la proximidad de los frenos, así como largos periodos de tiempo con temperaturas de 100 ° C.
- **Comportamiento a fatiga:** El comportamiento a fatiga es el parámetro más importante en el dimensionado de una rueda. El uso de software de cálculo por elementos finitos

es un 'must' durante la fase de diseño. Se debe conocer las tensiones que debe soportar la llanta, así como ensayos más específicos como la deformación rotacional o test de rodamiento.

- **Resistencia a colisión:** Un gran número de métodos son cada vez más utilizados durante el diseño de una llanta para verificar la resistencia a colisión de una llanta. Sin embargo, los test de impactos se realizan de manera independiente del proceso de diseño.

Aparte de las características mecánicas que se exige durante el diseño de una llanta, existe otros factores importantes a considerar.

- **Aspectos térmicos:** Independiente del proceso de fabricación de la llanta, el aluminio disipa calor de manera más eficiente que el acero. Además, las ruedas de aluminio actúan de manera óptima como disipadores. Como resultado, se produce una ligera mejora en la capacidad de frenado y reduce el riesgo de sobrecalentamiento de los neumáticos.
- **Estilo y ahorro de peso:** La reducción de la masa 'no suspendida' del vehículo es una prioridad en cualquier variable de diseño. Por otro lado, el aspecto estético puede llegar a ser un factor determinante a la hora de elegir una llanta de aluminio. Por lo tanto, el diseño de la llanta estará condicionado al uso de tecnologías en materia de fabricación, así como el compromiso de la reducción del peso respecto a sus respectivos, fabricados en acero.
- **Tolerancias dimensionales:** Un perfecto equilibrio en el peso de una llanta significa evitar de vibraciones notables de la rueda. Como resultado, independiente del proceso de fabricación primario (fundición, forja...) las llantas reciben un proceso de mecanizado. Comparado con las ruedas de acero, la reducción del peso en las llantas de aluminio también reduce la intensidad de las vibraciones.
- **Resistencia a corrosión:** Existen diferentes tratamientos superficiales para las llantas de aluminio que ofrecen diferentes cualidades y beneficios. La apariencia, durabilidad y mantenimiento de una rueda son factores a considerar durante el uso en función del entorno en el que se vaya a utilizar.

## 1.2. TIPOS DE RUEDAS METÁLICAS.

La clasificación que se describe a continuación viene condicionada por los escenarios donde se aplica el uso de los distintos tipos de ruedas:

- **Rueda simple (A):** Rueda que soporta un solo neumático en el extremo de un eje de giro. Se trata de la opción más extendida.
- **Rueda gemela (B):** Conjunto de dos ruedas, montadas sobre el mismo eje de giro. Reparto equitativo de las cargas a soportar sobre el eje con el fin de reducir los esfuerzos sobre los neumáticos.

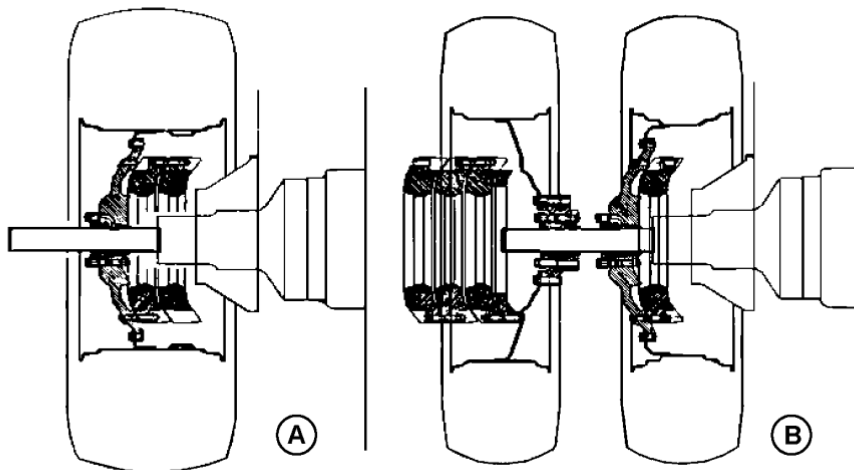


Figura 1.2: Esquema de una rueda simple (A) y una rueda gemela (B)

La siguiente clasificación se ordena según la unión entre la llanta y el buje o semieje de amarre, por consiguiente, se pueden clasificar en:

- Ruedas de disco.
- Ruedas de radios.

### 1.2.1. RUEDAS METÁLICAS DE DISCO

En su mayoría, las ruedas de disco se fabrican utilizando chapa de acero y son construidas a partir de un proceso de laminado o estampado, las cuales se pueden unir a la llanta por diversas formas.

Este tipo de ruedas son las más utilizadas en la actualidad. Durante la adquisición de un vehículo nuevo, los fabricantes adjuntan junto a este tipo de llantas los famosos *tapacubos*, los cuales cumplen una función meramente estética. El acabado de este tipo de llantas suele tener un color oscuro y 'sucio'. La inclusión de este tipo de elementos no modifica en gran medida la sensación de conducción siempre y cuando los tapacubos no tengan defectos o estén dañados.

Este tipo de ruedas cumplen con holgura los requisitos necesarios gracias a su gran rigidez y resistencia a los impactos, así como la facilidad en su fabricación. La unión del disco al cubo se hace efectiva en la parte central mediante tuercas y espárragos, presentando los agujeros de paso de los espárragos de fijación un asiento cónico, para centrar de forma correcta y precisa la rueda.

Las uniones que puede haber entre el disco y la rueda metálica pueden ser:

- Soldadura por puntos
- Soldadura por aro
- Remache
- Embutición

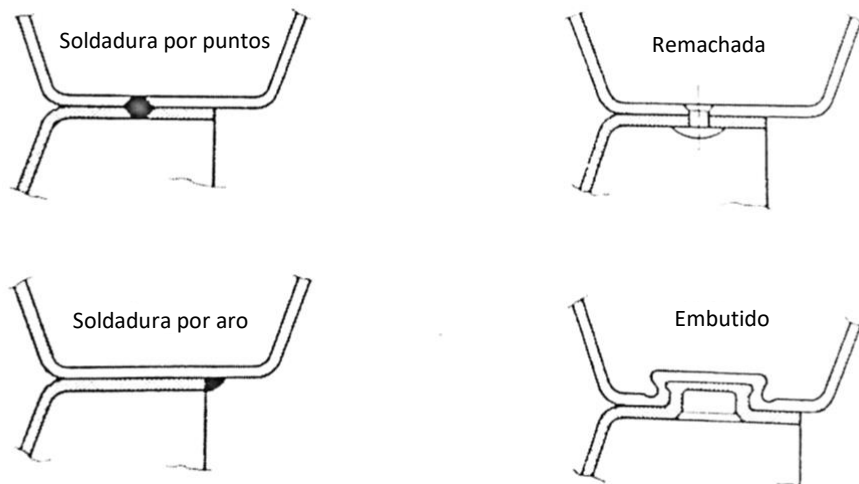


Figura 1.3: Diferentes métodos de unión entre disco y llanta.

Dentro de las ruedas de disco puede diferenciarse las distintas partes de las que consta.

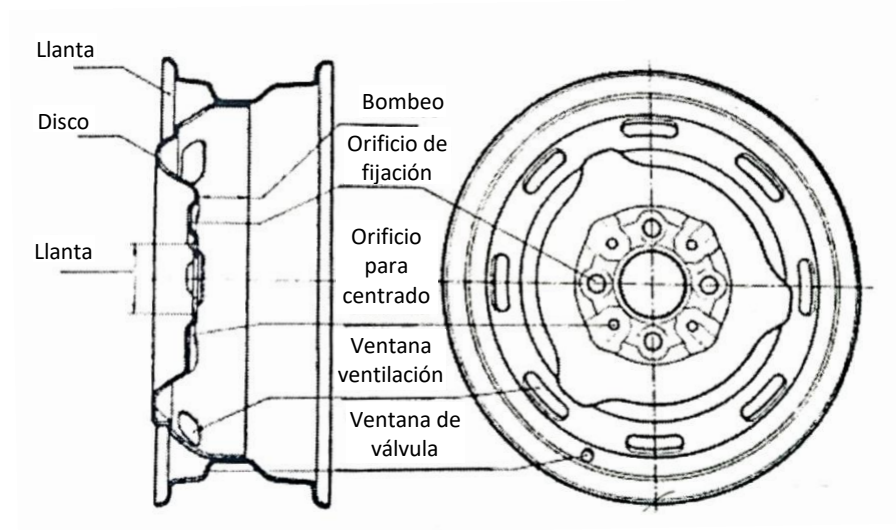


Figura 1.4: Sección frontal y transversal de una rueda de disco.

1. **Superficie de apoyo:** Superficie plana del disco que debe asentarse sobre la superficie correspondiente del buje o semieje.
2. **Agujeros de fijación:** Agujeros a través de los cuales pasan los pernos de fijación.
3. **Agujero central:** (en caso de que exista) Agujero realizado en el centro del disco para permitir el paso del buje o semieje de la rueda.
4. **Diámetro de implementación de los agujeros de fijación:** Distancia desde el centro del agujero central hasta los centros de los agujeros de fijación.
5. **Ventana de la válvula:** Es el orificio ejecutado sobre el disco para permitir el paso de la válvula.
6. **Bombeo:** Distancia en el plano de apoyo del disco y el plano longitudinal medio de la llanta. Existe varios tipos de bombeo, en función de la geometría de la rueda.
  - a. **Bombeo positivo:** La línea central de la llanta está situada en el mismo lado de la cara de apoyo del disco.
  - b. **Bombeo cero o nulo:** La línea central de la llanta coincide con la cara de apoyo del disco.
  - c. **Bombeo negativo:** La línea central de la llanta está situada de manera inversa al bombeo positivo.
7. **Ventanas de ventilación:** Ventanas ejecutadas sobre la superficie del disco, y ubicadas cerca de la llanta para ayudar a la ventilación de tambores o discos de freno.

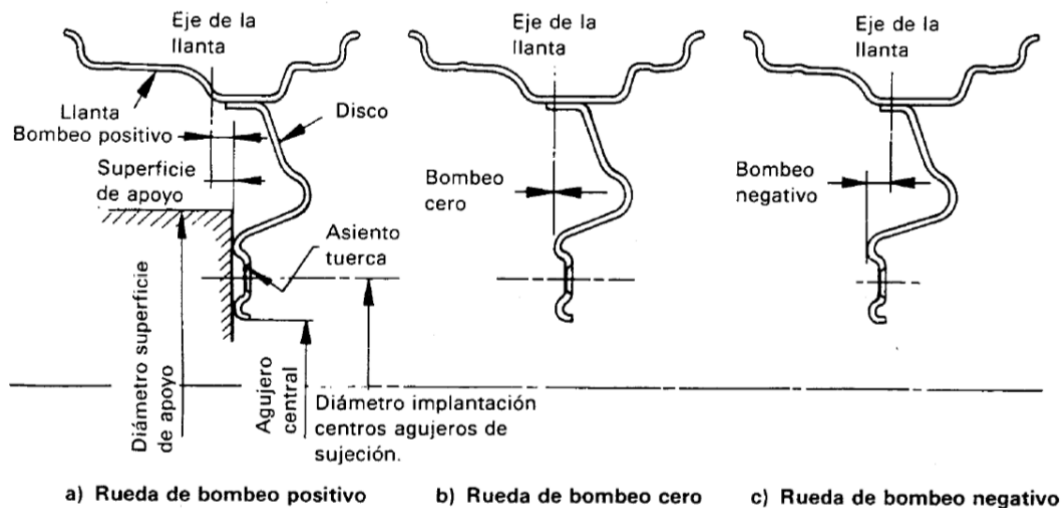


Figura 1.5: Esquema de los tres diferentes tipos de bombeo.

Teniendo en cuenta todos los elementos citados anteriormente para los discos de acero estampado, existe una variante para las *ruedas de disco de aleación ligera*. Teniendo en cuenta que este tipo de ruedas suele venderse al consumidor a un precio superior a las llantas de acero convencionales, viene ligado a una serie de mejoras tales como:

Menor peso, lo que se traduce en mayor espesor. En este caso aumenta la rigidez y permite una distribución más amplia de las tensiones a las que la rueda llega a someterse. Uso de neumáticos de mayor sección, debido a la anchura de las llantas. Por último, el peso se reduce respecto a las de acero estampados, lo que reduce los efectos de inercia, consiguiendo una mejor aceleración del vehículo.

En cuanto a inconvenientes respecto a los discos de acero, cabe destacar la sensibilidad a la corrosión de tipo salino y electrolítico, lo cual es poco recomendable en zonas costeras. Otro inconveniente que puede echar para atrás al consumidor es el elevado precio, ya que se suele ver en vehículos de lujo o como un *extra* opcional.



### 1.2.2. RUEDAS METÁLICAS DE RADIOS

Este tipo de ruedas tienen la peculiaridad en el método de construcción, el cual se compone de una llanta, que va unido al manguito central, mediante una serie de radios de alambre de acero. Dicho manguito está estriado por la parte interior lo que permite que pueda acoplarse al buje con una única tuerca central, con forma de palomilla.



*Figura 1.6: Detalle de una rueda metálica de radios.*

En conjunto, este tipo de ruedas ofrecen una gran resistencia aparte de ser ligeras. Principalmente sólo se usa en vehículos deportivos o de competición. Los esfuerzos que recibe la llanta son transmitidos a través de los radios al cubo. Estos radios se caracterizan por contar con una resistencia notable a tracción, más que a compresión. La colocación de estos elementos se realiza de manera que se puedan entrelazar para ofrecer una mayor resistencia global.

La unión de los radios a la llanta se realiza mediante tuercas, por lo que no se puede montar en ella neumáticos sin cámara, por falta de estanqueidad.

### 1.2.3. RUEDAS METÁLICAS DE DOS PARTES

Rueda compuesta de dos partes, que pueden ser o no ser iguales, las cuales van unidas entre sí mediante tornillos. En conjunto forma una única llanta que presenta dos pestañas.

#### 1.2.4. RUEDAS METÁLICAS DE LLANTA DESMONTABLE

En este tipo de ruedas la llanta o llantas de este tipo van unidas al centro de la rueda. Dicho centro trabaja como buje y soporte para el tambor o disco de freno según el sistema utilizado (en este caso una o dos llantas).

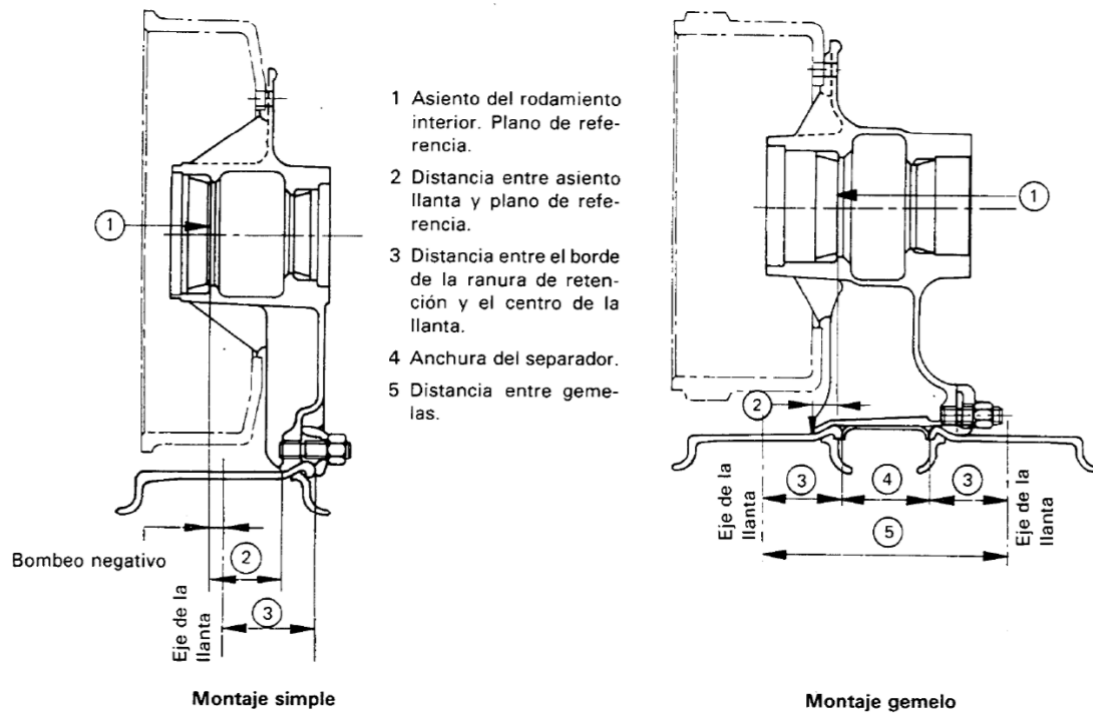


Figura 1.7: Esquema de montaje una llanta desmontable: para una llanta (izqda.) y dos llantas (drcha.)

#### 1.2.5. RUEDAS METÁLICAS REVERSIBLES

La geometría de estas ruedas permite su montaje por cualquiera de las dos caras de su disco, de forma que podamos tener disponible dos opciones de bombeo. Un bombeo positivo (vía estrecha) o un bombeo negativo (vía ancha).

### 1.2.6. RUEDAS METÁLICAS DE ANCHO DE VÍA REGULABLE

Este tipo de ruedas está concebido de tal forma, que puede variar de posición a lo largo del eje, respecto al disco de la rueda. La forma de regular esta posición se realiza de un modo manual o de manera mecánica.

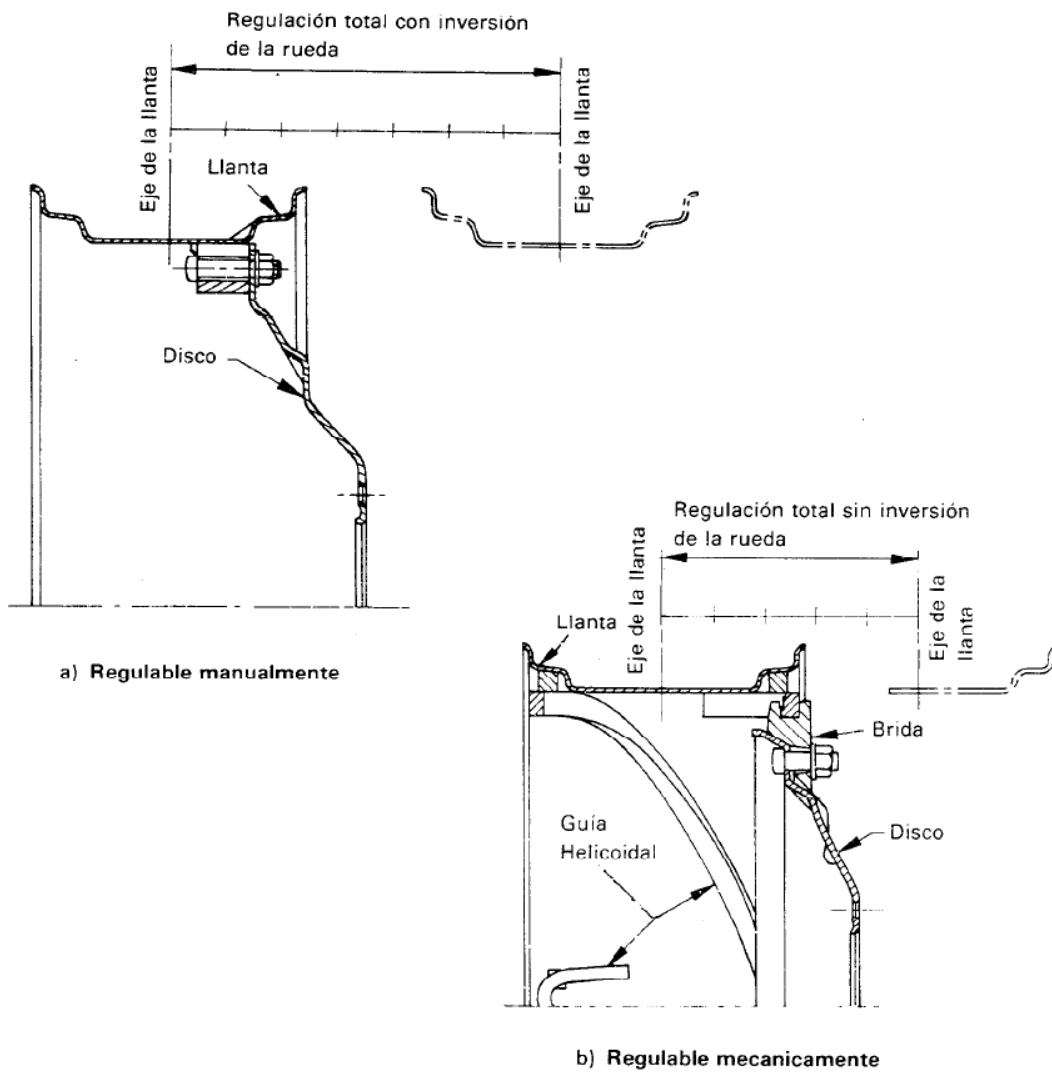


Figura 1.8: Esquema de la sección de los tipos de rueda metálica de ancho de vía regulable.

### 1.3. LLANTAS

La llanta es la parte de la rueda que tiene como misión sujetar el neumático o cubierta y recibir los esfuerzos a lo que se ve sometido el vehículo al que va montado debido a la acción de la gravedad. La principal característica que define a una llanta es su perfil, es decir, la forma que adopta el perfil transversal de la misma. En función del tipo de sección se podrá definir el tipo de llanta.

#### 1.3.1. PARTES DE UNA LLANTA

- **Pestaña:** Parte de la llanta donde se apoya lateralmente el talón de la cubierta.
- **Asiento del talón:** Parte de la llanta donde se apoyan los talones de la cubierta.
- **Base:** Área comprendida entre los asientos de ambos talones.
- **Orificio para la salida de la válvula:** Orificio que permite el montaje y salida de la válvula, de forma y posición variable, en función del tipo de llanta. Existen llantas en las cuales se encuentran dos orificios de válvula, lo que facilita el acceso a la salida de la válvula en el caso de ruedas gemelas, y un mejor equilibrado de la rueda.
- **Ranura de retención:** Ranura de la llanta en la que descansan las piezas de la misma, como el aro de cierre o un aro lateral combinado.

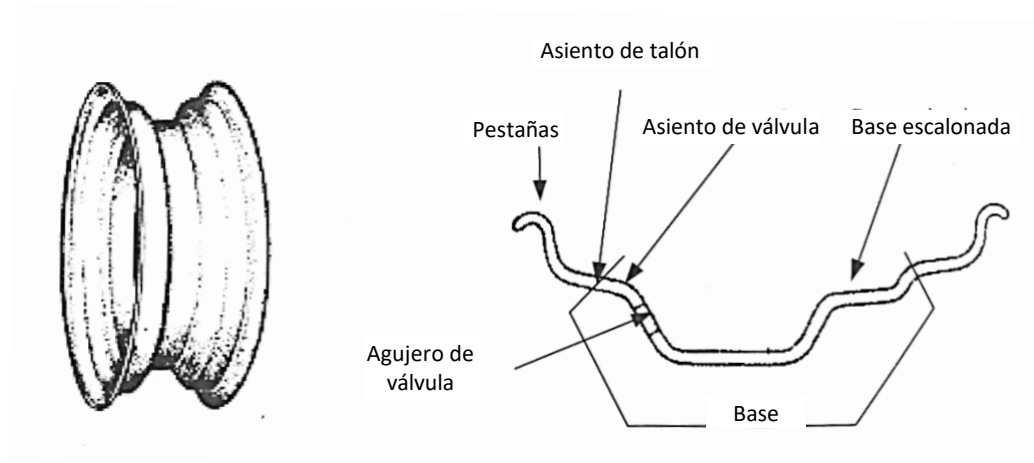


Figura 1.9: Esquema de la sección de una llanta.

### 1.3.2. NOMENCLATURA

La nomenclatura utilizada para definir cada una de las partes de la llanta viene especificada en la norma UNE 26-291-80, en la que también se especifica los diversos tipos de perfiles en caso de utilizar un neumático sin cámara.

### 1.3.3. TIPOS DE LLANTAS

En función del tipo de perfil transversal y las características constructivas de una llanta, estos son los tipos de llanta que se pueden definir:

- Llanta de base honda.
- Llanta desmontable.
- Llanta de seguridad.

#### 1.3.3.1. *LLANTAS DE BASE HONDA*

Se define como la llanta en la que la base queda más profunda en el centro, lo que facilita el montaje y desmontaje de la cubierta. De manera habitual, los asientos del talón están inclinados con un ángulo específico, lo que permite clasificarlas según esta característica.

- **Llantas de base honda simétricas:** Perfil simétrico respecto al eje longitudinal de la llanta.
- **Llantas de base honda asimétricas:** Perfil no simétrico respecto al eje longitudinal de la llanta.
- **Llantas de base honda con resaltes:** Resalte ubicado en el asiento del talón, a lo largo del perímetro de la llanta, en uno o ambos lados.

#### 1.3.3.2. *LLANTAS DESMONTABLES*

Este tipo de llantas resulta útil en vehículos de uso industrial, así como autocares de pasajeros. Se caracterizan por estar compuestos por más de una pieza, para facilitar el montaje y desmontaje del neumático. Presentan una base plana y cuentan con una pestaña desmontable. Este tipo de llantas puede clasificarse según los siguientes tipos:

- **Llanta semihonda:** Base menos profunda respecto a las llantas hondas, lo que significa disponer de una pestaña desmontable para permitir el montaje y desmontaje de la cubierta.
- **Llanta de base plana con asientos de talón inclinados:** Base generalmente plana y los asientos del talón se encuentran inclinados un cierto ángulo. Cuenta con varias piezas movibles, lo que permite el montaje y desmontaje de la cubierta.
- **Llanta plana:** Asientos de talón planos, de igual forma que la base, y cuenta al menos con una pestaña desmontable.
- **Llanta en sectores:** Llanta desmontable en sectores que permite el montaje y desmontaje de la cubierta.
- **Llanta en dos mitades:** Llanta que puede dividirse en dos mitades, según el plano longitudinal medio, para montaje y desmontaje de la cubierta.

#### **1.3.3.3. LLANTAS DE SEGURIDAD**

Este tipo de llantas tiene como característica que se pueden fabricar de una sola pieza, y el canal de la base se recubre con una tira metálica o cinturón de poliuretano. Esto permite que la base de la llanta permanezca plana, en lugar de hundida. Este método permite el montaje en toda clase de neumáticos.

### 1.3.4. TERMINOLOGÍA DIMENSIONAL DE UNA LLANTA

La terminología utilizada para describir las principales dimensiones de una llanta está definida con precisión en la Norma UNE 26-291-80, la cual se resume en:

- **Anchura (A):** Indica la cota de perfil transversal entre los dos vértices formados por los asientos del talón y las pestañas.
- **Diámetro nominal (Dc):** Diámetro correspondiente a la diferencia de los asientos de talón, medida de forma teórica en cualquiera de los vértices anteriores.
- **Altura de la pestaña (a):** Corresponde a la semidiferencia del diámetro máximo o exterior de la llanta y el diámetro nominal.

De manera habitual, la definición de una llanta viene determinada por su perfil y diámetro. En ocasiones, se utiliza el signo (x) para definir las llantas de base honda y el signo (-) para las de base plana, terminología definida en la Norma DIN 7817.

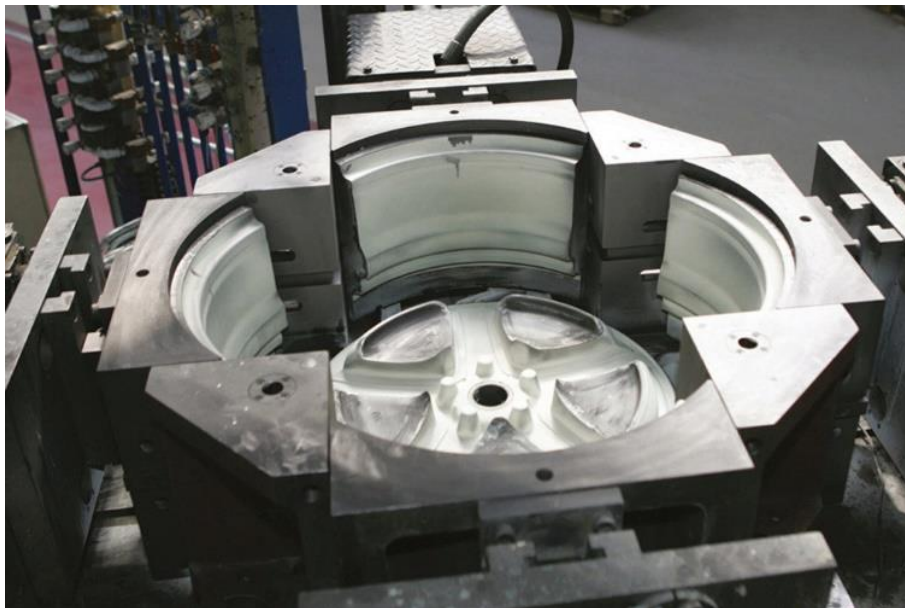
El perfil de llanta en cambio se define por la medida de su anchura, que le acompaña una letra (B, C, D, E, F, G, J, JJ, JK y K). En la tabla que se muestra a continuación se expone algunos ejemplos de la terminología utilizada en algunas llantas.

*Tabla 1.1: Notaciones utilizadas en diferentes tipos de llantas.*

APLICACIONES	NOTACIÓN	ANCHURA DEL PERFIL (pulgadas)	FORMA DE LA PESTAÑA	DIÁMETRO DE LA LLANTA (pulgadas)
Turismo	4,5 J x 12	4,5	J	12
Turismo	4,5 B x 13	4,5	B	13
Turismo	5 ½ JK x 15	5 ½	JK	15
Camión Ligero	6.00 x 16.5	6	-	16.5
Camión Ligero	5.50 F S.D.C*.-16	5.50	F	16
Camión Medio y Pesado	7.5 – 20	7.5	-	20
Camión MyP	8.00 V – 22	8.00	V	22
Agrícolas	W 12 x 28	12	W	28
Agrícolas	W 10 H x 28	10	H	28
Agrícolas	DW ** 16 x 26	16	-	26
M. de Tierra	13.00/2.5*** - 25	13.00	-	25

### 1.3.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DE UNA LLANTA

El proceso de fabricación se inicia partiendo del aprovisionamiento de la materia prima, en este caso aluminio. Puesto que posteriormente se va a fundir, el formato habitual es el lingote, con un porcentaje del 97 % de su composición química de aluminio. Se introducen en unos hornos a 750° C para transformar su estado de sólido a líquido, proceso que lleva aproximadamente unos 25 minutos. Una vez líquido, se vierte en una tolva donde además se inyecta gas argón que facilita la eliminación de hidrógeno. Con esto se consigue hacer el material más denso y menos poroso una vez se solidifica. En la tolva se introduce polvo de titanio, magnesio y otros elementos metálicos para incrementar su resistencia mecánica y se mezcla, el cual genera impurezas como el óxido de aluminio, que son arrastradas a la superficie. Dichas impurezas son eliminadas posteriormente, con lo que queda el aluminio líquido listo para el proceso de fundición.



*Figura 1.10: Molde de una llanta de aluminio.*

El molde es fabricado en acero de alta resistencia y está compuesto de tres partes. La parte superior, para la parte interior de la llanta. La parte de la rueda metálica, que se fabrica a partir de un molde compuesto de cuatro piezas, y la parte inferior con la que se obtiene el exterior incluyendo el patrón del disco. Para el diseño del molde se emplea software por elementos finitos (CAE) con los cuales se simula el flujo y temperatura del aluminio fundido para prevenir posibles defectos durante el proceso de fabricación de la llanta. El diseño del



molde está planteado para que el llenado se haga desde la base, inyectando el aluminio líquido por presión.

Una vez se ha inyectado, el aluminio requiere entre 7 y 10 minutos para que se solidifique. Pasado dicho tiempo, el molde se abre automáticamente liberando así la llanta. Posteriormente se sumerge cada llanta en agua a temperatura ambiente para enfriar la llanta y que pueda así manipularse para el siguiente proceso.

Con el fin de mejorar las características mecánicas y ordenar la estructura metalográfica de la llanta se realiza un tratamiento térmico. Este proceso dura unas 12 horas, durante las cuales se calienta la llanta a 500° C (solución). Posteriormente se sumerge en agua a 80° C durante 30 segundos para establecer la nueva resistencia (temple). Por último, se vuelve a calentar a 180° C para que el material se estabilice (envejecimiento o maduración).

Por otro lado, aunque no está extendido entre los fabricantes OEM, en aquellos casos donde las características mecánicas juegan un papel importante (véase en vehículos de competición) el bruto de las llantas se obtiene a partir del proceso de forja. Las aleaciones indicadas para este proceso tienen un alto contenido de magnesio y silicio (serie 5000 y 6000) y la materia prima se sirve en formato de barra definiendo el contorno de la sección a la forma deseada (habría que incluir la matriz de extrusión en el coste de los utillajes) y cortando a la longitud concreta. Cada unidad cortada a partir de la barra se calienta (aproximadamente a 420° C) y se coloca en un molde de forja. Este molde está dividido en dos cavidades y es una prensa la que se encarga de aplicar la energía cinética necesaria para cerrar el molde, y que la pieza previamente calentada, a través de la fricción con la cavidad resultante de la unión de las dos partes del molde, dé como resultado la forma final del bruto.

Al igual que la obtención del bruto a partir del proceso de inyección a presión, posteriormente prosigue con un proceso de tratamiento térmico con unas características basadas en el tipo de aleación y las características finales deseadas.

Debido a que el proceso de fundición por inyección a baja presión como el de forja se realizan con un molde, la llanta requiere de un proceso de mecanizado con el fin de ajustar las tolerancias y rugosidades a las requeridas utilizando un centro de mecanizado y sujetando la llanta a la máquina con unas mordazas que se ajusten a la forma de la llanta previa a dicho proceso.



*Figura 1.11: Llantas en bruto dentro de un centro de mecanizado.*

En el mundo de la automoción, es requisito esencial mantener y hacer un seguimiento de la calidad incluso para lotes de producción por lo que una fase más dentro del proceso de fabricación de una llanta es el elegir de manera aleatoria unidades fabricadas para someterlas a un control de calidad. Para inspeccionar esta tipología de producto se sumerge las llantas en agua y se las hace girar para simular un uso habitual que puedan tener. Se pretende detectar posibles fallos en la fabricación, habiendo previamente introducido aire en la llanta, revisando si aparecen burbujas. En ese caso, significaría que hay algún agujero o defecto durante el llenado (falta de material). Por otro lado, también se verifica que las tolerancias dimensionales y de rugosidad están dentro de los umbrales indicados en los planos, que van de acuerdo a lo indicado en la norma correspondiente en función del proceso aplicado en cada caso.

En el caso de que el control de calidad sea satisfactorio, se procedería con los procesos opciones de personalización (pintado de la llanta) y finalmente el embalaje y envío al cliente.

## 2. INTRODUCCIÓN A LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

### 2.1. CONTEXTO E HISTORIA DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

Aunque el desarrollo iterativo e incremental (desde ahora DII) es una técnica habitual utilizada en el mundo del desarrollo de software, esta encuentra su origen en la década de los 50. El North American X-15, un avión cohete experimental utilizado por la USAF, la NASA y la USN fue el primer hito documentado por el uso de esta técnica, y su puesta en uso fue considerada como una contribución que aseguró el éxito de su desarrollo.

En los inicios de los 60, gracias a lo aprendido con esta experiencia, personal de la NASA implementó DII en el desarrollo de software dentro del Programa Mercury y posteriormente, personal que participó en dicho programa, colaboraría en otro hito con esta técnica dentro la IBM Federal Systems Division (FSD).

A partir de ese momento, diversos hitos en el desarrollo de proyectos utilizando metodologías ágiles tuvieron lugar, siendo siempre los protagonistas aquella parte del núcleo quien inició la andadura en DII.

Los cimientos de esta metodología se construyeron al alrededor del desarrollo de software, aunque no fue hasta que, en diciembre de 2001, un grupo de desarrolladores se reunieron para debatir sobre metodologías de desarrollo ágil. Fruto de dicha reunión, se establecería a partir de entonces un estándar en el ámbito de desarrollo de software con la publicación del *'Manifiesto for Agile Software Development'*.

### 2.2. PRINCIPIOS Y VALORES DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

El *'Manifiesto for Agile Software Development'* se basa en doce principios:

1. **Cambios bienvenidos** en los requisitos del proyecto incluso durante el desarrollo. Los procesos ágiles usan este cambio como ventaja competitiva para el cliente.
2. **Entrega rápida de valor**. La prioridad es la de satisfacer al cliente a través de entregas tempranas y continuas de software con valor añadido.
3. **Entrega de software funcional con frecuencia**. Dicha entrega va desde un par de semanas hasta un par de meses, siendo preferente el periodo más corto posible.

4. **Trabajar juntos diariamente.** El dpto. Comercial y el dpto. Técnico deben trabajar de manera colaborativa y diariamente en el proyecto.
5. **Construye proyectos a través de individuos motivados.** Proporcionar el entorno y el soporte que los desarrolladores necesitan y confiar en que el proyecto se lleve a cabo.
6. Las **conversaciones cara a cara** es la manera más efectiva y eficiente de transmitir información dentro de un equipo de desarrollo.
7. **Software funcional** es clave, siendo la manera principal de medir el progreso. No son los requerimientos, los modelos o diseños.
8. **Desarrollo sostenible.** Patrocinadores, desarrolladores y usuarios deberían mantener un ritmo constante indefinidamente.
9. **Atención a la excelencia técnica** continuada y una buena planificación incrementan la agilidad.
10. **Simplicidad.** Entregas pequeñas que coincidan con los criterios de aceptación antes que incluir añadidos que no son prioritarios.
11. **Equipos autoorganizados.** Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños emergen de equipos autoorganizados.
12. **Reflexionar y ajustar.** En intervalos regulares, el equipo reflexiona cómo mejorar su efectividad para luego modificar y ajustar su rendimiento en consonancia.

Así mismo, en dicho escrito se establecen 4 valores:

- **Individuos e interacciones** sobre procesos y herramientas.

Los procesos ayudan a llevar el trabajo a buen puerto y las herramientas a mejorar la eficiencia. Pero trabajadores sin conocimiento o con una actitud inadecuada no consiguen resultados.

- **Software funcional** sobre documentación extensiva.

Poder ver anticipadamente resultados o contar de antemano con un prototipo nos ayuda a adelantarnos ante posibles fallos y adoptar cambios que no se predijeron durante el establecimiento de los requerimientos del proyecto.

- **Colaboración con el cliente** sobre negociación contractual.

En un entorno ágil, la obtención de resultados no viene directamente ligado a la consecución de los objetivos, de acuerdo a los requisitos que se establecieron al inicio del proyecto. El cliente es parte del equipo de desarrollo y, como tal, colabora en el grupo de trabajo.

- **Respuesta ante el cambio** sobre seguir un plan.

En entornos donde los cambios son un factor determinante, se valora positivamente la capacidad de respuesta y la adaptabilidad.

## 2.3. TIPOS DE METODOLOGÍAS ÁGILES

Existen diferentes tipos de metodologías ágiles, todas ellas comparten gran parte de los principios y valores descritos en la sección anterior. No obstante, cada una de ellas cuenta con ciertas particularidades que las hacen especialmente adecuadas en función del entorno en el cual se vaya a aplicar.

### 2.3.1. MÉTODO LEAN

La metodología Lean consiste en gestionar los procesos empleando el menor número de recursos posibles y eliminando las tareas que no aportan valor. De este modo, se pretende reducir la inversión, tiempo y esfuerzo con el objetivo de incrementar la eficiencia en los procesos.

Los principios que fomenta esta metodología son:

- **Calidad en primera instancia**, búsqueda de la ausencia de fallos, así como detectar y solucionar los problemas en origen.
- **Minimizar los recursos**. La eliminación de todas aquellas actividades que no aporten valor añadido, lo que implica optimizar el uso de recursos.
- **Mejora continua** en ámbitos como la reducción de costes, aumento de la productividad, mejora de la calidad, etc. La estrategia para conseguir dicha mejora consiste en las 5S (*seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke*).
- **Procesos <<pull>>**, lo que implica que se produzcan bajo una demanda real, y no una perspectiva a largo plazo.

- **Flexibilidad** a la hora de producir gran variedad de productos y en pequeños lotes de producción.
- **Establecer relaciones a largo plazo con proveedores** con el fin de compartir parte de los riesgos, costes e información

Fue concebida por Taiichi Ohno, director y consultor de Toyota, en los años 80. Actualmente, se trata de una metodología ampliamente extendida en el sector industrial.

### 2.3.2. MÉTODO SCRUM

Si bien a Scrum se le conoce por ser un marco de trabajo donde se establecen eventos, prácticas y roles, se considera en su conjunto como la base de la forma de producir que utilizará un equipo de trabajo dentro del proyecto.

Está orientado a proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto, cuyos requisitos pueden ser cambiantes o poco definidos. Es especialmente útil en aquellos proyectos en los que el cliente no recibe lo que requiere, las entregas se extienden en el tiempo, los costes se disparan o la calidad no es aceptable. También ayuda a aquellos equipos donde se requiere capacidad de reacción y adaptación ante la competencia, cuando la moral es baja y la rotación es alta, etc. Esta metodología se basa en:

- Desarrollo incremental en bloques cortos y definidos.
- Se prioriza lo que para el cliente es más valioso en cada momento.
- Reunión diaria de seguimiento y realización de las adaptaciones necesarias.
- Tras cada iteración se realiza reunión de seguimiento con el cliente, para que tome decisiones basadas en lo observado.
- Autonomía para el grupo de trabajo para la consecución de los objetivos.
- Fijar <<deadlines>> para lograr dichos objetivos.
- Equipos pequeños (de 3 a 9 personas).

Este modelo fue concebido y definido por Ikujiro Nonaka y Takeuchi a principios de los 80, al analizar cómo desarrollaban productos las principales empresas tecnológicas de aquella época (Fuji-Xerox, Canon, Honda...)

### 2.3.3. MÉTODO KANBAN

Esta metodología, cuyo significado es *letrero* en japones, ha pasado a formar parte de las llamadas metodologías ágiles, el cual pretende únicamente gestionar la forma en la que se van completando las tareas, detallándose la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos que tienen lugar dentro de una fábrica o en el tránsito de un producto entre un proveedor y su cliente (y viceversa).

Cuando el cliente retira los productos del contenedor/embalaje que incorpora la señal o tarjeta de demanda, éste regresa a las instalaciones del proveedor, que recibirán vacío, y gracias a la mencionada tarjeta se volverá a generar la demanda.

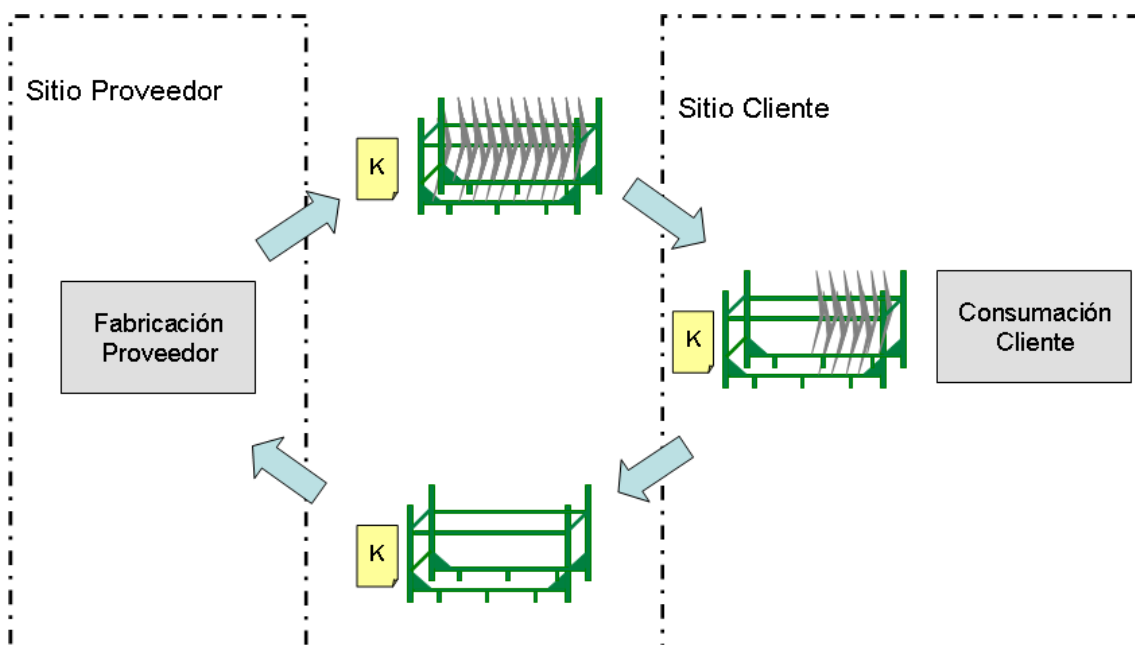


Figura 2.1: Esquema del flujo en el método Kanban.

Funcionando bajo el principio de flujos <<pull>>, se define la cantidad óptima de productos a entregar, ni tan grande que dificulte la producción y almacenamiento, ni tan pequeño como para que se generen reducciones excesivas de stock. Aunque históricamente este proceso en origen funcionaba con tarjetas, se puede emplear otro tipo de dispositivos para generar el movimiento, producción y suministro de los productos a fabricar.

Inventado por Toyota, por la necesidad de implementar y mantener una serie de mejoras a nivel productivo.

## 2.4. MARCOS DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO ÁGIL

También conocidos como *frameworks*, son un acercamiento a la manera de plantear, gestionar y ejecutar el trabajo, y se han convertido en una herramienta importante en proyectos, relativamente grandes, popularizándose en el campo del desarrollo de software.

### 2.4.1. Scrum

Aunque scrum está definido y sigue una estructura, permite cierta flexibilidad. Puede adaptarse con el fin de subsanar las fluctuaciones en cualquier organización. Como se comentaba en la sección anterior, en este framework se trabaja por iteraciones y al final de cada iteración se pretende conseguir un incremento del valor del producto final. Para poder hacer un seguimiento del desarrollo se definen tres **artefactos**:

- **Backlog del producto:** Se trata de la lista de tareas a realizar para obtener el producto final. El "Product Owner" (ver definición más abajo) se encarga de revisar, cambiando las prioridades de cada tarea si lo considera necesario, en definitiva, realiza el mantenimiento de esta lista de acuerdo a las necesidades del cliente, cambios en el mercado, etc.
- **Backlog del sprint:** De la lista de tareas definidas en el backlog del producto, se seleccionan aquellas que son críticas o que pueden depender de otras para realizar a posteriori, y que se llevarán a cabo en la próxima iteración. Al igual que en el backlog del producto, son flexibles y están sujetas a modificaciones si se considera oportuno.
- **Incremento:** (u objetivo final del sprint) el estado en el que se encontrará el producto después de completar las tareas definidas en el backlog del sprint.

A continuación, se definen los eventos que componen cada una de las iteraciones:

1. **Organización del backlog:** Responsabilidad del Product Owner, que se encargará, en colaboración con el equipo de desarrollo y considerando las necesidades de cliente/mercado, las tareas a completar en el próximo sprint. A este evento también



- se le conoce como 'limpieza del backlog', ya que puede haber tareas que ya se han completado del sprint anterior y otras que, en su caso, sigan pendientes de finalizar.
2. **Planificación del sprint:** El equipo de desarrollo planifica el trabajo que va a realizar durante el sprint. Esta reunión está dirigida por el "Scrum Master". Posteriormente se definen las historias de usuario (definición de tarea), que se adecuan al objetivo del sprint y consensuadas con el equipo de scrum (scrum master y equipo de desarrollo) para asegurar que sean factibles.
  3. **Sprint:** Periodo, cuya duración dura entre dos y cuatro semanas, en el que el equipo de desarrollo lleva a cabo las tareas definidas en la planificación del sprint. Durante este tiempo, el Product Owner y el equipo de desarrollo pueden redefinir el alcance de la consecución de los objetivos si es necesario. El sprint se subdivide en los siguientes eventos:

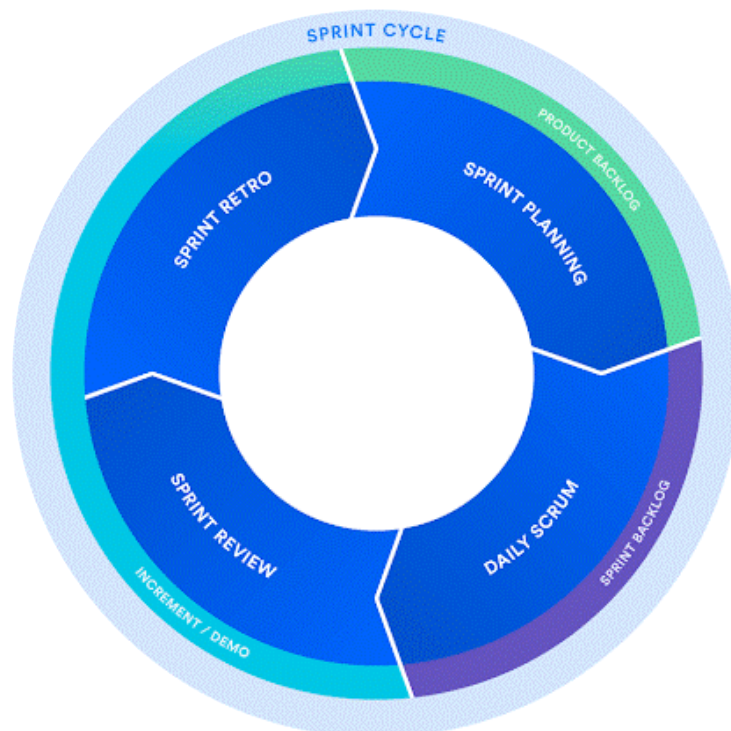


Figura 2.2: Ceremonias de un sprint con sus respectivos inputs/outputs.

- a. **Reunión daily:** Reunión diaria, habitualmente a la misma hora, y de corta duración. En dicha reunión, dirigida por el Scrum Master, el equipo de desarrollo debe notificar si existe algún impedimento para cumplir los objetivos, así como comunicar los avances conseguidos durante el día anterior. Generalmente se pide a cada miembro del equipo de desarrollo que responda a estas tres preguntas:
  - i. ¿Qué hice ayer?
  - ii. ¿Qué tengo planificado para hoy?
  - iii. ¿Hay algún obstáculo?

En el caso de existir algún impedimento, el Scrum Master debe encargarse de desbloquear dicho obstáculo, ya sea proponiendo una solución o redirigir a la persona indicada según sea el problema a solucionar.

- b. **Revisión del sprint:** Al final del sprint, el equipo tiene una reunión para comprobar el incremento conseguido. El equipo de desarrollo muestra los elementos que se han finalizado a las partes interesadas y compañeros de equipo para recibir feedback. El Product Owner debe decidir si lanza dicho incremento a producción y se revisa el backlog del producto para planificar el próximo sprint.
- c. **Retrospectiva del sprint:** El equipo se reúne para analizar y documentar que ha funcionado durante el sprint, los componentes del equipo, el proyecto, las herramientas utilizadas. Todo esto debe servir para aprender y mejorar de cara a siguientes iteraciones y 'perfeccionar' la forma de trabajar.

Dentro de scrum se diferencian tres **roles**, cada uno de ellos con un papel importante:

- **Product Owner** (o Propietario del Producto): Se encarga de asegurar de que el equipo de scrum trabaja de manera adecuada, desde la perspectiva de negocio. Es el nexo entre cliente/stakeholders y el equipo de desarrollo. Se encarga que la comunicación fluya entre ambos agentes, así como definir las necesidades del producto/mercado para la toma de decisiones.
- **Scrum Master** (o Facilitador/a): responsable del cumplimiento de los estamentos del framework scrum. Se encarga de que estas reglas sean entendidas por la organización y asegura que se trabaja conforme a ello. Organiza cada uno de los eventos y

desbloquea los impedimentos que encuentra el equipo de desarrollo con el fin de alcanzar el objetivo definido en el sprint. Asesora y da formación al resto de componentes del equipo.

- **Equipo de desarrollo:** Compuesto idealmente entre 3 y 9 personas. Se encargan de la entrega del incremento del producto generado en cada sprint. Se recomienda que el equipo lo conforme gente de varias disciplinas con el fin de disponer de habilidades transversales en la realización del trabajo.

#### 2.4.2. Kanban

Todo el trabajo que engloba la metodología Kanban gira alrededor de un tablero Kanban. Se trata de un tablero que permite visualizar y optimizar el flujo de trabajo entre los miembros de un mismo equipo. Independientemente de si el tablero es físico o digital, este permite visualizar qué tareas son críticas o aquellas que pueden depender de otras. En el tablero, se pueden diferenciar claramente tres columnas (o cuatro según el caso), cada una de ellas define el estado de la tarea: Pendiente de hacer, en progreso, en revisión y completado.

Si bien el tablero es un elemento esencial, la información relevante para el equipo de desarrollo está contenido en tarjetas. Estas tarjetas describen el nombre y descripción de la tarea, la persona encargada de llevarla a cabo y la duración estimada para llevar a cabo dicha tarea. De tal forma que cada miembro del equipo de desarrollo se asigna una de las tarjetas, procedentes del backlog del producto, para llevar dicha tarea a cabo hasta completarla.

Este conjunto de tablero y tarjetas ayuda a que, de un simple vistazo y de una manera agradable a la vista, podamos ver el estado del proyecto en su conjunto. Si bien Kanban se concibió como una metodología de trabajo donde se ajustaba la cantidad de trabajo con la capacidad del equipo, a día de hoy en el campo de desarrollo de software está considerada más como una herramienta que propiamente una metodología.

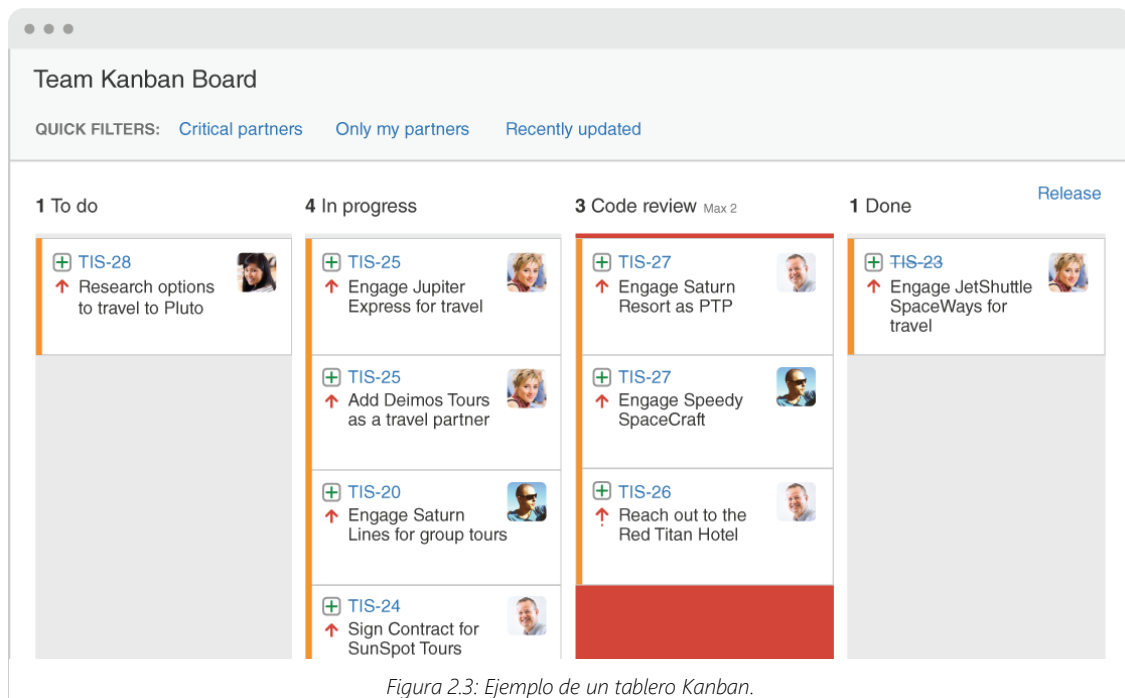


Figura 2.3: Ejemplo de un tablero Kanban.

Los beneficios que aporta en el desarrollo el uso de la metodología Kanban son los siguientes:

- **Flexibilidad:** El equipo sólo se centra en el trabajo en curso. Cuando una de las tareas contenidas en una tarjeta se termina, el Product Owner es quién se encarga de establecer la nueva prioridad en el tablero, sin interrumpir el flujo de trabajo del resto de componentes del equipo. Con esto, el equipo puede prescindir de establecer iteraciones con los correspondientes eventos.
- **Ciclos cortos:** La capacidad de aunar habilidades en algunos procesos permiten ciclos más cortos. No obstante, si sólo hay una persona con un conjunto de habilidades en concreto, esto puede generar cuellos de botella. Es por ello, que es habitual que en los equipos se realicen mentorías para compartir conocimientos, con lo que se consigue que diferentes miembros del equipo puedan asumir cualquier trabajo para el que inicialmente no estaba preparado. En el marco de trabajo Kanban, es responsabilidad de todo el equipo el correcto flujo del trabajo.
- **Menos cuellos de botella:** El realizar muchas tareas al mismo tiempo puede ser un lastre a largo plazo. En Kanban se recomienda limitar el número de tareas a realizar en un mismo periodo de tiempo. Es habitual que en la columna 'en revisión' se defina el no haber más de dos tareas con el fin de proponer una cadencia y evitar la saturación.

Tabla 2.1: Diferencias entre Scrum y Kanban.

	SCRUM	KANBAN
<i>Cadencia</i>	Sprints de longitud fija periódicos (ej. dos semanas)	Flujo continuo.
<i>Metodología de publicación</i>	Al final de cada sprint, si lo aprueba el propietario del producto.	Entrega continua o a elección del equipo.
<i>Funciones</i>	Propietario del producto, facilitador, equipo de desarrollo.	No existen funciones. Algunos equipos cuentan con ayuda de un orientador ágil.
<i>Métricas clave</i>	Velocidad.	Tiempo de ciclo.
<i>Filosofía de cambios</i>	Los equipos deben evitar modificaciones durante el sprint. Sino el aprendizaje sobre la estimación de tiempos desaparece.	Los cambios pueden tener lugar en cualquier momento.

#### 2.4.3. Scrumban

Scrumban nació para ayudar a los equipos a realizar la transición de Scrum a Kanban o viceversa. No obstante, se descubrió que la combinación de ambas estrategias podía resultar beneficiosa.

##### Elementos de Scrum en Scrumban

- Iteraciones en intervalos constantes. Generalmente incluyendo la revisión de sprint y la retrospectiva.
- Priorizar el trabajo en función de la necesidad y demanda del producto.
- Equipo en consonancia al definir el trabajo como "terminado", como definición de lo que implica completar una tarea.

##### Elementos de Kanban en Scrumban

- Se parte de un backlog del producto, en el que cada componente se asigna una tarea para completar.
- Límite de tareas a completar en el mismo espacio de tiempo.
- Representación de tareas en tarjetas y uso del tablero Kanban para la visualización del flujo de trabajo.

## Elementos exclusivos de Scrumban

- No existen jerarquías. Todos los integrantes del equipo tienen las mismas oportunidades en la toma de decisiones. No existe un líder claro, por lo que el equipo se autogestiona.
- Los proyectos no tienen por qué tener una fecha de vencimiento. Se establecen sprints para poder centrar el trabajo por tareas. Es ideal para proyectos a largo plazo o con un objetivo ambiguo.

## Ventajas de Scrumban

- Si previamente un equipo no ha trabajado con una forma de gestionar proyectos, es una opción perfecta para hacer el seguimiento del trabajo a realizar.
- Es ideal para proyectos a largo plazo o a gran escala. Permite realizar modificaciones poco a poco, ya que las necesidades pueden ir cambiando con el tiempo. Scrumban permite mejorar los procesos y adaptarse a los cambios.
- Los componentes del equipo tienen más independencia y autonomía. Permite a los miembros tomar decisiones o dar prioridad a las tareas según su criterio.

## Desventajas de Scrumban

- Que no exista la figura de un supervisor puede causar confusión o desorganización.
- Scrumban es una metodología que nació recientemente y, por lo tanto, los procesos no están definidos totalmente, lo que puede ocurrir que dos equipos diferentes tengan una manera concreta de aplicar la forma de trabajar.
- Al no haber roles específicos, la figura del *Product Owner* tiene menor control. En aquellos equipos donde exista esta figura y esta tenga un rol de capitanear, puede que no sea la metodología más adecuada.

## 2.5. METODOS TRADICIONALES: MODELO EN CASCADA

Originalmente los proyectos se llevaban a cabo de manera secuencial, la cual se basa en seguir el proyecto en orden, sin empezar la siguiente fase antes de haber terminado la fase anterior. A partir de este proceso, se genera un documento de control para verificar que se van cumpliendo con los objetivos previstos. Esta forma de trabajar facilita la supervisión por parte de los responsables, que se aseguran que cada una de las fases se cumpla. Pero tiene un gran inconveniente, y es que es demasiado rígido y si en algún punto del proceso se encuentra algún fallo, es casi inevitable tener que empezar otra vez desde el inicio.

Este método se le conoce coloquialmente como modelo en cascada (*waterfall*). Esto se debe a que, debido a la falta de flexibilidad en la forma de plantear el desarrollo, se hace inviable volver atrás, como cuando el agua fruto de la gravedad hace imposible que sea capaz de remontar la cascada.

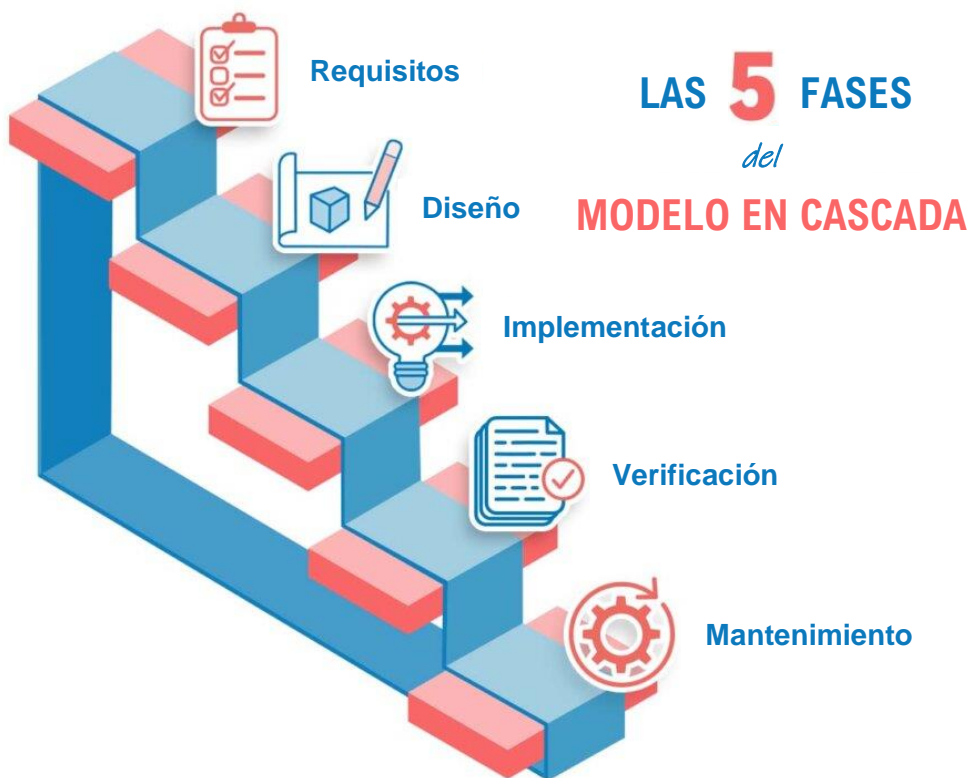


Figura 2.4: Las cinco fases del modelo en cascada.

### 2.5.1. Posibles situaciones negativas con el modelo en cascada

- La estimación total del tiempo puede prolongarse, ya que se necesita la aprobación al finalizar cada una de las fases y hasta conseguirlo no se puede empezar con la siguiente.
- Un proyecto puede quedarse estancado debido a que en una de las fases anteriores el desarrollo ha sido pobre, o incluso tener que rehacer el trabajo de una fase anterior para poder seguir.
- El cliente no participa en las fases de diseño e implementación y puede que no se tenga claro al 100 % el producto a desarrollar.

### 2.5.2. Ventajas y desventajas del modelo en cascada y metodologías ágiles

#### *VENTAJAS DEL MODELO EN CASCADA*

- Modelo fácil de gestionar. Cada proceso tiene unos outputs específicos y un proceso de revisión.
- Funciona bien en proyectos pequeños donde los requisitos son fáciles de entender.
- Entrega rápida del proyecto (sin eventos o ceremonias)
- Los procesos y resultados están documentados
- Fácil de adaptar para proyectos con alta rotación
- Beneficioso a la hora de gestionar dependencias (elementos que necesitan de otros)

#### *VENTAJAS DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES*

- Proceso centrado en el cliente. Le hace participe en cada una de las fases del proyecto
- Los equipos son autoorganizados y extremadamente motivados por lo que es habitual obtener mejores resultados durante el desarrollo del proyecto.
- La metodología asegura que la calidad en el desarrollo se mantiene.
- El proceso se basa en el progreso incremental, por lo tanto, el equipo como el cliente saben el estado del proyecto en todo momento, por lo que reduce el riesgo en el proceso de desarrollo.



#### *DESVENTAJAS DEL MODELO EN CASCADA*

- No es ideal para proyectos de gran envergadura.
- Si los requisitos no están claros al principio, es una metodología menos efectiva.
- Dificultad para realizar cambios en fases anteriores.
- El proceso de verificación comienza cuando la fase de desarrollo ha terminado.  
Posibilidad de encontrar errores con el correspondiente sobrecoste para arreglarlos.

#### *DESVENTAJAS DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES*

- No es ideal para proyectos pequeños.
- Requiere de un experto para la toma de decisiones en las reuniones.
- El coste de implementación puede resultar un poco mayor comparado con otras metodologías.
- El proyecto puede perderse en su ruta si el Project manager no tiene claro el objetivo.

### 3. GESTIÓN DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA LLANTA DE ALUMINIO UTILIZANDO METODOLOGÍAS ÁGILES

#### 3.1. OBJETIVO

El objetivo de esta sección consiste en aplicar los conocimientos adquiridos desde la concepción hasta llevar a producción un producto, en este caso una llanta de aluminio, pero gestionada desde una perspectiva de las metodologías ágiles.

#### 3.2. IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES

El fabricante de vehículos objeto de estudio está preparando el desembarco de un nuevo modelo, el cual se trata de un utilitario que contará con diferentes gamas, entre ellas una deportiva. Esta gama está destinada generalmente a un público joven y que debido al sobrecoste respecto a las versiones más recortadas se entiende que los clientes potenciales anteponen prestaciones/rendimiento y estética al factor económico.

Para poner en contexto, los fabricantes de este tipo de vehículos ofrecen llantas de aluminio de serie, aunque también ofrecen al cliente un catálogo de llantas ligeramente más reducido que las versiones menos potentes.

Estas llantas pueden presentarse con el color propio de la aleación, aunque también ofrecen versiones tintadas para añadir ese toque personalizado al vehículo. El tamaño de las llantas aumenta de manera considerable llegando hasta las dieciocho pulgadas en algunos casos.

La lista de vehículos que se ha comparado, a pesar de no ser todo lo que ofrece el mercado, muestra unos patrones que se repiten, los cuales ayudarán a la hora de diseñar una llanta acorde a este nicho de mercado.

### 3.3. COMPETENCIA



*Figura 3.1: FORD FIESTA ST – Llantas de aleación de 17" exclusivas*



*Figura 3.2: OPEL CORSA OPC – Llantas de aleación OPC 17"x 7 (5 radios)*



*Figura 3.3: PEUGEOT 208 GTi – Llantas de aleación CARBONE 17"*



*Figura 3.4: RENAULT CLIO RS 200 – Llantas de aleación 18" RADICAL*



*Figura 3.5: SEAT IBIZA CUPRA – Llantas de aleación 17" BARCINO*



*Figura 3.6: VOLKSWAGEN POLO GTI – Llantas de aleación 17" PARABOLICA*

Como se muestra en las fotografías, los coches en los que se centra el estudio siguen unos patrones similares en cuanto al diseño de sus llantas.

- Fabricación en aleación ligera.
- Discos de 17 pulgadas de diámetro y 5 radios.
- Ausencia de formas orgánicas. Líneas angulosas y rectas.
- Grandes ventanas de ventilación
- Poca personalización en cuanto a extras (colores, acabados, etc)

A continuación, se va a analizar con mayor detalle los modelos a examen:

*Tabla 3.1: Modelos de llantas objeto de estudio con sus características.*

Modelos	Diámetro	Perfil	Anchura	Radios	Orificios de fijación
Ford Fiesta ST	17	40	205	5	4
Opel Corsa OPC	17	45	215	5	5
Peugeot 208 GTi	17	45	205	5	4
Renault Clio RS200	18	40	205	5	5
Seat Ibiza Cupra	17	40	215	5	5
VW Polo GTI	17	40	215	5	5

### 3.4. DESARROLLO MEDIANTE MÉTODO TRADICIONAL

#### 3.4.1. Reunión inicial del proyecto

Se establece una primera reunión inicial donde tomarán parte todos los departamentos implicados en el desarrollo del proyecto.

- **Dpto. Comercial:** La cara visible y punto de contacto de la empresa desde la perspectiva del cliente.
- **Dpto. Técnico:** Lleva a cabo las tareas de diseño y prototipado. Es habitual que establezca contacto puntualmente con el Dpto. Técnico del cliente para resolver dudas o recibir su aprobación durante el desarrollo.

- **Dpto. de Producción:** Confirma de plazos a nivel de prototipos y utillajes (si no dependen de un proveedor para ello)
- **Dpto. Compras:** Confirma disponibilidad de materia prima. En caso de que haya que solicitar, recopilará información sobre el tipo de material y la cantidad.

Otros departamentos para posible asistencia:

- **Dpto. de Calidad:** Verificará los requisitos técnicos por si hubiera algún aspecto a nivel interno que haya que tener en cuenta y planificará la documentación a aportar para la aprobación por parte del cliente.
- **Dpto. de Matricería:** Confirma si hay disponibilidad de materia prima para los moldes y los plazos en base a la carga de trabajo y complejidad de la llanta a fabricar.
- **Dpto. de Operaciones:** Aporta una visión general del proyecto a nivel organizativo basada en la experiencia con proyectos de características similares.

Consideraciones a tener en cuenta:

- **Reunión poco eficiente:** En pequeñas y medianas empresas, donde algunos de los departamentos están compuestos por una sola persona, que dicha persona asista a una reunión cuya duración está entre la media hora y una hora, puede generar un cuello de botella en otras tareas relacionadas con otros proyectos. Es preferible que las reuniones estén compuestas por las personas cuyos departamentos se encarguen de las tareas principales, y que éstas ramifiquen las demandas al resto de departamentos.
- **Nula presencia del cliente:** La persona del Dpto. Comercial es el único participante que puede transmitir las exigencias de cliente, pero pueden surgir dudas o preguntas que no pueden resolverse al momento y se puede trabajar sobre posibles conjeturas o generar periodos de bloqueo a la espera de feedback del cliente.
- **Seguimiento pobre del proyecto:** Una vez finalizada la reunión, es habitual que no se hagan reuniones a nivel informativo para poner en constancia la evolución del proyecto; únicamente en el caso de que haya problemas. Desde el punto de vista del cliente, esto resulta opaco. En estos casos, el cliente contactaría con el Dpto. Comercial, el cual se encargaría en buscar la información en el departamento

correspondiente, lo que genera tareas adicionales no previstas y denota una falta de eficiencia.

### 3.4.2. Desarrollo del proyecto

El Dpto. Técnico empieza a trabajar a partir del input recibido por el cliente. El Dpto. Compras consulta/realiza la compra de material. En este momento la persona responsable de Producción, así como el resto de departamentos que no se han mencionado no tienen una tarea definida relacionada con este proyecto (su asistencia a esta reunión inicial ha sido a nivel informativo)

**PUNTO NEGATIVO:** Ocupar parte del tiempo de la jornada laboral a personas de las que no se requiere una implicación inmediata para la realización de tareas.

A partir de este momento se puede realizar una estimación del tiempo necesario hasta completar las tareas asignadas a los Dpto. Técnico y Compras. Los posibles retrasos que pueden tener lugar son:

- Dpto. Técnico: Desarrollar documentación técnica y esperar a recibir la aprobación del cliente, comprobar que actualmente se cuenta con la capacidad para cumplir con los requisitos técnicos y en caso contrario, contactar con terceros (proveedores).
- Dpto. Compras: Consultar precios de materiales a distintos proveedores y esperar a recibir los precios de todos para poder comparar, supervisión por parte de algún otro departamento para verificar que el precio esté dentro del escandallo (por Comercial u Operaciones, o Gerencia si es necesario).

Al no existir un seguimiento diario y transparente hacia el resto de departamentos sobre las tareas que no dependen del tiempo que le dedica la persona que inicia la tarea, es habitual no cumplir con el plazo previsto.

Una vez la documentación técnica esté aprobada por el cliente se puede empezar a fabricar el molde y para esto paso existen dos vías:

- Fabricación por parte de un proveedor. En este caso se le envía la documentación técnica necesaria para el desarrollo. Habitualmente es el proveedor quien pone la

materia prima por su cuenta ya que, al ser su actividad principal, consigue mejores precios y el fabricante de llantas no necesita lidiar con otro proveedor más.

- Fabricación interna. En este caso se debe recibir la materia prima cuyo pedido habrá realizado el Dpto. Compras. Una vez recibido, Dpto. de Matricería procederá al mecanizado (desbaste, rectificado y pulido) de la materia prima hasta conseguir el "negativo" que dará lugar a la llanta una vez se inyecte el aluminio.

Tiempo de fabricación del molde con el material disponible: 4 a 6 semanas.

A partir de este momento, a excepción de si se fabrica el molde internamente, el resto de departamentos, a excepción de Matricería, trabajarán sobre tareas de otros proyectos diferentes.

**PUNTO NEGATIVO:** No existe una planificación y, por consiguiente, un seguimiento en la finalización de tareas por lo que puede ocurrir que cuando ciertos departamentos tengan que retomar tareas relacionadas con este proyecto, tengan otras obligaciones que tampoco habían previsto y genere cuellos de botella, estrés en los trabajadores y otras consecuencias derivadas.

Una vez producido el molde y la materia prima para fabricar las llantas está disponible, es hora de fabricar los prototipos a partir del molde para verificar que las medidas de la llanta en bruto corresponden a las indicadas en el plano. En el caso de que ocurra algún fallo o contratiempo, las posibles nuevas tareas abarquen más departamentos que el propio Dpto. Técnico o Matricería, se propone una reunión para tratar el asunto.

Al no tener asimiladas las reuniones diarias de 15 minutos, es habitual que estas duren un mínimo de 30 minutos con lo que ello implica, sobre todo si no hay que reunirse por un único proyecto: dejar de realizar las obligaciones propias del departamento, generación de cuellos de botella, etc.

**PUNTO NEGATIVO:** Desde la perspectiva del cliente, es probable que su punto de contacto con el proveedor (en este caso el Dpto. Comercial) no quiera comunicar dichos retrasos, por lo que se puede generar situaciones de crispación o desconfianza que pueden dañar la relación comercial entre ambas entidades.



Considerando que los prototipos se den como válidos a nivel interno, se utilizan para aplicar sobre ellos los posteriores procesos. El seguimiento de los prototipos es tarea del Dpto. Técnico y en el momento en el que entran en uso las diferentes estaciones de trabajo para cada uno de los diferentes procesos, el Dpto. de Producción contribuirá para sincronizar los trabajos e intentar no retrasar las entregas de pedidos en curso.

Tiempo estimado para la finalización de los prototipos: variable, en función la disponibilidad de recursos (materiales, máquinas, personal, ...)

Finalizados todos los procesos y habiendo verificado los prototipos a todos los niveles (dimensional, fallos en la fabricación, colorimetría, ...) se envían dichos prototipos a las instalaciones del cliente para su verificación, a la espera de su aprobación.

### 3.5. DESARROLLO MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES

Una vez el equipo de diseño ha realizado un breve estudio de mercado de la competencia, pasa el encargo al proveedor de llantas, cuya persona de contacto forma parte del equipo de ventas (Propietario del producto o *Product Owner*) con los inputs que han obtenido. A partir de esta información, el propietario del producto elabora la lista de tareas (backlog del producto) con los procesos para llevar a cabo desde la concepción de la llanta hasta su puesta en producción.

El Project Manager (*Scrum Master*) más los equipos de Diseño y Fabricación (equipo de desarrollo) se reúnen para seleccionar aquellas tareas más críticas y prioritarias (backlog de sprint o *sprint backlog*) para que formen parte del primer sprint.

A continuación, se introduce una breve descripción de todos y cada uno de los procesos que conformarán el proceso de diseño y fabricación de la llanta de aluminio por parte de cada uno de los departamentos:

#### 3.5.1. Tareas del departamento de diseño

- **0. Revisión de la norma UNE:** Si bien el fabricante ya debe conocer las especificaciones indicadas en las normas que hacen referencia a todo lo relacionado sobre llantas, consta de los siguientes documentos:
  - UNE 26291:1980 – Terminología, designación, marcado y unidades de medida
  - UNE 69003:2000 – Neumáticos, llantas y válvulas. Neumáticos para turismo. Recomendaciones relativas a la seguridad.
  - UNE 69012:2004 – Neumáticos, llantas y válvulas. Válvulas para neumáticos de vehículos. Designación y especificaciones generales.
  - UNE 69014:1991 – Neumáticos, llantas y válvulas. Neumáticos para vehículos de turismo. Características dimensionales.
  - UNE 69016:1991 – Neumáticos, llantas y válvulas. Neumáticos para vehículos de turismo. Generalidades.
  - UNE 69018:2002 – Neumáticos, llantas y válvulas. Llantas. Generalidades.
  - UNE 69023:19 91 – Neumáticos, llantas y válvulas. Neumáticos para vehículos de turismo. Llantas recomendadas y permitidas.

- UNE 69026:2007 – Neumáticos, llantas y válvulas. Llantas de base honda para vehículos de turismo y sus remolques.
- UNE 69031: 2004 – Neumáticos, llantas y válvulas. Válvulas para neumáticos de vehículos de turismo. Características generales.

Todo ello con el fin de adecuar el diseño y que sea apto para la circulación, de acuerdo a la normativa española.

- **1. Propuestas de diseño:** El equipo de diseño, después de revisar las especificaciones de la norma y el input recibido con las características de los productos de la competencia, trabaja para presentar unos bocetos de los posibles diseños, los cuales presentará al cliente al final del sprint en el *sprint review*.
- **2. Elaboración de planos:** Una vez el diseño haya sido confirmado por el cliente, el equipo de diseño debe de elaborar los planos definiendo las dimensiones, considerando las tolerancias y rugosidades en función del proceso de fabricación (según norma correspondiente) y anotaciones si corresponde para describir al 100 % la naturaleza de la llanta como producto final.
- **3. Diseño de molde:** Con los planos verificados, se procede con el diseño de los moldes para el proceso de moldeo a baja presión y los utillajes de mecanizado, además de cualquier utillaje auxiliar que ayude a manipular las llantas en la línea de producción.

### 3.5.2. *Tareas del departamento de fabricación*

- **4. Elección de materiales:** De acuerdo al proceso de fabricación empleado se elegirá el material en la aleación y formato más adecuado, además de los materiales para los utillajes en el caso de que se fabriquen en las mismas instalaciones.
- **5. Fabricación de molde:** Este proceso requiere que el proceso número 3 esté completado, tanto si se fabrica en las mismas instalaciones o se lanza una orden al proveedor de utillajes.
- **6. Fabricación de prototipo:** Este proceso requiere que el proceso número 5 esté completado. Se fabrican varios prototipos utilizando los moldes/utillajes. Con ello se conseguirá verificar tanto el producto final, a falta de configurar el proceso productivo para la producción en serie, como los útiles.

- **7. Verificación de prototipo:** Se comprueba respecto a plano, y la propia funcionalidad del producto que cumple con los requisitos y especificaciones previstos.
- **8. Configurar línea de producción:** Se ajusta la maquinaria para la línea de producción de forma que los operarios pueden realizar las tareas de manera eficiente y que los ciclos en cada una de las estaciones de trabajo sea el más corto posible.
- **9. Verificar muestras en línea de producción:** Se comprueba que la configuración de la línea de producción da resultado, es decir, que la llanta sale de acuerdo a las especificaciones. Además, se miden tiempos para comparar con las estimaciones respecto al proceso productivo.
- **10. Fabricación en serie:** Con todos los pasos previos bien documentados, en caso de existir una necesidad por parte del cliente para solicitar llantas de aluminio, se procede con la fabricación en serie.

Para contextualizar y mostrar la existencia de una dependencia de tareas, se ha propuesto incluir la tarea del diseño de la llanta como responsabilidad del proveedor, aunque la naturaleza en cuanto a la propiedad de la realización de la tarea del diseño de una llanta recae siempre sobre la marca de automóviles.

### 3.5.3. Analogías y consideraciones

A pesar de que se va a aplicar una metodología ágil en el desarrollo de este proyecto, cabe destacar las diferencias existentes que pueden darse en un proyecto de estas características respecto a uno del campo de desarrollo de software.

- **Estructura organizativa:** es habitual que, en las compañías de un tamaño igual o superior a 250 trabajadores dentro del sector industrial, exista un único departamento de cada tipo compuesto de varios miembros y que cada departamento pueda encargarse de más de un proyecto al mismo tiempo.

Se propone que una vez el departamento participe en un proyecto, éste debe nominar a la persona o personas que gestionarán dicho proyecto desde ese departamento.

En el caso de compañías dedicadas al desarrollo de software, los trabajadores se organizan en especializaciones y conforman equipos para trabajar en exclusiva en dicho proyecto.

- **Dependencia de terceros:** A pesar de que el cliente tenga preferencia por tener un único proveedor, este proveedor no tiene porqué llevar a cabo todos los subprocesos que requieren para entregar el producto terminado al cliente. Por lo tanto, puede requerir subcontratar alguno de los procesos. Haciendo hincapié en el punto anterior, es probable que haya tareas que estén a la espera de que el proveedor responda, por lo que sería conveniente aunar en la reunión diaria todos los proyectos en curso, establecer un horario para dicho día considerando el tiempo de cada una de las tareas en curso, de tal manera que, aunque se trabaje en varios proyectos, se trate de minimizar los tiempos muertos.
- **Flexibilidad:** Dependiendo de la naturaleza de las tareas a completar dentro de cada uno de los sprints propuestos, es factible adaptar la duración de estos y que no todos tengan una duración determinada. En base a la experiencia en otros proyectos de características similares y llevando un seguimiento con las reuniones diarias, se puede definir una duración de los sprints según se encuentre el proyecto en una fase u otra.

### 3.5.4. Backlog del producto

Se elabora una lista de tareas a llevar a cabo para cumplir el objetivo, en este caso gestionar el proceso de diseño de una llanta de aluminio hasta llevarla a su producción en serie. Hacen un total de 11 tareas, algunas de ellas dependientes de otras. En esta primera reunión, el equipo de ventas, junto a los departamentos de Diseño y Fabricación consensuan las tareas con las que se va a iniciar este primer sprint.

Tabla 3.2: Backlog del proceso de diseño y fabricación de una llanta de aluminio.

BACKLOG DEL PRODUCTO		
Tareas (Dpto. de diseño)	Estimación	Prioridad
Revisión normas UNE	1	1
Propuestas de diseño	5	2
Elaboración de planos	3	4
Diseño de molde	2	5
Tareas (Dpto. de fabricación)	Estimación	Prioridad
Elección de materiales	1	3
Fabricación de molde	4	6
Fabricación de prototipo	2	7
Verificación de prototipo	1	8
Configurar línea de producción	3	9
Verificar muestras en línea de producción	1	10
Fabricación en serie	2	11

La estimación establece en una escala de 1 a 5, el tiempo necesario para completar dicha tarea y la prioridad sería el orden, considerando el número más pequeño como la tarea inicial y avanzándose de manera ascendente.

### 3.5.5. Primer sprint

Por parte del equipo de Diseño, van a revisar la documentación correspondiente a la norma UNE, información a considerar de cara a presentar las diferentes propuestas de diseño. Por otro lado, el equipo de fabricación va a consultar con los proveedores las materias para la fabricación de la llanta, así como los utillajes necesarios, precios y previsión de entrega.

Tabla 3.3: Backlog del primer sprint.

BACKLOG DEL SPRINT			
DEPARTAMENTO	PENDIENTE	EN PROGRESO	FINALIZADO
<i>Diseño</i>	Revisión normas UNE Propuestas de diseño		
<i>Fabricación</i>	Elección de materiales		

El primer sprint se desarrolla sin contratiempos. El equipo de diseño revisa las normas UNE sin detectar ninguna modificación, por lo que inmediatamente trabajan en diversos diseños teniendo en cuenta a la competencia actual y finalmente elaboran diferentes propuestas para mostrar al cliente. Por parte del equipo de fabricación, viendo que no existen modificaciones en la norma respecto a materiales, solicitan el material al proveedor en base a su experiencia en proyectos pasados.

Tabla 3.4: Sprint review del primer sprint.

SPRINT REVIEW			
BALANCE	DEMOSTRACIÓN	ADAPT./NUEVOS DATOS	PRÓXIMOS PASOS
Norma revisada Diseños acabados Material solicitado	Propuestas de diseño	Diseño elegido por el cliente	Planos y moldes

### 3.5.6. Segundo sprint

Durante la revisión del primer sprint, el cliente da el visto bueno a uno de los diseños propuestos. En este segundo sprint, el equipo de diseño debe finalizar las siguientes dos tareas, para que así el equipo de fabricación pueda continuar. El equipo de diseño establece una duración de este sprint en base a su estimación para completar dichas tareas.

Tabla 3.5: Backlog del segundo sprint.

BACKLOG DEL SPRINT			
DEPARTAMENTO	PENDIENTE	EN PROGRESO	FINALIZADO
<i>Diseño</i>	Elaboración de planos Diseño de molde		Revisión normas UNE Propuestas de diseño
<i>Fabricación</i>			Elección de materiales

En este sprint el equipo de fabricación ha estado trabajando en otros proyectos y mientras el equipo de diseño ha trabajado casi en paralelo ambas tareas. Es esencial tener en cuenta las tolerancias y rugosidades que se indican sobre los planos dependiendo del proceso de fabricación utilizado (consultar la norma UNE correspondiente).

Tabla 3.6: Sprint review del segundo sprint.

SPRINT REVIEW			
BALANCE	DEMOSTRACIÓN	ADAPT./NUEVOS DATOS	PRÓXIMOS PASOS
Planos y diseño del molde terminados	Planos aprobados por el cliente	Materia prima para fabricación de molde recibido	Fabricación del molde



### 3.5.7. Tercer sprint

A partir de este tercer sprint, el departamento de fabricación toma las riendas del proyecto. Ya dispone de la materia prima para fabricar los moldes/utillajes. Se estima una duración del sprint de 3 semanas.

Tabla 3.7: Backlog del tercer sprint.

SPRINT BACKLOG			
DEPARTAMENTO	PENDIENTE	EN PROGRESO	FINALIZADO
<i>Diseño</i>			Revisión normas UNE Propuestas de diseño
<i>Fabricación</i>	Fabricación de molde		Elección de materiales Elaboración de planos Diseño de molde

Se lleva a cabo la fabricación del molde de inyección, el cual está fabricado en acero mediante proceso de mecanizado, compuesto de seis elementos: parte delantera, parte trasera y contorno compuesto de cuatro piezas simétricas, cada una de ellas cubriendo un cuarto del total de la rueda metálica. Para los utillajes de mecanizado, se ha solicitado al proveedor un nuevo juego de garras para amarrar la llanta en bruto (sin mecanizar) en el plato de la máquina CNC de 5 ejes.

Tabla 3.8: Sprint review del tercer sprint

SPRINT REVIEW			
BALANCE	DEMOSTRACIÓN	ADAPT./NUEVOS DATOS	PRÓXIMOS PASOS
Molde y utillajes preparados	-	-	Verificar utillaje con prototipos

### 3.5.8. Cuarto sprint

En el cuarto sprint, con el molde preparado para ser probado, se va proceder a fabricar unos prototipos para verificar que los moldes y utillajes funcionan de manera correcta y pueden fabricarse llantas de acuerdo a los planos definidos en el segundo sprint.

Tabla 3.9: Backlog del cuarto sprint.

SPRINT BACKLOG			
DEPARTAMENTO	PENDIENTE	EN PROGRESO	FINALIZADO
<i>Diseño</i>			Revisión normas UNE Propuestas de diseño
<i>Fabricación</i>	Fabricación de prototipo Verificación de prototipo		Elección de materiales Elaboración de planos Diseño de molde Fabricación de molde

Después de fabricar los primeros prototipos, durante el proceso de verificación se dan cuenta de que han calculado mal las dimensiones considerando el coeficiente de retracción del material y obtienen una llanta más pequeña de la prevista, por lo que tendrán que rectificar el molde.

Tabla 3.10: Sprint review del cuarto sprint.

SPRINT REVIEW			
BALANCE	DEMOSTRACIÓN	ADAPT./NUEVOS DATOS	PRÓXIMOS PASOS
Molde pendiente de corregir	-	-	Rectificación de molde

### 3.5.9. Quinto sprint

En este quinto sprint vuelven dos de las tareas que inicialmente se habían terminado debido a un fallo de cálculo. Se va a modificar el diseño del molde y la rectificación del mismo con los últimos cambios.

Tabla 3.11: Backlog del quinto sprint.

SPRINT BACKLOG			
DEPARTAMENTO	PENDIENTE	EN PROGRESO	FINALIZADO
<i>Diseño</i>		Diseño de molde	Revisión normas UNE Propuestas de diseño
<i>Fabricación</i>		Fabricación de molde	Elección de materiales Elaboración de planos

Se llevan a cabo las pequeñas correcciones necesarias para obtener el bruto de la llanta con la medida correcta para posteriormente mecanizar. En este caso, el sprint ha durado 3 días al poder aprovechar el molde inicialmente fabricado.

Tabla 3.12: Sprint review del quinto sprint.

SPRINT REVIEW			
BALANCE	DEMOSTRACIÓN	ADAPT./NUEVOS DATOS	PRÓXIMOS PASOS
Molde corregido	-	-	Verificar utillaje con prototipos

### 3.5.10. Sexto sprint

El equipo de fabricación va a proceder a probar el molde con las modificaciones aplicadas fabricando una serie de prototipos y verificando que las medidas sean acordes a plano. En este caso, la verificación se ha hecho haciendo uso de un plano indicando las cotas críticas y verificando que las medidas tomadas en el escáner de metrología están dentro de las medidas nominales teniendo en cuenta también las tolerancias.

Tabla 3.13: Backlog del sexto sprint.

SPRINT BACKLOG			
DEPARTAMENTO	PENDIENTE	EN PROGRESO	FINALIZADO
<i>Diseño</i>			Revisión normas UNE Propuestas de diseño
<i>Fabricación</i>	Fabricación de prototipo Verificación de prototipo		Elección de materiales Elaboración de planos Diseño de molde Fabricación de molde

Después de fabricar los prototipos con las últimas modificaciones, la verificación es correcta por lo que las correcciones han funcionado. La duración de este sprint se ha finalizado con éxito en 3 días.

Tabla 3.14: Sprint review del sexto sprint.

SPRINT REVIEW			
BALANCE	DEMOSTRACIÓN	ADAPT./NUEVOS DATOS	PRÓXIMOS PASOS
Molde verificado	Prototipos fabricados	-	Configuración para fabricación en serie

### 3.5.11. Séptimo sprint

Este va a ser el último sprint, en el cual se va a dar servicio al cliente. En este caso se va a configurar los equipos implicados en la fabricación de la llanta, definiendo la ubicación para optimizar el tiempo necesario que necesita una llanta en completar todas y cada una de las estaciones de trabajo por donde va a pasar, además de los parámetros de funcionamiento de cada máquina. Para probar dicha configuración, se va a fabricar unas muestras o preserie para posteriormente dar luz verde a la producción en serie.

Tabla 3.15: Backlog del séptimo sprint.

SPRINT BACKLOG			
DEPARTAMENTO	PENDIENTE	EN PROGRESO	FINALIZADO
<i>Diseño</i>			Revisión normas UNE Propuestas de diseño
<i>Fabricación</i>	Configurar línea de producción  Verificar muestras en línea de producción  Fabricación en serie		Elección de materiales Elaboración de planos Diseño de molde Fabricación de molde Fabricación de prototipo Verificación de prototipo

La configuración de la línea de producción junto a las correspondientes pruebas alcanza unos niveles óptimos de eficiencia por lo que se procede a la fabricación en serie. Durante la fabricación se reserva unas unidades al azar de cada lote para tomar medidas con el fin de llevar un registro para asegurar que los niveles de calidad se mantienen a lo largo del tiempo.

Tabla 3.16: Sprint review del séptimo sprint.

SPRINT REVIEW			
BALANCE	DEMOSTRACIÓN	ADAPT./NUEVOS DATOS	PRÓXIMOS PASOS
Éxito en la producción en serie	Llanta en preserie	-	-

## 4. CONCLUSIONES

Es factible aplicar metodologías ágiles sobre un proyecto no relacionado con el desarrollo de software, no obstante aplicarlo de manera estricta puede resultar perjudicial, por lo tanto, se recomienda aplicarlo de manera flexible y cubrir aquellas áreas en las que realmente las herramientas que se utilizan habitualmente en estas metodologías ayuden en la gestión de proyectos.

Como se ha descrito en el apartado de Objeto, queda reflejado los problemas y contratiempos que pueden surgir en la gestión de un proyecto como puede ser el del diseño y desarrollo de una llanta de aluminio, y como las metodologías ágiles nos dan reactividad frente al cambio, facilitan el seguimiento y nos aportan flexibilidad, siempre y cuando se estudie previamente la adaptación de la metodología a nuestro entorno para sacar el mejor rendimiento.

Como punto de partida para futuros trabajos, se podría establecer las bases de una metodología ágil, adaptada a la naturaleza de los diferentes departamentos implicados y la gestión y desarrollo de proyectos en empresas del sector industrial. Donde se tenga en cuenta la posibilidad de llevar diversos proyectos en paralelo, en el que se dependa de terceros para completar ciertos procesos y proponiendo un modo de gestionar la flexibilidad en cuanto tiempos.

En el mundo actual, donde la tecnología avanza a pasos agigantados, donde la velocidad a la hora de tomar decisiones y sus posibles consecuencias puede ser determinante en un mercado tan competitivo, es imprescindible adaptar los desarrollos a un entorno ágil, y más que plantearlo como algo futurible debe considerarse como una necesidad a la que dar respuesta.

## 5. VALORACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se detalla la valoración económica para el desarrollo del presente documento:

Tabla 5.1: Valoración económica.

	# Unid./Hr.	Coste/Unid./Hr.	Subtotal	Total grupo	% del Total
<b>1. Gestión de proyectos</b>				1.890,00 €	30%
Documentación/estudio	220	6,00 €	1.320,00 €		
Redacción del documento	95	6,00 €	570,00 €		
<b>2. Hardware</b>				3.850,00 €	61%
Equipos informáticos	3	1.200,00 €	3.600,00 €		
Accesorios informáticos	5	30,00 €	150,00 €		
Material de oficina/papelería	1	100,00 €	100,00 €		
<b>3. Software</b>				150,00 €	2%
Licencias de software	1	150,00 €	150,00 €		
<b>4. Otros gastos</b>				450,00 €	7%
Gastos extra para realización de TFM	1	450,00 €	450,00 €		
<b>COSTE TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>6.340,00 €</b>	

**Documentación/estudio:** Comprende el tiempo dedicado en la adquisición de conocimientos, véase consulta y el posterior desarrollo, ordenación de ideas, etc.

**Redacción del documento:** Elaboración del presente documento, teniendo en cuenta las indicaciones incluidas en la guía del TFM, corrección de errores y ajuste del material gráfico.

**Equipos informáticos:** Ordenadores utilizados como soporte tanto para la tarea de documentación como redacción del presente documentos. Se incluye en el coste la licencia del sistema operativo.

**Accesorios informáticos:** Elementos de apoyo para el uso de equipos informáticos, incluyendo el manejo de información. Esto incluye, ratón y teclado, dispositivos de almacenamiento USB, etc.

**Material de oficina/papelería:** Elementos para el tratamiento de información en formato físico. Folios, carpetas, bolígrafos o rotulares entre otros.

**Licencias de software:** Programas utilizados en la elaboración del TFM. Principalmente la licencia de Microsoft Office. Para el resto de software informático utilizado se ha empleado software libre.

**Gastos extra para la realización del TFM:** Coste de viajes a la universidad, suministros (electricidad e internet).



## 6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En el siguiente apartado se indica el grado de cumplimiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

*Tabla 6.1: Grado de cumplimiento con los ODS.*

<b>OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>No procede</b>
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				X
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				X
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>				X
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>				X
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				X
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>				X
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>				X
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>				X
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>		X		
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>				X
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>				X
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>				X
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>				X
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>				X
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>				X
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				X
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>				X

El contenido del TFM tiene como contexto la industria de la automoción, aunque es aplicable a cualquier otro ámbito industrial, y con cierto componente de innovación ya que trata de reinventar la gestión de proyectos tradicional.

## 7. REFERENCIAS

- Font Mezquita, José y Dols Ruiz, Juan Francisco (1997). *Tratado sobre automóviles. Tomo I*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia
- European Aluminium Association (2011). *The Aluminium Automotive Manual. Chapter III* – Última consulta: enero 2023
- Larman, Craig y Basili, Victor R. (2003). *Iterative and Incremental Development: A Brief History* – Última consulta: enero 2023
- Vandersluis, Chris (2014) *Apply agile methodology to non-software enterprise projects*. PMI – Última consulta: enero 2023
- Fabricación de llantas de aluminio – Material audiovisual:
  - <https://www.youtube.com/watch?v=LCMs-7K8nLk>
  - <https://www.youtube.com/watch?v=PZaDN2NOER8>
  - <https://www.youtube.com/watch?v=WNoeLRF57Zs>