

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***CÁLCULO Y DISEÑO DE LA
TRANSMISIÓN DE UN VEHÍCULO DE 6
VELOCIDADES***

DOCUMENTO 5- PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno/Alumna: Cabrero, de Castro, David

Director/Directora (1): Pera, Santos, Juan Antonio

Curso: 2017-2018

Fecha: Bilbao, 25 de Julio de 2018

DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

5.1 CONDICIONES GENERALES	3
5.1.1 Generalidades	3
5.1.2 Objetivo	4
5.1.3 Ámbito de aplicación.....	4
5.1.4 Condiciones generales de carácter legal	4
5.1.5 Normativa de carácter general.....	5
5.2 CONDICIONES TÉCNICAS	8
5.2.1 Generalidades	8
5.2.2 Materiales	8
5.2.2.1 Generalidades.....	8
5.2.2.2 Características de los materiales.....	9
5.2.3 Descripción de los componentes	11
5.2.3.1 Embrague	11
5.2.3.2 Caja de cambios	11
5.2.3.2.1 Eje primario	11
5.2.3.2.2 Eje intermediario.....	12
5.2.3.2.3 Eje secundario.....	13
5.2.3.2.4 Eje marcha atrás.....	14
5.2.3.2.5 Engranajes	15
5.2.3.2.5.1 Engranajes para la marcha delantera.....	15
5.2.3.2.5.2 Engranajes marcha atrás	17
5.2.3.2.6 Rodamientos	18
5.2.3.2.7 Sincronizadores	19
5.2.3.2.8 Anillos de seguridad	21
5.2.3.3 Junta Cardan	22

5.2.3.4	Árbol de transmisión	22
5.2.3.5	Diferencial	23
5.2.4	Condiciones de ejecución	24
5.2.4.1	Materia prima	24
5.2.4.2	Dientes	25
5.2.4.3	Acabado superficial	25
5.2.4.4	Tolerancias geométricas y dimensiones	27
5.2.4.5	Tratamientos térmicos y químicos	28
5.2.4.6	Montaje.....	28
5.2.4.7	Lubricación	29
5.2.4.8	Comprobación	30
5.2.4.9	Control de calidad.....	31
5.2.4.10	Embalaje y transporte.....	31
5.3	CONDICIONES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS.....	33
5.3.1	Planificación	33
5.3.2	Elaboración del proyecto	33
5.3.3	Pago.....	34
5.3.4	Entrega.....	34
5.3.5	Garantía	35
5.3.6	Patentes y licencias	35
5.3.7	Secreto profesional.....	36
5.3.8	Anulación del contrato	36

5.1 CONDICIONES GENERALES

5.1.1 Generalidades

Este documento tiene como finalidad cumplimentar de manera adecuada las condiciones técnicas, cálculo y diseño de la transmisión del automóvil. Por ello, se recogen los aspectos básicos a tener en cuenta para la correcta realización del proyecto.

Para realizar variaciones o modificaciones en el proyecto, será imprescindible comunicárselo previamente al director del proyecto. Sin su consentimiento no se podrán realizar cambios en el proyecto y de hacerlo, las consecuencias serán responsabilidad del fabricante.

El proyecto “Cálculo y diseño de la transmisión de un vehículo de 6 velocidades” ha sido publicado en Bilbao el 25 de Julio de 2018.

En este mismo documento y junto al Documento 4: Planos, se concretarán los materiales a utilizar y las condiciones que deberán cumplir.

El proyecto está formado por los siguientes documentos:

1. Documento: Índice general
2. Documento: Memoria
3. Documento: Anexo cálculos
4. Documento: Planos
5. Documento: Pliego de condiciones
6. Documento: Presupuesto
7. Documento: Estado de mediciones

5.1.2 Objetivo

Este documento tiene como objetivo establecer conexión entre el Documento 2: Memoria y el Documento 4: Planos mediante una serie de condiciones técnicas, normas y criterios necesarios para la correcta interpretación del proyecto.

Las modificaciones que se deseen realizar tendrán que ser notificadas al director del proyecto, dado que es necesario su autorización. En el caso de no hacerlo, será responsabilidad del fabricante todas las consecuencias derivadas de la modificación del mismo.

En este documento no se especifica los métodos de fabricación siendo el fabricante el que los defina. Es por ello que el fabricante será el encargado de escoger los procesos de fabricación más adecuados al proyecto.

5.1.3 Ámbito de aplicación

Este documento será de aplicación a la fabricación, control e inspección de la transmisión, es decir, del embrague, caja de cambios, árbol de transmisión y diferencial de un BMW e46 330d (2004) de 204 cv y 6 velocidades.

5.1.4 Condiciones generales de carácter legal

La ejecución es responsabilidad del constructor, por lo que si ésta no es correcta, la culpabilidad recaerá sobre él, aunque el director del proyecto haya dado el visto bueno. El constructor es el responsable de todo lo que suceda a partir del comienzo de fabricación del proyecto hasta la entrega.

El constructor deberá entregar informes técnicos, así como señalará el grado de ejecución de las medidas correctoras y su efectividad mensualmente y obligatoriamente. Si los resultados fuesen negativos se estudiará y presentará una propuesta de medidas correctoras.

5.1.5 Normativa de carácter general

Este proyecto se rige por la normativa vigente, como la norma UNE, ISO, DIN y ASME. Si hay alguna discrepancia entre las normas se utilizará la más restrictiva.

Las omisiones en Planos y Pliego o las descripciones erróneas de detalles del proyecto, que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o la intención expuesto en los Planos y Pliego, o que por uso y costumbre deban ser realizados, no sólo eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que por el contrario deberán ser ejecutados como si hubiesen sido completa y correctamente especificados.

Independientemente de la normativa y reglamentos de índole técnica de obligada aplicación, que se expondrán en cada uno de los Pliegos de Condiciones Técnicas Particulares, se verán en todo momento, las siguientes normas y reglamentos de carácter general:

- UNE 15700:2002 (Criterios generales para elaboración de proyectos).
- REAL DECRETO 1435/1992 de 27 de Noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- ORDEN de 9 de Marzo de 1971 (Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo)

- REAL DECRETO 1316/1989 de 27 de Octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- LEY 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269 de 10 de Noviembre)
- REAL DECRETO 485/1997 de 14 de Abril sobre Señalización de Seguridad en el Trabajo.
- REAL DECRETO 486/1997 de 14 de Abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo
- REAL DECRETO 487/1997 de 14 de Abril, sobre Manipulación de Cargas
- REAL DECRETO 773/1997 de 30 de Mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- REAL DECRETO 1215/1997 de 18 de Julio, sobre Utilización de Equipos.
- Norma UNE-EN 1050:1997. Seguridad de máquinas. Principio para la evaluación de riesgos.
- REAL DECRETO 39/1997 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE número 27 de 31 de enero de 1997)
- LEY 54/2003 de 12 de Diciembre, reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- REAL DECRETO 1311/2005 de 4 de Noviembre, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de Mayo de 2006, relativa a las máquinas.
- REAL DECRETO 1644/2008 de 10 de Octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

5.2 CONDICIONES TÉCNICAS

5.2.1 Generalidades

Todas las piezas que forman el sistema de transmisión tiene que cumplir con las condiciones expuestas en los planos y en el resto de documentos del proyecto. Así como las condiciones de los elementos comerciales expuestas por los fabricantes.

Los elementos fabricados para este proyecto deberán cumplir los requisitos y normas expuestos, que deberá ser aprobado por el director del proyecto y homologados por los oficiales correspondientes.

La dirección técnica será la encargada de comprobar los elementos fabricados como los elementos comerciales que se instalen en la transmisión. El técnico en industrialización será el encargado de comprobar las herramientas y máquinas que se usarán en el proyecto, siendo el encargado de sustituirlas en caso de estar defectuosas.

Para terminar el responsable de calidad del fabricante será el encargado de presentar a la dirección técnica los informes periódicos sobre los materiales, homologaciones, metrologías, formación de operarios... . De este modo será más sencillo controlar el proceso de montaje y detectar posibles errores en producción.

5.2.2 Materiales

5.2.2.1 Generalidades

El departamento de calidad es el responsable de realizar las pruebas de dureza, resistencia... necesariastanto a las probetas como a las piezas. Antes de la elección del material, se tendrá en cuenta ls cargas que tendrá que soportar la pieza así como la vida útil de la misma. Los resultados tendrán que ser registrados para futuras consultas.

5.2.2.2 Características de los materiales

En este apartado se detallan los materiales utilizados para la fabricación de las piezas de la transmisión, analizando las características y propiedades de cada uno:

➤ 42CrMo4

42CrMo4 es un acero aleado al cromo-molibdeno con buena penetración para tratamiento térmico de templado. Ideal para aplicaciones que requieran una alta resistencia a la torsión, tracción, flexión e impactos. Tiene una resistencia a la tracción de 95-105 kg/mm² y una tensión de fluencia de 60-74 kg/mm². Este material se usa para la fabricación de los ejes, tales como el primario, secundario, intermedio y el de marcha atrás. Su composición química es la siguiente:

% C: Carbono	% Cr: Cromo	% Mo: Molibdeno	% Mn: Manganeso	% Si: Silicio	% P: Fósforo	% S: Azufre
0,38 - 0,43	0,80 - 1,10	0,15 - 0,25	0,75 - 1,00	Max: 0,4	Max: 0,035	Max: 0,04

Tabla 5.1: Composición química 42CrMo4

➤ 16MnCr5

16MnCr5 es un acero de cementación con el que se consigue una resistencia media en el núcleo. Tiene una resistencia de tracción de 80-100 kg/mm² y una tensión de fluencia de 60 kg/mm². Debido a su alta resistencia este tipo de material se usa en engranajes de tamaño medio y en los sincronizadores de cajas de cambios. En este proyecto se ha utilizado tanto como para los engranajes como para los sincronizadores. Su composición química es la siguiente:

Análisis sobre colada					
Contenido (%)					
C	Si _{máx.}	Mn	P _{máx.}	S _{máx.}	Cr
0,14 - 0,19	0,40	1,00 - 1,30	0,025	0,035	0,80 - 1,10

Tabla 5.2: Composición química 16MnCr5

➤ **20MnCr5**

20MnCr5 es un acero de excelente maquinabilidad, buena aptitud para la estampación en frío y alta capacidad de pulido. La resistencia a la tracción de los componentes es el resultado de la combinación de la capa superficial templada y el núcleo tenaz. Este material tiene una resistencia a la tracción de 720 N/mm² y se utilizara para la fabricación del diferencial debido a sus buenas aplicaciones en engranajes cónicos. Su composición química es la siguiente:

C	Si	Mn	P	S	Cr
0,17 - 0,22	0 - 0,4	1,1 - 1,4	0 - 0,025	0 - 0,035	1,0 - 1,3

Tabla 5.3: Composición química 20MnCr5

➤ **E470**

E470 es un acero sin soldadura laminado en caliente. Tiene un límite elástico de 470 N/mm². La aplicación principal es para ejes huecos de larga distancia, en este proyecto se utiliza para la fabricación del árbol de transmisión. Su composición química es la siguiente:

TIPO DE ACERO	C % máx.	Mn % máx.	Si % máx.	P % máx.	S % máx.	V % máx.
E355 ⁽¹⁾	0,22	1,60	0,55	0,030	0,035	--
E355K2 ⁽¹⁾	0,20	0,90 ÷ 1,65	0,50	0,030	0,030	0,12
E470 ⁽²⁾	0,16 ÷ 0,22	1,30 ÷ 1,70	0,10 ÷ 0,50	0,030	0,035	--
St52.0	0,22	1,60	0,55	0,040	0,035	--
St52.3 - N / S355J2H ⁽³⁾	0,22	1,60	0,55	0,040	0,040	--
20MnV6 / MW450 ⁽⁴⁾	0,22	1,70	0,50	0,035	0,040	0,020

Tabla 5.4: Composición química E470

5.2.3 Descripción de los componentes

Todos los elementos que forman la transmisión del vehículo están definidos en este documento, para ello se utilizarán las especificaciones del Documento 4: Planos. Se comprueba la congruencia de cada pieza con las pruebas y controles de calidad que se realizan en el proceso de fabricación y montaje.

5.2.3.1 Embrague

El disco de embrague tiene 267 mm de diámetro exterior y 186,76 mm de diámetro interior. Encima de este se colocan los forros de fricción. En el centro tiene un estriado de xx de longitud, 30 mm de diámetro y un módulo de 2 mm. El estriado que se ha empleado es un DIN 5480 y está compuesto por 14 dientes. Este estriado lleva un ajuste deslizante, para que el disco del embrague deslice cuando el conductor pise el pedal de embrague. El estriado del embrague tiene un ajuste H8/h9.

5.2.3.2 Caja de cambios

5.2.3.2.1 Eje primario

El eje primario tiene una longitud de 155 mm de largo y está fabricado en 42CrMo4. Está compuesto de una única sección de 30 mm de diámetro. En el eje estará mecanizado un engranaje con un diámetro primitivo de 191,54 mm y compuesto de 36 dientes. Tendrá una anchura de 50 mm y un módulo de 5 mm. El eje tiene una tolerancia geométrica concéntrica de 0,03 para el correcto funcionamiento de los rodamientos cónicos que van colocados en este eje. Dichos rodamientos se colocan con un ajuste de H7/k6 para que el rodamiento gire sin problema. Se hará dos rebajes a los lados de los rodamientos donde irán colocados anillos de retención para la fijación de los rodamientos.

El acabado superficial del eje es de N9, siendo N7 en las zonas de apoyo de los rodamientos, zona del estriado y en los dientes del engranaje. Para más detalles consultar el plano N° 2 del Documento 4: Planos.

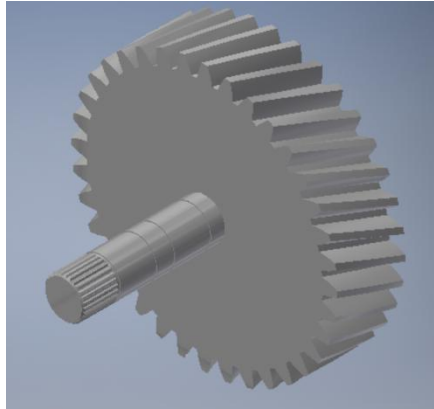


Imagen 5.1: Eje primario

5.2.3.2.2 Eje intermediario

El eje intermediario tiene una longitud de 610 mm y está fabricado en 42CrMo4. Está compuesto por varias secciones de distintos diámetros siendo 35 mm el diámetro general para los engranajes. El eje intermediario tiene una tolerancia geométrica de rectitud para el correcto equilibrio de los elementos que van montados sobre el.

Los engranajes van montados por medio de estriados, para facilitar el montaje y desmontaje en caso de ser necesario. Los engranajes del eje intermediario están directamente conectados con los engranajes del eje secundario, transmitiendo así el par motor. Todos los engranajes son helicoidales debido a que transmiten mayor potencia, excepto el de la marcha atrás que será un engranaje recto. El engranaje de toma constante está directamente mecanizado en el eje debido a que es el engranaje que conecta directamente con el eje primario. El engranaje de marcha atrás no está conectado al igual que el resto ya que entre los dos engranajes de marcha atrás se introduce un tercero que sirve de cambio de giro de la transmisión.

El eje tiene un acabado superficial de N7. En las secciones donde van los rodamientos apoyados habrá un ajuste H7/k6 para que el rodamiento gire sin problema. En los nervados donde van los engranajes habrá un ajuste de apriete H7/r6. Para más detalles consultar el plano N° 3 del Documento 4: Planos.

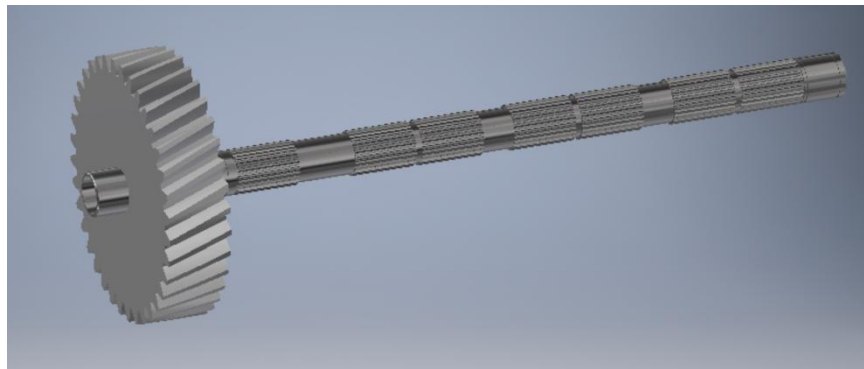


Imagen 5.2: Eje intermediario

5.2.3.2.3 Eje secundario

El eje secundario tiene una longitud de 566 mm y está fabricado en 42CrMo4. El eje está compuesto de diferentes secciones dependiendo de la marcha. Los engranajes montados sobre este eje giran libremente debido a los rodamientos de agujas donde van apoyados. La potencia se transmite mediante el accionamiento del sincronizador que selecciona la marcha elegida por el conductor. El sincronizador está acoplado al eje mediante estriados de la norma DIN 5480. Los sincronizadores deben ser capaces de transmitir diferentes potencias por ello tendrán diferentes diámetros.

En la siguiente tabla se muestran los estriados empleados para conectar los sincronizadores al eje:

SINCRONIZADOR	DIÁMETRO	Nº DE DIENTES
1ª y 2ª marcha	45 mm	34 dientes
3ª y 4ª marcha	40 mm	30 dientes
5ª y 6ª marcha	40 mm	30 dientes
R marcha atrás	39 mm	30 dientes

Tabla 5.5: Dimensiones de los estriados en el eje secundario

El eje secundario está unido a la junta cardan mediante un estriado, de longitud 35 mm y 16 dientes, que coincide con el estriado de la junta cardan, donde se especifica en este mismo documento en el apartado 5.2.3.4 Junta cardan.

El ajuste que llevará el estriado será de H7/r6. El eje tendrá un acabado superficial de N7. La sección donde irán apoyados los rodamientos tendrá un ajuste de H7/k6. Para más detalles consultar el plano N° 4 del Documento 4: Planos.

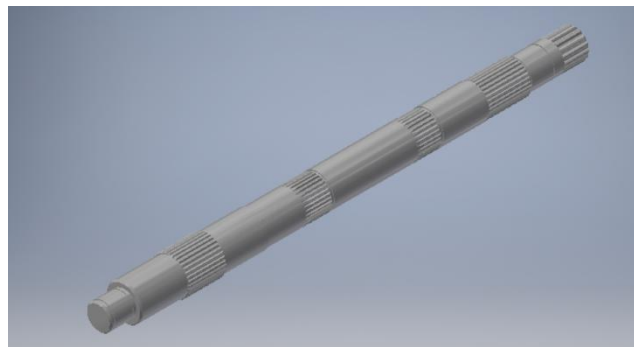


Imagen 5.3: Eje secundario

5.2.3.2.4 Eje marcha atrás

El eje marcha atrás tiene una longitud total de 90 mm y un diámetro constante de 30 mm. La rueda inversora está directamente mecanizada en el eje. Este eje se desplaza cuando el conductor mete la marcha atrás, engranando con la rueda y el piñon. Este eje al igual que los demás esta fabricado en 42CrMo4. Tiene un acabado superficial general de N9 salvo en los dientes del engranaje que tiene un acabado N7.

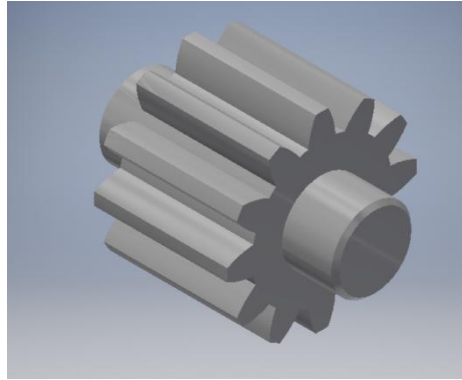


Imagen 5.4: Eje marcha atrás

5.2.3.2.5 Engranajes

5.2.3.2.5.1 Engranajes para la marcha delantera

Para las marchas delanteras, esta transmisión consta de 6 velocidades. Cada marcha está compuesta por un par de engranajes helicoidales. Para todos los pares de engranajes se ha optado por un acabado superficial N7. En las siguientes tablas se muestran las medidas principales de todos los engranajes. Para más información consultar el apartado 3.4.3 Cálculo de los engranajes del Documento 3: Anexo de cálculos.

PIÑÓN (Z)		1 ^a marcha	2 ^a marcha	3 ^a marcha	4 ^a marcha	5 ^a marcha	6 ^a marcha	R marcha atrás
Nº dientes	Z	12	20	27	28	37	40	12
Angulo hélice	β	20	20	20	20	20	20	0
Angulo presión	α	20	20	20	20	20	20	20
Ancho (mm)	$b = \psi \cdot m$	50	50	50	50	50	50	50
Módulo (mm)	m	5	5	5	5	5	5	5
R primitivo (mm)	$R = \frac{m}{2} \cdot \frac{z}{\cos \beta}$	31,92	53,2	71,83	74,49	98,43	106,41	30
Radio cabeza (mm)	$R_c = R + hc$	36,92	58,2	76,83	79,49	103,43	111,41	35
Radio base (mm)	$R_b = R \cdot \cos \alpha$	30	50	67	70	93	100	29

Tabla 5.5: Dimensiones de los engranajes del eje intermedio

CORONA (Z')		1 ^a marcha	2 ^a marcha	3 ^a marcha	4 ^a marcha	5 ^a marcha	6 ^a marcha	R marcha atrás
Nº dientes	Z	61	53	46	45	36	33	56
Angulo hélice	β	20	20	20	20	20	20	0
Angulo presión	α	20	20	20	20	20	20	20
Ancho (mm)	$b = \psi \cdot m$	50	50	50	50	50	50	50
Módulo (mm)	m	5	5	5	5	5	5	5
R primitivo (mm)	$R = \frac{m}{2} \cdot \frac{z}{\cos \beta}$	162,28	141	122,38	119,71	95,77	87,79	140
Radio cabeza (mm)	$R_c = R + hc$	167,28	146	127,38	124,71	100,77	92,79	145
Radio base (mm)	$R_b = R \cdot \cos \alpha$	153	133	115	113	90	83	131,45

Tabla 5.6: Dimensiones de los engranajes del eje secundario

Como ya se ha comentado anteriormente, los engranajes del eje intermediario irán conectados mediante un estriado mientras que los engranajes del eje secundario girarán libres apoyados sobre rodamientos de agujas. Estos últimos engranajes tienen en un lado un saliente mecanizado, en el que se pueden diferenciar dos elementos. El primero es una sección cónica, que se acopla en el aro sincronizador y cumple la misma función que un embrague cónico. El segundo es un dentado DIN 5480, que sirve para conectar con el sincronizador y de esta manera transmitir la potencia, convirtiendo en fijo el engranaje seleccionado. Los engranajes llevan una tolerancia de paralelismo de 0,03 mm, de esta manera queda garantizado un giro adecuado y un engrane correcto.

También llevan una tolerancia circular de oscilación de 0,01 mm. Mediante esta tolerancia se controla la relación de transmisión y que la distancia entre ejes sea prácticamente constante. Para más detalles consultar los planos Nº 5, 6, 7, 8, 9 y 10 del Documento 4: Planos.

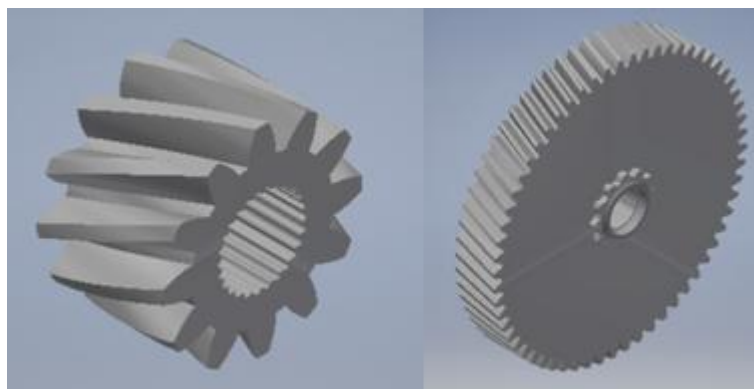


Imagen 5.5: Par de engranajes marcha delantera

5.2.3.2.5.2 Engranajes marcha atrás

El conjunto de engranajes de la marcha atrás esta formado por 3 engranajes: el piñón, la corona y la rueda inversora. Los tres son engranajes rectos. En la siguiente tabla se muestran las medidas principales de los engranajes. La rueda inversora será de las mismas medidas que el engranaje que se encuentra en el eje intermediario para así mantener una relación de 1:1.

PIÑÓN (Z)		R marcha atrás
Nº dientes	Z	12
Angulo hélice	β	0
Angulo presión	α	20
Ancho (mm)	$b = \psi \cdot m$	50
Módulo (mm)	m	5
R primitivo (mm)	$R = \frac{m}{2} \cdot \frac{z}{\cos \beta}$	30
Radio cabeza (mm)	$R_c = R + hc$	35
Radio base (mm)	$R_b = R \cdot \cos \alpha$	29

Tabla 5.7: Dimensiones engranaje marcha atrás en eje intermediario

CORONA (Z')		R marcha atrás
Nº dientes	Z	56
Angulo hélice	β	0
Angulo presión	α	20
Ancho (mm)	$b = \psi \cdot m$	50
Módulo (mm)	m	5
R primitivo (mm)	$R = \frac{m \cdot z}{2 \cdot \cos \beta}$	140
Radio cabeza (mm)	$R_c = R + hc$	145
Radio base (mm)	$R_b = R \cdot \cos \alpha$	131,45

Tabla 5.8: Dimensiones engranaje marcha atrás en eje secundario

La función de la rueda inversora, tal y como su nombre indica es la de invertir el sentido de giro, de tal manera que el vehículo pueda ir marcha atrás. Estos engranajes tienen una tolerancia de oscilación circular de 0,01 mm. Los engranajes de marcha atrás al igual que los demás del mecanismo están fabricados en 16MnCr5. Tienen un acabado general de N9 menos en las zonas de contacto de los dientes y en las zonas de apoyo en el eje que tienen un acabado de N7. La tolerancia de paralelismo es de 0,03 mm para garantizar un giro adecuado.

5.2.3.2.6 Rodamientos

La elección de los rodamientos se ha hecho mediante el catálogo SKF. Los rodamientos elegidos tienen que tener el diámetro interior de la misma medida que la sección del eje donde van apoyados, igualmente tienen que ser capaces de soportar las cargas que haya sobre el eje. En la siguiente tabla se muestran los rodamientos elegidos para este proyecto, ya que se ajustan a las exigencias del mismo:

EJE PRIMARIO				
Apoyo A (Cónico) Ref:33206/Q	$\varnothing_{\text{ext}}=62$ mm	$\varnothing_{\text{int}}=30$ mm	b= 25 mm	C= 64,4 kN
Apoyo B (Cónico) Ref: 33206/Q	$\varnothing_{\text{ext}}=62$ mm	$\varnothing_{\text{int}}=30$ mm	b= 25 mm	C= 64,4 kN
EJE INTERMEDIARIO				
Apoyo C (Rodillos) Ref: NU 207 ECP	$\varnothing_{\text{ext}}=72$ mm	$\varnothing_{\text{int}}=35$ mm	b=17 mm	C= 56 kN
Apoyo D (Bolas) Ref: 6407	$\varnothing_{\text{ext}}=100$ mm	$\varnothing_{\text{int}}=35$ mm	b= 25 mm	C=55,3 kN
EJE SECUNDARIO				
Apoyo C' (Rodillos) Ref: NU 206 ECP	$\varnothing_{\text{ext}}=62$ mm	$\varnothing_{\text{int}}=30$ mm	b= 20 mm	C= 55 kN
Apoyo D' (Bolas) Ref: 6407	$\varnothing_{\text{ext}}=100$ mm	$\varnothing_{\text{int}}=35$ mm	b= 25 mm	C= 55,3 kN

Tabla 5.9: Dimensiones de los rodamientos

RODAMIENTOS DE AGUJAS EN EL EJE SECUNDARIO				
1ª marcha	$\varnothing_{\text{ext}}= 47$ mm	$\varnothing_{\text{int}}= 42$ mm	b= 30 mm	C= 31,9 kN
2ª marcha	$\varnothing_{\text{ext}}= 47$ mm	$\varnothing_{\text{int}}= 42$ mm	b= 30 mm	C= 31,9 kN
3ª marcha	$\varnothing_{\text{ext}}= 45$ mm	$\varnothing_{\text{int}}= 40$ mm	b= 17 mm	C= 20,5 kN
4ª marcha	$\varnothing_{\text{ext}}= 45$ mm	$\varnothing_{\text{int}}= 40$ mm	b= 27 mm	C= 31,4 kN
5ª marcha	$\varnothing_{\text{ext}}= 45$ mm	$\varnothing_{\text{int}}= 40$ mm	b= 13 mm	C= 16,8 kN
6ª marcha	$\varnothing_{\text{ext}}= 45$ mm	$\varnothing_{\text{int}}= 40$ mm	b= 13 mm	C= 16,8 kN

Tabla 5.10: Dimensiones de los rodamientos de aguja

5.2.3.2.7 Sincronizadores

Los sincronizadores están compuesto por tres elementos: Sincronizador, cubo sincronizador y aro sincronizador. Los tres elementos están fabricados en 16MnCr5 para evitar reacciones entre materiales con el paso del tiempo. Para detalles de medias consultar el plano N° 13, 14 y 15 del Documento 4: Planos.

El aro sincronizador es el elemento que debido a su conicidad se engancha al cubo sincronizador y mediante el dentado DIN 5480 que tiene se engancha el sincronizador, transmitiendo la potencia al eje. El acabado superficial de los aros sincronizadores es N7. Se distinguen tres aros siendo uno para la 1ª y 2ª marcha, otro para la 3ª y 4ª marcha y por último otro para la 5ª y 6ª marcha.



Imagen 5.6: Aro sincronizador

El cubo sincronizador tiene estriado por dentro y por fuera. Por dentro para acoplarse al eje y por fuera para acoplar el sincronizador. Hay tres cubos sincronizadores, al igual que los aros repartidos igualmente por cada par de marchas. El estriado interior lleva un acabado H7/j6 y siguen la norma DIN 5480. El acabado superficial del cubo sincronizador es de N7.

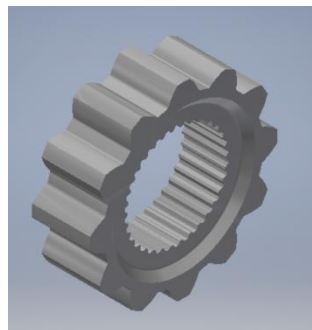


Imagen 5.7: Cubo sincronizador

El sincronizador es el elemento que se desplaza a izquierda o derecha, con el objetivo de acoplar el engranaje, el cubo sincronizador y el aro sincronizador como si fuesen un único elemento. El sincronizador está conectado a la palanca de cambios mediante una horquilla, de esta manera cuando el conductor mueve la palanca de cambios mueve una horquilla u otra accionando distintas marchas.

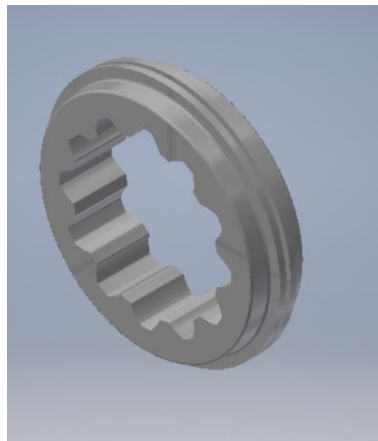


Imagen 5.8: Sincronizador

5.2.3.2.8 Anillos de seguridad

Los rodamientos sobre los que se apoyan los ejes deben estar bien fijados. Para ellos se utilizan los anillos de seguridad. Los ejes tienen ranuras a ambos lados de la sección donde van montados los rodamientos, siendo estas ranuras donde van colocados los anillos de seguridad. Para este proyecto se han utilizado anillos de seguridad del catálogo Raymond que siguen la norma DIN 471. Los anillos de seguridad son de cuatro dimensiones para cuatro distintos diámetros del eje y están fabricados en acero. Para más información consultar el apartado 2.7.6.2. Anillos de retención del Documento 2: Memoria.

5.2.3.3 Junta Cardán

Las juntas Cardan se encuentran en los extremos del árbol de transmisión. La junta que está conectada al eje secundario tiene un estriado interior para transmitir el par torsor. Para conectar las juntas cardan al árbol de transmisión se utilizan 8 tornillos de M8 en cada uno de los extremos. Para más información consultar el apartado 2.7.8. Junta cardan de Documento 2: Memoria.

5.2.3.4 Árbol de transmisión

El árbol de transmisión está formado por dos etapas de 1 m cada una. El árbol está fabricado en material E470 y se obtiene del catálogo de Protubsa. El acabado superficial del árbol no ha de ser excesivo por lo que se ha utilizado un acabado de N9 y solo en los extremos donde irán los tornillos un acabado N7.

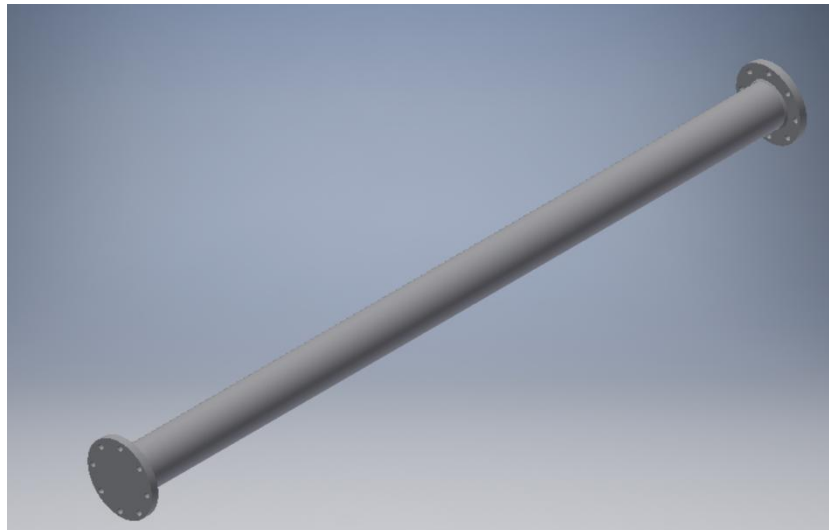


Imagen 5.9: Árbol de Transmisión.

5.2.3.5 Diferencial

Piñon:

El piñon del diferencial se encuentra mecanizado en el eje diferencial, que a su vez está acoplado al árbol de transmisión mediante una junta cardan y un estriado que sigue la norma DIN 5480.

El engranaje está fabricado de 20MnCr5 y es de tipo cónico. Tiene un acabado superficial general de N9 y en los dientes un acabado de N7.

Corona:

La corona es el engranaje que engrana con el piñon. También está fabricado en 20MnCr5. Tiene un acabado superficial de N7 y es un engranaje de tipo helicoidal.

Satélites:

Los satélites reciben el giro del eje donde se encuentran acoplados, y esos engranan con los planetarios. Son engranajes cónicos. En la siguiente tabla se muestran las principales medidas:

Radio primitivo	37,5 mm
Radio de cabeza	41,24 mm
Radio de fondo	32,81 mm
Anchura del diente	50 mm
Angulo primitivo	41,41°

Tabla 5.10: Dimensiones principales satélites

Planetarios:

Los planetarios como anteriormente mencionado engranan con los satélites y también son de tipo cónico. En la siguiente tabla se muestran las principales medidas:

Radio primitivo	42,5 mm
Radio de cabeza	45,8 mm
Radio de fondo	38,36 mm
Anchura del diente	50 mm
Angulo primitivo	48,58°

Tabla 5.11: Dimensiones principales planetarios

5.2.4 Condiciones de ejecución

Los elementos que forman la transmisión pueden ser de tres tipos diferentes: elementos que se tienen que diseñar, elementos normalizados y elementos comerciales. Los dos últimos tipos de elementos son producidos por fabricantes especiales y solo es necesario comprobar que cumplen con las condiciones técnicas necesarias.

5.2.4.1 Materia prima

Los engranajes, ejes y sincronizadores son fabricados mediante mecanizado. La materia prima debe ir con un certificado de calidad del material y la aprobación del reglamento REACH del fabricante, para de esta manera asegurar que cumple con las condiciones ambientales establecidas por la ley y que la composición química del material es el adecuado.

5.2.4.2 Dientes

Algunas piezas de la transmisión, tales como engranajes y sincronizadores o incluso los ejes mediante un estriado tienen dientes. Dichos dientes son de perfil envolvente. Para la fabricación de los mismos se utiliza una fresa madre debido a que no deja marcas en la pieza y a los buenos resultados ofrece. En la industria es de las más usadas aunque existen otro tipo de máquinas.

A continuación se hace un listado con el procedimiento de fabricación de los dientes:

1. Elegir la materia prima a utilizar
2. Preparar la máquina a utilizar
3. Maquinar en torno vertical la pieza vertical

4. Seleccionar cortador y paso de diente e insertarlo a la generadora
5. Iniciar el proceso de dentado
6. Proceso de cementación y templado para aumentar la dureza y resistencia de los dientes
7. Aplicar proceso de mecanización por abrasión para impedir deformaciones y quitar imperfecciones en los dientes
8. Realizar el control de calidad necesario (en caso de los estriados será más riguroso debido al buen ajuste que lleva).

5.2.4.3 Acabado superficial

El correcto funcionamiento de las piezas depende acabado superficial de las mismas, que tienen que tener unas propiedades en concreto que beneficien el contacto entre piezas. A continuación se nombran algunas superficies que tienen que llevar un acabado superficial:

- Superficies que necesiten una gran precisión
- Superficies que estén en contacto o que tengan un movimiento relativo.
- Estriados que tengan un ajuste de apriete, deslizamiento o holgura.
- Asentamientos de ejes como rodamientos o carcasas
- Superficies estéticas, tienen gran impacto psicológico en el usuario respecto a la calidad del producto.

Las piezas que reciben un acabado superficial pasan controles de calidad más exhaustivos, que comprobarán si el acabado seleccionado es el adecuado para que la pieza cumpla con su funcionamiento.

	Clase de	Estado superficial	Procedimiento de	Aplicaciones
Sin sobremedida para mecanizado y sin arranque de viruta		Basto, sin eliminación de rebabas	Forja Fundición Corte con	Bastidores de máquinas agrícolas
	N12 N11	Basto, aunque sin rebabas	Forja, fundición y oxicorte de calidad	Maquinaria agrícola en general
Con sobremedida para mecanizado y arranque de viruta	N10 N9	Desbastado Marcas apreciables al tacto y visibles	Lima Torno Fresadora	Agujeros, avellanados, superficies no funcionales.
	N8 N7	Marcas ligeramente perceptibles al tacto	Lima, torno o fresadora con mayor precisión	Ajustes duros Caras de piezas
	N6 N5	Acabado muy fino Marcas no visibles ni perceptibles al tacto	Preparación previa en torno o fresadora para acabar con rasqueteado, escariado, etc.	Ajustes deslizantes Correderas Aparataje de medida y control
	N4 N3 N2 N1	Acabado finísimo, especular Marcas totalmente invisibles	Acabado final mediante lapeado (acabado con abrasivo), bruñido o rectificado de calidad	Calibres y piezas especiales de precisión

Tabla 5.12: Aplicaciones generales de los estados superficiales.

5.2.4.4 Tolerancias geométricas y dimensiones

Normalmente, las piezas que reciben un acabado superficial deberán llevar una tolerancia y en este proyecto se ha mantenido ese criterio.

En caso de haber dudas sobre las tolerancias a aplicar o si se requiere alguna modificación esta deberá ser notificada al director del proyecto.

En el proceso de fabricación se deberán de respetar todas las cotas y tolerancias indicadas en los planos. En caso de que una pieza con una tolerancia no pase el control de calidad, está no podrá pasar a la fase de montaje.

5.2.4.5 Tratamientos térmicos y químicos

Se aplican tratamientos químicos y térmicos a algunas piezas para mejorar las propiedades mecánicas de las mismas. En el caso de ejes, engranajes y otras piezas sometidas a carga se tratarán con procesos de cementado y templado para aumentar la dureza y resistencia de las superficies en contra de la fricción y desgaste.

El árbol de transmisión por ejemplo recibe un tratamiento de zincado. De esta manera se protege a la pieza de la corrosión y oxidación que puedan darse en las condiciones ambientales en las que este.

Las piezas deberán pasar un control de calidad verificando que cumplen con las propiedades anteriores. Se harán ensayos de dureza y destructivos en probetas.

5.2.4.6 Montaje

Tras la fabricación de todas las piezas y superar los controles necesarios se procede al montaje. Las piezas deben estar en buenas condiciones sin marcas o defectos. En caso de haberlos la pieza se rechazará y deberá ser sustituida por una nueva.

Una vez obtenidas todas las piezas y los elementos comerciales necesarios, se procede a su ensamblaje:

1. Montar el conjunto de presión del embrague.
2. Montar el embrague completo.
3. Montar los rodamientos en el eje primario y fijarlos mediante los anillos de seguridad.
4. Colocar engranajes y sincronizadores en sus respectivas posiciones utilizando la hoja de procesos para comprobar que sigue la correcta secuencia.
5. Montaje de los rodamientos y su fijación mediante anillos de seguridad.
6. Unir el árbol de transmisión a la caja de cambios mediante la junta cardan.

7. Unir el diferencial al otro extremo de la junta cardan.
8. Montar las tapas necesarias que portegan el mecanismo
9. Montaje en el vehículo

Las herramientas y máquinas que necesite el operario dererán estar a su alcance. Será obligatorio en el caso de las piezas a apriete utilizar un martillo de plástico duro para no dañar las piezas.

En caso de fallo o rotura de alguna pieza de la transmisión y se tenga que proceder a su desmontaje se seguirán los pasos del montaje pero a la inversa.

5.2.4.7 Lubricación

El aceite o valvulina es el liquido encargado de lubricar las piezas giratorias tales como, los engranajes y los rodameintos. El aceite se encarga de controlar la temperatura de la caja de cambios. Gracias a la viscosidad del aceite el cambio de marcha se hace de forma más sencilla y protege a los engranajes de rasponazos. Existen varios tipos de aceites dependiendo de la caja de cambios y del vehículo, en este caso se utilizará un aceite tipo GL-4.

El aceite que se utilizará en este proyecto es de la marca Repsol, con nombre Cartago EP 75W-90.

	UNIDAD	METODO	VALOR
Grado SAE			75W90
Densidad a 15 °C	g/mL	ASTM D 4052	0,869
Viscosidad a 100 °C	cSt	ASTM D 445	15,5
Viscosidad a 40 °C	cSt	ASTM D 445	88
Viscosidad a -26 °C	cP	ASTM D 2983	150.000 máx.
Índice de viscosidad	-	ASTM D 2270	188
Punto de inflamación, V/A	°C	ASTM D 92	165 mín.
Punto de congelación	°C	ASTM D 97	-42
FZG, Escalón 12		DIN 51354	Pasa
4 Bolas, ICD		ASTM D 2783	45 mín.

Tabla 5.12: Características técnicas del aceite

El tiempo del aceite es limitado y cada cierto tiempo hay que cambiarlo ya que va perdiendo propiedades (menos resistencia al calor y pérdida de viscosidad) y se satura de residuos metálicos debido a la fricción de los piñones. Todo ello puede afectar a la vida útil de la transmisión.

Categoría	Estado	Se usa en	Condiciones de funcionamiento	Notas
API GL-1	Inactivo*	transmisiones manuales	condiciones moderadas: bajas presiones en la unidad y velocidades mínimas de deslizamiento	Se pueden utilizar inhibidores de la oxidación y el herrumbre, así como inhibidores de la fluidez, para mejorar las características de los lubricantes diseñados para este servicio. No se deben utilizar modificadores de fricción ni aditivos de presión extrema.
API GL-2	Inactivo*	ejes de engranajes de tornillo sinfín de tipo automotor	condiciones de carga, temperatura y velocidades de deslizamiento tales, que los lubricantes que funcionan bien para el servicio API GL-1 no serán suficientes	
API GL-3	Inactivo*	transmisiones manuales y ejes cónicos espirales	condiciones de velocidad y carga de suaves, a moderadas y a severas	capacidades de transporte de cargas mayores a API GL-1, pero inferiores a los requerimientos de los lubricantes que sirven para el servicio API GL-4.
API GL-4	Activo	engranajes cónicos espirales e hipoides en ejes automotrices	velocidades y cargas moderadas	Estos aceites se pueden utilizar en transmisiones manuales y aplicaciones de transeje seleccionadas.
API GL-5	Activo	engranajes, especialmente los hipoides, en los ejes automotrices	condiciones de altas velocidades y/o bajas velocidades y torque alto	Los lubricantes calificados bajo la especificación militar de los Estados Unidos MIL-L-2105D (anteriormente MIL-L-2105C), MIL-PRF-2105E y SAE J2360 cumplen con los requisitos de la designación de servicio API GL-5.
API GL-6	Inactivo*	engranajes diseñados con un descentramiento muy alto del piñón	diseños que generalmente requieren una protección contra estriación (engranaje) superior a la provista por los aceites para engranajes API GL-5	El instrumental de pruebas original API GL-6 está obsoleto.

Tabla 5.13: Especificaciones API para aceites de los engranajes

5.2.4.8 Comprobación

Una vez fabricada u montada la transmisión el propio fabricante tendrá que realizar pruebas en el producto para cerciorarse que funciona correctamente. Estas pruebas se realizarán en el mismo taller de montaje y consta de diferentes tipos de pruebas: se comprueba la resistencia con carga y sin ella, se realizarán pruebas con la caja de cambios lubricada y sin lubricar, para ello, se utilizará una máquina que simula el funcionamiento del coche y del motor.

5.2.4.9 Control de calidad

Como se ha comprobado en este documento los controles de calidad se hacen a lo largo de toda la fabricación y montaje del mecanismo para asegurar que el producto cumple correctamente con su función y es seguro. El material a utilizar es muy importante es por ello que se exige un certificado de calidad del mismo. En estos certificados deberán aparecer los resultados de los ensayos y la composición química del material.

Todos los elementos fabricados de este proyecto deben ser medidos para poder realizar la primera muestra de artículos denominada FAI "First Article Inspection". Es necesario comprobar todas las cotas que aparecen en los planos definidos en este proyecto en el Documento 4: Planos. De cada referencia se medirán 3 piezas comprobando que su medida es correcta y cumple con todas las tolerancias establecidas. Si pasa dicho control, la pieza se da por buena.

Los resultados de todos los ensayos y pruebas realizados serán documentados para en caso de errores, encontrar su origen con mayor facilidad. Toda la documentación deberá estar fechada, con su localización de realización y el nombre del responsable.

5.2.4.10 Embalaje y transporte

Una vez finalizado todo lo anterior se procede al embalaje del producto para su transporte. La transmisión se meterá en una caja de mayores dimensiones rellena con espuma o plástico protector. El producto se fijará bien a la caja de madera para que no sufra ningún golpe. Una vez fijada, se colocará en un pale también mayor que la caja para asegurar un envío correcto. Por último se sellará todo con plástico transparente evitando también posibles humedades. Se etiqueta el producto con la dirección de envío, número de lote y serie y procedencia.

Para cargar y descargar el producto embalado se utilizará una carretilla industrial o en su defecto una pequeña grúa.

Con este tipo de embalaje, se asegura que el cliente recibe el producto en óptimas condiciones y sin daños, ya sean envíos por tierra, mar o aire.

5.3 CONDICIONES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

5.3.1 Planificación

1. El fabricante dispone de 15 días hábiles para el desarrollo y presentación del plan de trabajo para la fabricación de la transmisión. En el plan se especificará la duración del proceso. Los pasos a seguir son:

- Organización
- Mecanización
- Montaje
- Mantenimiento
- Controles de calidad
- Pruebas y ensayos
- Entrega

2. En caso de retraso en la entrega, se informará al proyectista y al cliente.

3. Tanto el proyectista como el cliente pueden considerar como no válido el retraso, en cuyo caso se multará al fabricante con una penalización económica pudiendo llegar a ser de hasta el 7% del coste total del producto.

5.3.2 Elaboración del proyecto

1. El fabricante deberá empezar el proyecto en la fecha indicada en el contrato.

2. El fabricante no podrá realizar cambios ni modificaciones que puedan alterar el coste sin antes haberlo consultado con el proyectista o el cliente.

3. Tanto las pruebas o ensayos que se realicen en el taller estarán dentro del contrato.

5.3.3 Pago

1. Cuando ambos, el cliente y el proyectista, estén de acuerdo en el precio, el cliente tendrá 3 plazos para realizar el pago:
 - El 20% del coste total una vez aceptado el pedido.
 - El 55% del coste total una vez puesto en marcha el proyecto.
 - El 25% del coste total una vez transcurridos 90 días del comienzo del proyecto.
2. Los gastos financieros que surjan con bancos o entidades serán responsabilidad del cliente.
3. Si el cliente no paga en el plazo estipulado, se le multará con una sanción económica y administrativa.

5.3.4 Entrega

1. Una vez haber superados todos los ensayos y pruebas de calidad oportunas y haber sido embalado, se transportará al taller del cliente.
2. El cliente podrá realizar las pruebas y ensayos que crea oportunos.

3. El montaje de la transmisión con el resto de los elementos del coche será responsabilidad del cliente. A partir de ese momento, todas las marcas, golpes o defectos que se puedan hacer en la transmisión serán responsabilidad del cliente.

4. Una vez terminado el montaje del vehículo y su puesta en marcha, la responsabilidad pasará del fabricante al usuario que utilice el vehículo.

5.3.5 Garantía

1. Una vez hayan transcurrido los 30 días de prueba del producto, el fabricante tendrá 6 meses para arreglar las piezas que tengan fallo en el caso de haberlas.

2. Dentro de la garantía, según los planos y especificaciones, cualquier pieza o subconjunto que tenga algún fallo se reemplazará. En estos casos se desplazará un técnico y solucionará el problema sin coste alguno para el cliente.

3. Si en las piezas hubiera algún fallo causado por el embalaje, el cliente podrá reclamarlo y se procederá al arreglo si se encuentra dentro de la garantía.

4. En el caso de que las piezas hayan sido manipuladas por personal técnico ajeno al propuesto por el fabricante, o si la reclamación está fuera de fecha, el fabricante no tendrá ninguna responsabilidad y lo deberá solucionar el cliente.

5.3.6 Patentes y licencias

1. Si el proyectista quiere utilizar otros métodos, patentes, licencias o compañías, deberá conseguir los permisos necesarios para ello. Además si el cliente lo desea podrá solicitarlo.

2. En caso de que se rompan los derechos de los bienes industriales y se genere una pérdida de dinero, el fabricante tendrá el deber de compensar económicamente al cliente.

5.3.7 Secreto profesional

1. Si el cliente cree que el proyectista recibe información confidencial, este se lo hará saber.
2. El proyectista no podrá divulgar información acerca del proyecto sin el consentimiento del cliente.
3. De la misma manera, el cliente no podrá divulgar la información confidencial que le otorgue el proyectista sin el consentimiento de este.

5.3.8 Anulación del contrato

Las razones principales por las que se pueda romper el contrato serán las siguientes:

- Incumplimiento de las condiciones fijadas en el contrato
- Incumplimiento en los plazos de fabricación
- Quiebra o fracaso del fabricante
- Enfermedad grave o fallecimiento del proyectista

Firmado:

Grado en ingeniería mecánica

David Cabrero de Castro

22755656-P

Bilbao a 25 de Julio del 2018