

emeri ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO ATALA

SECCIÓN INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

--

FDO.: FECHA:	FDO.: FECHA:
-----------------	-----------------

DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

5.1 CONDICIONES GENERALES.....	1
5.1.1 Generalidades.....	1
5.1.2 Objetivos.....	2
5.1.3 Ámbito de aplicación.....	3
5.1.4 Condiciones generales de carácter legal.....	3
5.1.5 Normativa de carácter general.....	3
5.2 CONDICIONES TÉCNICAS.....	6
5.2.1 Construcción.....	6
5.2.2 Materiales.....	6
5.2.2.1 Generalidades.....	6
5.2.2.2 Características de los materiales.....	6
5.2.3 Descripción de los componentes.....	8
5.2.3.1 Embrague.....	8
5.2.3.2 Caja de cambios.....	9
5.2.3.2.1 Eje primario.....	9
5.2.3.2.2 Eje secundario.....	10
5.2.3.2.3 Eje de marcha atrás.....	11
5.2.3.2.4 Engranajes para la marcha delantera.....	12
5.2.3.2.5 Engranajes de marcha atrás.....	14
5.2.3.2.6 Sincronizadores.....	15
5.2.3.2.7 Rodamientos.....	18
5.2.3.2.8 Anillos de seguridad.....	19
5.2.3.3 Diferencial.....	20
5.2.3.3.1 Piñón.....	20
5.2.3.3.2 Corona.....	21
5.2.3.3.3 Satélites.....	21

5.2.3.3.4 Planetarios	21
5.2.4 Condiciones de ejecución	22
5.2.4.1 Dientes.....	22
5.2.4.2 Acabados superficiales	22
5.2.4.3 Tolerancias geométricas y dimensionales	23
5.2.4.4 Tratamientos termoquímicos y térmicos	23
5.2.4.5 Montaje	24
5.2.4.6 Engrase	25
5.2.4.7 Comprobación.....	25
5.2.4.8 Control de calidad.....	26
5.2.4.9 Embalaje y transporte	26
5.2.5 Condiciones económicas y administrativas.....	27
5.2.5.1 Planificación.....	27
5.2.5.2 Elaboración del proyecto	28
5.2.5.3 Pago	28
5.3.5.4 Entrega	28
5.3.5.5 Garantía	29
5.3.5.6 Patentes y licencias	29
5.3.5.7 Secreto profesional	29
5.3.5.8 Anulación del contrato	30

5.1 CONDICIONES GENERALES

5.1.1 Generalidades

En el presente documento llamado “Pliego de Condiciones” se hace referencia a los requisitos técnicos empleados para la ejecución del proyecto de cálculo y diseño de la transmisión de un automóvil. Se recogen los aspectos básicos a tener en cuenta para la correcta realización del proyecto.

Cualquier variación o cambio que se pretendiera realizar sobre la máquina proyectada, deberá ser puesta en conocimiento del Director de Proyecto previamente, sin su consentimiento no se ejecutarán cambios. En caso contrario, las consecuencias que ello origine serán responsabilidad del Fabricante que ejecute el proyecto. No será justificante o eximente a estos efectos de que la variación fuera promovida por el propietario.

Este proyecto se ha publicado el día 19 de Junio de 2017 en Bilbao.

En este mismo documento y en el 4.Documento: Planos, se concretarán los materiales empleados y las condiciones que éstos deben 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

Los documentos tienen diferentes objetivos. La memoria tiene carácter puramente informativo. Los cálculos en cambio, sirven para la justificación de las soluciones adoptadas. Los planos tienen como objetivo la correcta interpretación del proyecto y ser la base de la fabricación de los elementos. El presupuesto y estado de mediciones tienen la finalidad de ofrecer una visión clara del coste del producto. Finalmente, el pliego de condiciones indica las condiciones generales y particulares en las que el proyecto se realiza. Es el único documento expuesto a acciones judiciales y es de carácter obligatorio.

5.1.2 Objetivos

El objetivo de este documento es establecer conexión entre los documentos memoria y planos respectivamente, mediante condiciones técnicas, económicas y legales necesarias para la correcta interpretación del proyecto.

El alcance del siguiente pliego de condiciones afecta a los siguientes procesos citados:

- Adquisición de material
- Producción en taller
- Ensamblaje previo en taller
- Inspección y pruebas
- Ensamblaje final
- Manuales y características y mantenimiento de cada uno de los elementos instalados.
- Presupuesto de servicio post-venta

En caso de que se necesitase ejecutar cualquier actuación no especificada en este documento, la empresa encargada de fabricar seguirá las directrices que el ingeniero jefe tomara para obtener el producto deseado.

5.1.3 Ámbito de aplicación

El presente pliego de condiciones será de aplicación a la construcción, control, dirección e inspección de la transmisión, es decir, del embrague, caja de cambios y diferencial, de un Volkswagen Golf V tdi de 90 CV y 5 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 el constructor, 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

El proyecto presentado se rige por la normativa vigente como la norma UNA, ISO y DIN. Todos los elementos de esta máquina siguen estas normas. Si hay discrepancias entre las normas se usará siempre 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 expuestos en los Planos y Pliego, o que por uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no 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 expondrá en cada uno de los Pliegos de Condiciones Técnicas Particulares, se verán en todo momento, durante la ejecución del proyecto las siguientes normas y reglamentos de carácter general:

- UNE 157001:2002 (Criterios generales para la 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. Principios 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, de 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 la 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 Construcción

Los materiales empleados deberán de cumplir unas condiciones determinadas y condiciones técnicas expuestas en los planos y documentos. En caso de que haya contradicciones entre ellos, se dará como buenas a las expuestas en los documentos. Todos los materiales poseerán los correspondientes certificados de calidad y origen.

Los elementos fabricados para este proyecto deberán cumplir unos requisitos y normas, por eso serán aprobados por el Director del proyecto y homologados por los oficiales correspondientes.

La dirección técnica será la encargada de comprobar los materiales y su calidad. El constructor debe de comprobar las herramientas que se usaran en el proyecto y las sustituirá en caso de estar defectuosas.

5.2.2 Materiales

5.2.2.1 Generalidades

La Dirección es la encargada de hacer las pruebas de resistencia, dureza... necesarias tanto a la pieza como a las probetas. Antes de elegir un material, se debe tener en cuenta el tipo de cargas, la función y la vida nominal que debe soportar la pieza.

Después, se tendrán en cuenta los requisitos para la fabricación y el montaje. Y por último, no se deben de olvidar los costes de producción. En general, para este proyecto nos basaremos en experiencias anteriores y se usarán materiales ya empleados en otros proyectos.

5.2.2.2 Características de los materiales

En este punto se explica detalladamente los materiales (y las características de éstos) que se han usado para poder realizar este proyecto.

➤ **40NiCrMo7**

Se trata de un acero aleado de gran resistencia con aplicaciones de elevada responsabilidad con una buena tenacidad. También conocido como acero F-127. Su elevada tenacidad lo hace propicio para la fabricación de cigüeñales, bielas o ejes. También utilizado para armamento pesado por tener gran resistencia a la fluencia.

- Tiene una resistencia alta
- Tenacidad elevada.
- Esta son sus características químicas EN 100084:2000:

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Pb	Otros
0,30	0,55	0,23	0,65	2,50	0,40	-	-	-

Tabla 5.1: características químicas

➤ **51CrMoV4**

51CrMoV4. Es un acero mejorado. Tiene un gran resistencia en contra el desgaste. Tiene un resistencia de tracción de 140-170 kg/mm² y una tensión de fluencia mínima de 120 kg/mm². Se le aplica un proceso de templado para conseguir una resistencia mayor. En la siguiente tabla se muestra su composición química:

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Otros (%)
0,48~0,56	0,15~0,40	0,70~1,16	≤0,030	≤0,030	0,90~1,20	0,15~0,25	0,08~0,15

Tabla 5.2: características químicas

➤ 5.3.2.5 16MnCr5

16MnCr5. Es un acero cementado, tiene una superficie dura y una resistencia alta frente al desgaste. Tiene una resistencia de tracción de 80-110 kg/mm² y una tensión de fluencia de 60 kg/mm². Debido a su alta resistencia este material se usa en sistemas de transmisión, como por ejemplo en el disco de embrague o en el plato de embrague, en los sincronizadores (como en este caso), en placas de bloqueo...

Su composición química es la siguiente:

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)
0,14~0,19	≤0,40	1,00~1,30	≤0,035	≤0,035	0,80~1,10

Tabla 5.3: características químicas

5.2.3 Descripción de los componentes

Todos los elementos de la transmisión estarán definidos en este documento, para ello se usarán las especificaciones del 4.Documento: Planos. Se comprobará la congruencia de cada pieza con las pruebas y controles de calidad que se hacen en el proceso de fabricación y montaje.

A continuación se describirán los elementos fabricados y elementos comerciales.

5.2.3.1 Embrague

El disco de embrague tiene 213.4 mm de diámetro exterior y 149.4 mm de diámetro interior. Encima de este se colocan los forros de fricción. En el centro tiene un estriado de 15mm de largo, 30mm de diámetro y con un módulo de 1mm. El estriado que se ha empleado es un DIN 5480 y tiene 28 dientes. Este estriado lleva un ajuste deslizante, para que el disco de embrague se pueda desplazar cuando el conductor pise el pedal del embrague para desembragar. El estriado del embrague tiene un ajuste deslizante H8/h9

5.2.3.2 Caja de cambios

5.2.3.2.1 Eje primario

El eje primario tiene 436 mm de largo y está hecho del material 40NiCrMo7. Está compuesto de diferentes secciones siendo su diámetro máximo de 32mm. Este tiene una tolerancia geométrica de rectitud para el correcto equilibrio de los elementos que se colocan en el eje. En la sección con 30 mm y 25 mm de diámetro se colocarán los rodamientos con un ajuste H7/k6, de esta manera, el rodamiento girará sin problemas. Para acoplar el embrague se usará un nervado al principio del eje. Para ello se usará la Norma DIN 5480 y tendrá las siguientes medidas:

z	d₁	d₂	d₃	m	l_t
28	30 mm	29.98 mm	28 mm	1	15.27 mm

Tabla 5.4: Estriado del embrague

El eje primario tiene las ruedas mecanizadas, se pueden acoplar mediante un estriado. De esta manera en caso de rotura de una rueda su sustitución es más fácil. Pero debido a que es muy difícil que una rueda de una caja de cambios se rompa, se mecanizaran en el mismo eje. Todas las ruedas excepto la de marcha atrás son ruedas helicoidales. El engranaje de marcha atrás es una rueda de dientes rectos. Estas ruedas engranan con las ruedas que se encuentran en el eje secundario y así transmitir la potencia.

Este eje tiene un acabado superficial de N9, menos en zonas como los nervados que tendrán N7 o en zonas donde se colocaran rodamientos.

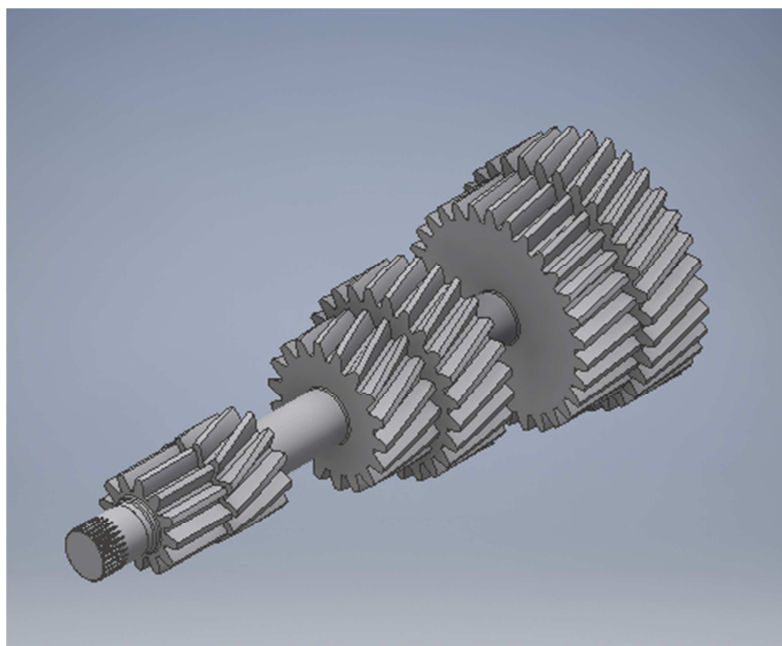


Imagen 5.1: Eje primario

5.2.3.2.2 Eje secundario

El eje secundario tendrá 502 mm de largo y estará hecho de acero 40NiCrMo7. Su diámetro más grande es de 60mm. Este eje también tendrá dos secciones en la que se colocarán rodamientos para que así, éste pueda girar al transmitir la fuerza. Estas dos secciones son de 50mm y 25 mm de diámetro tendrán un ajuste H7/k6. En este eje el engranaje de marcha atrás se encuentra mecanizado, mientras que los otros giran libremente en el eje hasta que se acciona el sincronizador. Para que el sincronizador funcione correctamente, éste estará acoplado en el eje mediante un estriado, DIN 5480. Cada sincronizador deberá transmitir una fuerza diferente, por eso los estriados tendrán diferentes tamaños. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de los estriados empleados para conectar el eje y los sincronizadores. :

	z	d₁	d₂	d₃
Estriado marcha 1 y 2	18	50 mm	45 mm	49.5 mm
Estriado marcha 3 y 4	18	40 mm	36 mm	39.6 mm
Estriado marcha 5	14	32 mm	28 mm	31.6 mm

Tabla 5.5: dimensiones de los estriados en el eje secundario

El piñón del diferencial estará acoplado mediante un estriado DIN 5480 al eje. Tendrá las siguientes medidas:

z	d₁	d₂	d₃
18	25 mm	22.5 mm	24.75 mm

Tabla 5.6: dimensiones del estriado del piñón diferencial

Mediante estos estriado se quiere evitar desplazamientos o huelgo entre los elementos y el eje, por eso se usará un ajuste H7/k9. El eje secundario tiene un acabado superficial N7, menos en las caras de los ejes que estas llevaran un acabado superficial N9.

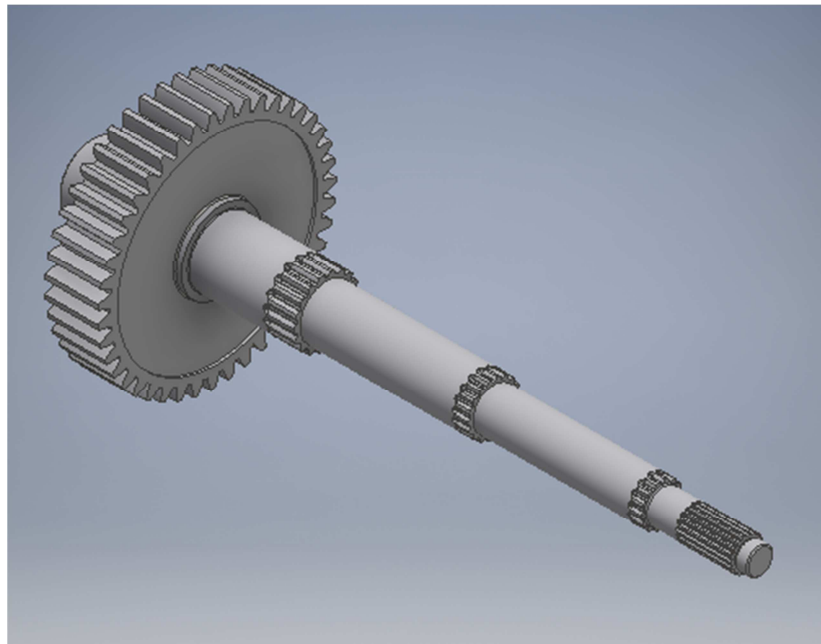


Imagen 5.2: Eje secundario

5.2.3.2.3 Eje de marcha atrás

Este eje solo tiene 140 mm de largo, con un diámetro constante de 20 mm, la rueda inversora de la marcha atrás esta directamente mecanizada en el eje. Este eje se desplaza cuando el conductor mete la marcha atrás, engranando con la rueda y el piñón. Si no fuera por esta rueda no se podría invertir el sentido del giro y circular marcha atrás. Este eje, al igual que los otros dos, esta fabricado de acero 40NiCrMo7. Tiene un acabado superficial general de N7, salvo en la cara de los ejes y de la rueda que tiene un acabado superficial N9.

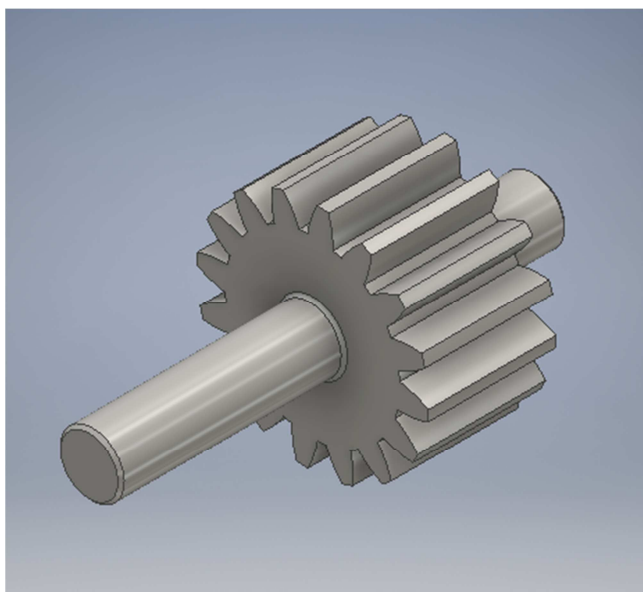


Imagen 5.3: Eje de marcha atrás

5.2.3.2.4 Engranajes para la marcha delantera

Para la marcha hacia delante tenemos cinco pares de engranajes. Todos los engranajes son helicoidales. Cada par tiene un engranaje fijo al eje primario y un engranaje que gira loco en el eje secundario. En la siguiente tabla se describen dichas ruedas:

Rueda	Z	m	b (mm)	dp (mm)	de (mm)	di (mm)	β	α
1	12	4	40	50.53	58.53	40.53	18.21°	20°
1'	45	4	40	189.5	197.5	179.5	18.21°	20°
2	18	4	40	78.55	86.55	68.55	23.57°	20°
2'	37	4	40	161.47	169.47	68.55	23.57°	20°
3	24	4	40	102.86	110.86	92.86	21.05°	20°
3'	32	4	40	137.15	145.15	127.15	21.05°	20°
4	30	4	40	122.04	130.04	112.04	10.5°	20°
4'	29	4	40	117.98	125.98	107.98	10.5°	20°
5	32	4	40	137.15	145.15	127.15	23.57°	20°
5'	24	4	40	102.86	110.86	92.86	23.57°	20°

Tabla 5.7: dimensiones de la ruedas de marcha hacia delante

Como ya se ha dicho en puntos anteriores, las ruedas fijas están mecanizadas en el eje primario.

Los engranajes libres, en cambio, están montados encima de unos rodamientos de agujas, de esta manera pueden girar locamente. Para ello llevan un ajuste de H7/k6. Estos engranajes a un lado tienen un saliente, este saliente tiene dos elementos: el primero es un dentado DIN 5480 que sirve para enganchar con el sincronizador y así hacer la rueda fija al eje y que gira con éste, por ello, este estriado tiene una tolerancia H8/h9. El segundo elemento es una sección cónica, esta se acopla con el aro del sincronizador, y con el mismo funcionamiento que un embrague cónico se transmite la fuerza. Al otro lado, algunos tienen un resalte y otros, una pequeña sección metida hacia dentro para que los engranajes estén en contacto entre ellos, de esta manera se consigue que el conjunto no tenga desplazamientos axiales. En la siguiente tabla se describe el estriado DIN 5480, ya que sus dimensiones cambian según la marcha. Los engranajes llevarán una tolerancia de paralelismo de 0.03 mm y una tolerancia para así garantizar que giran adecuadamente, sin formar elipses y para que entre ellos tengan el engrane correcto.

	z	d₁	d₂	d₃
Estriado rueda 1' y 2'	13	88 mm	76 mm	86.8 mm
Estriado rueda 3' y 4'	11	78 mm	66 mm	76.8 mm
Estriado rueda 5'	10	68 mm	56 mm	66.8 mm

Tabla 5.8: estriado DIN 5480 de las ruedas locas

Todos los ejes de marcha delantera tienen una tolerancia de oscilación circular de 0,01mm para controlar la relación respecto del eje y para que tengan un buen engrane. Los engranajes están fabricados de acero 40NiCrMo7 y tienen un acabado superficial de N9, menos en zonas donde este en contacto con los rodamientos y con otros engranajes.

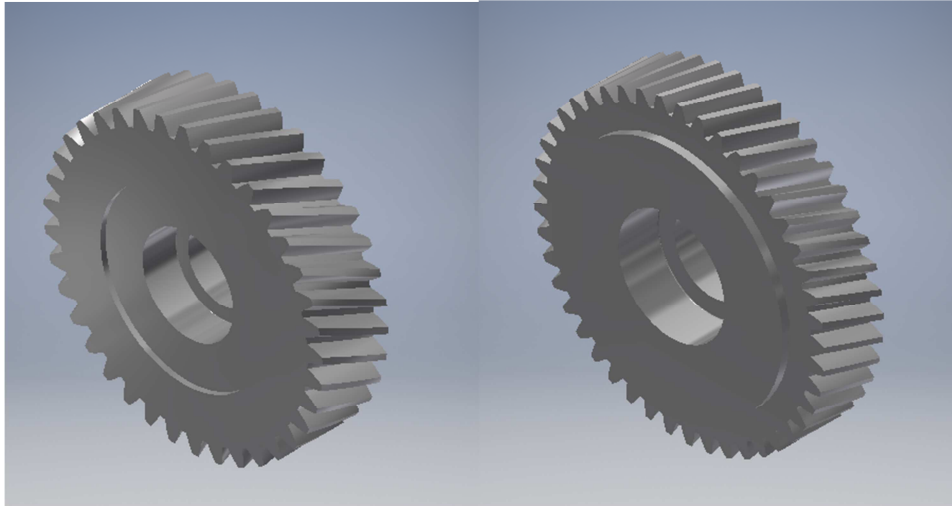


Imagen 5.4: Engranajes marcha hacia delante

5.2.3.2.5 Engranajes de marcha atrás

Los engranajes de marcha atrás son tres, el piñón, la rueda y la rueda inversora. Los tres son engranajes cilíndricos rectos. En la siguiente tabla se describen las características de cada uno:

Rueda	Z	m	b (mm)	dp (mm)	de (mm)	di (mm)	α
M	12	4	40	48	56	19	20°
M'	43	4	40	172	180	162	20°
X	16	4	40	64	72	54	20°

Tabla 5.9: dimensiones de la marcha hacia atrás

Es necesaria la tercera rueda para invertir el sentido del giro, sino, el coche seguiría circulando hacia adelante. Los tres engranajes de marcha atrás están directamente mecanizados cada uno en su eje. El eje de marcha atrás con la rueda inversora, se desplaza engranando con las otras dos ruedas cuando el conductor mete la marcha atrás. Estas ruedas, al igual que las de marcha adelante, tienen una tolerancia de oscilación circular de 0,01. Estas ruedas están compuestas de acero 40NiCrMo7y un acabado superficial de N9, menos en zonas donde estén en contacto con otras piezas y en los dientes. Los engranajes llevarán una tolerancia de paralelismo de 0,03 mm para así garantizar que giraran adecuadamente, sin formar elipses y para que entre ellos tengan el engrane correcto.

5.2.3.2.6 Sincronizadores

Los sincronizadores están compuestos por tres elementos. En la imagen 5.5 se puede ver el anillo sincronizador. Estos están compuestos de 51CrMoV4. Este elemento se queda fijo a la rueda que le corresponda gracias a su conicidad, y por otra parte junto con la rueda, se engancha al sincronizador gracias al dentado DIN 5480 que tienen. Según a la rueda que se tengan que enganchar estos aros tienen diferentes tamaños y dentado:



Imagen 5. 5: aro sincronizador

	z	d₁	d₂	d₃
Aro sincronizador 1 y 2	13	88 mm	76 mm	86.8 mm
Aro sincronizador 3 y 4	11	78 mm	66 mm	76.8 mm
Aro sincronizador 5	10	68 mm	56 mm	66.8 mm

Tabla 5.10: dimensiones del estriado de los aros sincronizadores

Los aros sincronizadores tienen un acabado superficial N7.

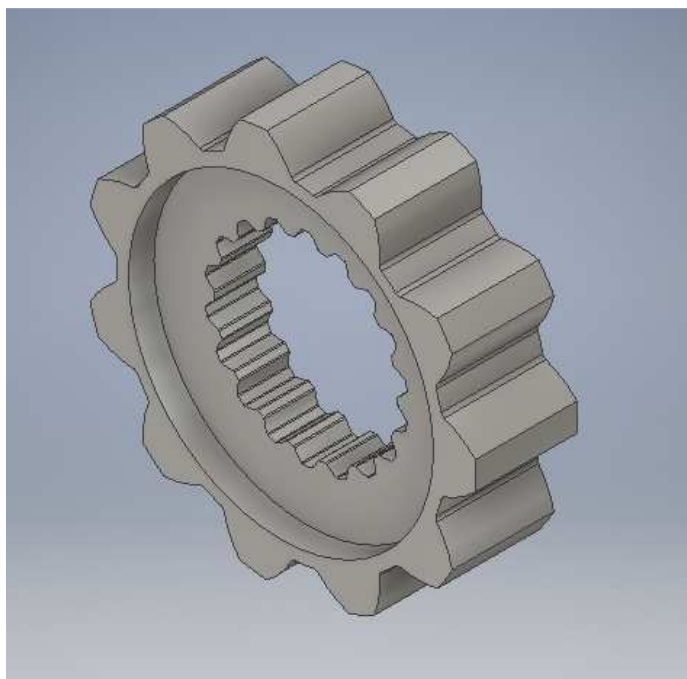


Imagen 5.6: Cubo sincronizador

El elemento de la imagen 5.6 es el cubo sincronizador y está compuesto por el material 16MnCr5. Al igual que los aros sincronizadores estos elementos tienen diferente tamaño y dentado según en la sección que estén colocados. Los cubos sincronizadores tienen un estriado por fuera y por dentro. Con el estriado interior se consigue la fijación con el eje por ello deberá llevar un ajuste H7/k9. En la tabla 5.12 se pueden ver sus diferentes dimensiones del estriado interior. Con el estriado de fuera se consigue acoplar el aro sincronizador, el cubo y el engranaje para que funcionen como si fuera un elemento. El estriado exterior es el mismo que el de los aros sincronizadores, por ello las dimensiones serán igual que en la tabla 5.11. Los cubos sincronizadores tienen en toda su superficie un acabado superficial de N7.

Estriado exterior				
	<i>z</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃
Cubo sincronizador 1 y 2	13	88 mm	76 mm	86.8 mm
Cubo sincronizador 3 y 4	11	78 mm	66 mm	76.8 mm
Cubo sincronizador 5	10	68 mm	56 mm	66.8 mm
Estriado interior				
	<i>z</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃
Cubo sincronizador 1 y 2	13	88 mm	76 mm	86.8 mm
Cubo sincronizador 3 y 4	11	78 mm	66 mm	76.8 mm
Cubo sincronizador 5	10	68 mm	56 mm	66.8 mm

Tabla 5.11: dimensiones del estriado DIN 5480

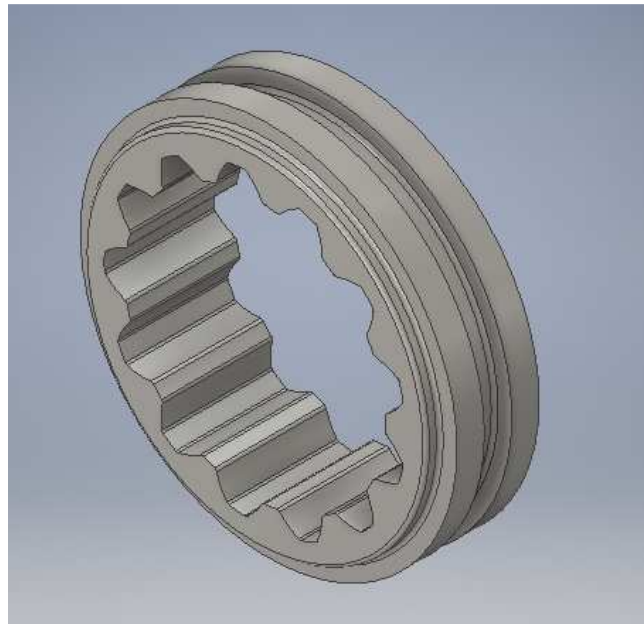


Imagen 5.7: sincronizador

Por último, el elemento de la imagen 5.7 es el sincronizador. Este elemento se desplaza hacia un lado o hacia el otro para acoplar el engranaje, el aro y el cubo sincronizador como si fueran un elemento. Para mover este elemento se usan unas horquillas, que éstas a su vez, se mueven cuando nosotros introducimos una marcha mediante la palanca de cambios. Estos también tendrán diferentes medidas según la marcha que tengan que acoplar. En la siguiente tabla se pueden ver estas medidas. También tendrán diferentes estriados, con dichos estriados, se consigue el acoplamiento anteriormente mencionado. El estriado es el mismo que el estriado exterior de los cubos sincronizadores.

	z	d₁	d₂	d₃
Sincronizador 1 y 2	13	88 mm	76 mm	86.8 mm
Sincronizador 3 y 4	11	78 mm	66 mm	76.8 mm
Sincronizador 5	10	68 mm	56 mm	66.8 mm

Tabla 5.12: estriado del sincronizador

El estriado que se ha usado es un DIN 5480 y este debe de tener una tolerancia H8/h9 que permita que el sincronizador se desplace hacia los lados. Estos elementos por la parte exterior tienen una forma parecida a una U para que la horquilla de accionamiento se introduzca en esa U y pueda desplazar el sincronizador.

Al igual que el cubo sintonizador este elemento está compuesto por una aleación de acero cementada y templada (16MnCr5) y tienen un acabado superficial de N7.

5.2.3.2.7 Rodamientos

Es muy importante que las cargas que se generan en los ejes sean soportadas por los rodamientos. Por eso, a la hora de elegir un rodamiento, no solo hay que tener en cuenta el tamaño, también hay que fijarse en el tipo de rodamiento, la capacidad que tienen los rodamientos para soportar una carga, etc. Por eso, se han elegido los siguientes tipos de rodamientos:

Rodamientos del eje primario					
	d	D	B	C (kN)	Co (kN)
Apoyo A	25	52	18	34.1	34
Apoyo B	30	72	19	53	41.5
Rodamientos del eje secundario					
	d	D	B	C (kN)	Co (kN)
Apoyo C	25	62	24	64	55
Apoyo D	50	90	20	65.5	61

Tabla 5.13: rodamientos de los apoyos

El eje secundario está dispuesto de rodamientos de agujas. Encima de estos van montadas las ruedas locas, de esta manera se consigue que estas ruedas giren sin transmitir el giro, hasta que el sincronizador se accione y las haga fijas. Los rodamientos de agujas se elegirán según el diámetro de la sección del eje donde estén colocados y según las fuerzas que generen los engranajes que están montados encima de ellos. En la tabla 5.14 se pueden ver las dimensiones y características de los rodamientos utilizados.

Rodamientos de aguja					
	d	D	B	C (kN)	Co (kN)
Sección 50mm	50	72	22	47.3	85
Sección 40mm	40	55	20	31.4	65.5
Sección 32mm	32	47	20	30.8	51

Tabla 5.14: rodamientos de las ruedas locas

Para los rodamientos existe la norma ISO683-17:1999, según esta norma el acero de los rodamientos deben de tener una cantidad alta de carbono. También está la norma ISO 582.1979, esta norma define los radios de acuerdo que deben de llevar los apoyos de los rodamientos.

5.2.3.2.8 Anillos de seguridad.

Los componentes que constituyen el eje primario y secundario deben de estar bien anclados. Los ejes además de llevar acanalados para sujetar bien los engranajes, están provistos de unas ranuras donde van colocados unos anillos de retención. De esta manera se asegura que el eje entero esté bien fijado. Para este proyecto se ha elegido una anilla de retención de tipo DIN 471 del catálogo Rotor Clip que ira colocada en el eje secundario para que el piñón de diferencial no se desplace.



Imagen 5.8: ejemplos de anillas de seguridad

Las dimensiones del anillo de retención son de 20x1.20 y están fabricados de acero mejorado sin aleación Ck60.

5.2.3.3 Diferencial

5.2.3.3.1 Piñón

El piñón del diferencial se encuentra acoplado en el eje secundario mediante un estriado DIN 5480. Para saber más información sobre este estriado consultar el apartado 3.5.3 del Documento 3: Anexo cálculos. Este va bien sujeto gracias a una anilla de retención DIN 471. Está hecho de acero 40NiCrMo7. Este engranaje es de tipo helicoidal. Está colocado al final del eje secundario porque tiene que engranar con la corona del diferencial, este engranaje tiene un acabado superficial N9 y N7 en zonas como el estriado o los dientes. Sus dimensiones están en la siguiente tabla:

Z	m	b	Dp	De	Di	α	β
18	4	40	76.62	84.62	66.62	20	20

Tabla 5.15: dimensiones del piñón diferencial

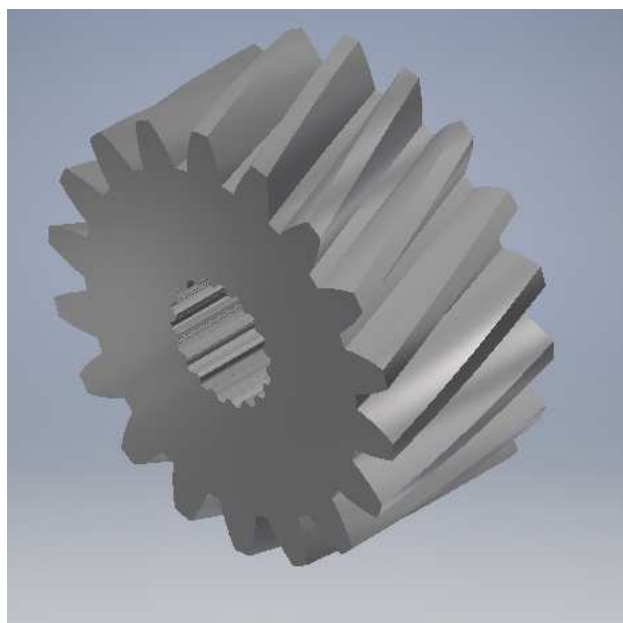


Imagen 5.9: piñón del diferencial

5.2.3.3.2 Corona

Este es el engranaje que engrana con el piñón del punto anterior. Al igual que dicho piñón, la corona está fabricada con acero 40NiCrMo7 y tiene un acabado superficial N7. Este engranaje también es de tipo helicoidal. Las dimensiones se encuentran en la siguiente tabla:

Z	m	b	Dp	De	Di	α	β
62	4	40	263.92	271.92	253.92	20°	20°

Tabla 5.16: dimensiones de la corona diferencial

5.2.3.3.3 Satélites

Los satélites reciben el giro del eje donde se encuentran acoplados, y estos engranan con los planetarios. Son engranajes de dientes cónicos y sus dimensiones son las siguientes:

Z	m	B	Dp	Θ_d	Θ_d	Θ_a
15	4	40	60	41.42°	6.3°	5.04°

Tabla 5.17: dimensiones de los satélites

5.2.3.3.4 Planetarios

Los planetarios son engranajes de dientes cónicos que engrana con los engranajes anteriores.

Z	m	B	Dp	Θ_d	Θ_d	Θ_a
17	4	40	68	48.58°	6.3°	5.04°

Tabla 5.18: dimensiones de los planetarios

5.2.4 Condiciones de ejecución

Teniendo en cuenta todos los componentes de una transmisión se pueden diferenciar tres tipos de elementos: piezas que se van a diseñar, elemento normalizados y comerciales. Estos dos últimos son producidos por fabricantes especializados. Solo se tendrá que comprobar que cumplan las condiciones técnicas que se requieran.

5.2.4.1 Dientes

Todos los elementos de las piezas que tengan dientes o estriados son de perfil envolvente. Para crear los estriados y los dientes se usa una fresa madre, esta herramienta no deja marcas en las piezas por eso es de las más usadas, pero también hay otras herramientas.

La mecanización de los dientes empieza en una máquina para tallar engranajes. Con un proceso de cementación y templado se consigue aumentar la dureza y resistencia de los dientes. Después se aplicará un proceso de mecanización por abrasión, con el cual se consigue que los tratamientos termoquímicos y térmicos no provoquen deformaciones en los dientes y quitar imperfecciones. Por último se realizará un control de calidad.

Para los estriados se sigue un proceso muy parecido, la diferencia está en el control de calidad, el cual tiene que ser más riguroso debido al tipo de ajuste que lleve.

5.2.4.2 Acabados superficiales

El funcionamiento de las piezas depende del contacto que puede haber entre ellas, por eso las superficies de muchas de estas piezas deben de tener ciertas propiedades y acabados superficiales que beneficien el funcionamiento de ellas.

A continuación se nombran algunas superficies que deben de llevar un acabado superficial:

- Superficies que necesiten una gran precisión.
- Superficies que estén en contacto o que tengan movimiento relativo.
- Estriados que tengan un ajuste de apriete o de holgura.
- Asentamientos de ejes o carcasas.
- Alojamientos externos e internos de un rodamiento.

Las piezas que tengan un acabado superficial especial necesitan un control de calidad y deberán superar las pruebas necesarias para verificar que es apropiado para su uso.

5.2.4.3 Tolerancias geométricas y dimensionales

Normalmente, los acabados superficiales deberán de llevar una tolerancia y en este proyecto se ha mantenido este criterio.

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 especial no pase el control de calidad, ésta no podrá pasar a fase del montaje.

5.2.4.4 Tratamientos termoquímicos y térmicos

Se aplican tratamientos termoquímicos y térmicos a muchas piezas con intención de mejorar las propiedades de éstas. Los engranajes, los ejes y otras piezas sometidas a cargas se tratarán con procesos de templado y cementación para aumentar la dureza y resistencia de las superficies en contra de la fricción y desgaste.

Las piezas deberán pasar un control de calidad para confirmar que han conseguido las anteriores propiedades.

5.2.4.5 Montaje

Una vez fabricadas las piezas y habiendo superado los controles calidad, se procederá a realizar el montaje pero antes se especificaran los pasos e instrucciones necesarias para normalizar el montaje y evitar errores.

Antes de comenzar con el montaje, se debe comprobar que las piezas no tengan marca o defecto. Si hay piezas defectuosas, se deberán corregir o arreglar. Si los defectos o marcas no tienen arreglo se achatarrará la pieza y se sustituirá por otra.

Primero se verificará que se han fabricado todas las piezas y que todos los elementos comerciales han llegado. Todos los elementos deberán de estar en el campo de trabajo, y la unión o ensamblaje se hará de manera progresiva.

El proceso general a seguir es el siguiente:

1. Montar el conjunto de presión del embrague.
2. Montar el conjunto correspondiente al eje primario o eje de embrague.
3. Montar el conjunto del plato de inercia del embrague.
4. Completar y conectar el conjunto de ejes de la caja de cambios.
5. Conectar el diferencial a la caja de cambios.

Todos estos pasos se tienen que hacer en un taller con las herramientas, máquinas y recursos necesarios.

Se usarán martillos de plástico para evitar marcas o daños en las piezas. En caso de no tenerlos delante del martillo se usará un taco de plástico o madera.

Hay que tener en cuenta que los componentes de una transmisión no tienen vida infinita y que algunos elementos durarán menos que otros, por eso la fabricación y el montaje están diseñados para que, en caso, de tener que hacer un arreglo o sustitución, el desmontaje sea sencillo. Para el desmontaje se seguirán los pasos de montaje pero en el orden inverso para garantizar la seguridad de los elementos.

5.2.4.6 Engrase

El aceite o valvulina lubrica los engranajes y rodamientos de la caja de cambios y del diferencial. El engrase permite controlar la temperatura óptima de la caja de cambios. Gracias a la viscosidad del aceite, cambiar de marcha es más sencillo y protege a los engranajes de rasponazos. En el programa AutoData introduciendo el modelo del coche conseguimos el tipo de aceite lubricante que usa, en este caso es un SAE75W80:

Otros lubricantes y capacidades	
Grado del aceite de la caja de cambios manual	SAE : 75W/80 Sintético ⚠
Clasificación del aceite de la caja de cambios manual	: GL-5 ⚠
Caja de cambios manual	litros : ⚠

Imagen 5.10: datos de la valvulina obtenidos del AutoData

Si se ha usado el aceite demasiado tiempo y éste no se ha cambiado, el fabricante no se hará responsable de los daños que se puedan causar. Se debe cambiar el aceite porque con el tiempo, dicho aceite pierde calidad (menos resistencia al calor y pérdida de viscosidad) y se satura de residuos metálicos, debido a la fricción de los piñones. Y esto puede afectar a la vida de la transmisión reduciéndola.

5.2.4.7 Comprobación

Después de terminar la fabricación y el montaje del sistema de transmisión, el fabricante deberá hacer pruebas y ensayos para la aprobación de dicha transmisión y garantizar al cliente el funcionamiento de ésta.

Los ensayos y pruebas se realizarán en el taller de fabricación. Los ensayos se llevarán a cabo bajo cargas y sin ellas, también se harán con la transmisión lubricada y sin lubricar, por ello, se utilizará una máquina que simule el funcionamiento del coche y del motor. En estos ensayos, se miden varias cosas, el funcionamiento, la velocidad, los pares, el calentamiento del aceite y los componentes de la transmisión...

5.2.4.8 Control de calidad

Como se ha visto en este documento, los controles de calidad se realizan durante todo el proceso de fabricación del producto. Sobre todo a la hora de inspeccionar los materiales, ya que son el elemento más importante. El material es la base de las piezas mecanizadas, por lo que se necesitan los certificados de calidad de los materiales empleados, en el caso de este proyecto, el acero. Se harán varios ensayos y pruebas rigurosas y se aplicarán los tratamientos necesarios para la mejora de las propiedades mecánicas.

Todo lo que se fabrique y se monte y en especial, todo lo que esté especificado en los planos, se medirá. Para ello, se utilizarán los controles necesarios por parte del departamento de metrología. La persona encargada de dicho departamento tendrá que hacer controles de calidad a las dimensiones, acabados superficiales a las tolerancias, etc.

Los resultados de todas las pruebas, ensayos y controles se documentarán, así en caso de errores, se podrá encontrar su origen con mayor facilidad. En los documentos se especificará el lugar, fecha, responsable, el proceso utilizado y la norma que se ha seguido.

5.2.4.9 Embalaje y transporte

A la hora de embalar y transportar las piezas y conjuntos que hayan superado las pruebas y controles de calidad, se les aplicará una película de grasa para evitar que se oxiden.

Con el producto montado se coloca en un palet. El palet debe ser más grande que el producto, así se evitan golpes. Se atará con los tensores necesarios para que en el transporte no se mueva. Para evitar rozaduras, golpes u otras marcas se protegerá el producto colocando por los lados y por encima barras de madera, como si fuera una jaula. Encima de la madera se colocarán cartones para evitar daños provocados por otros factores. Y por último, se embalará con plásticos transparente para que quede todo bien sellado y fijado.

Embalando el producto de este modo, es posible transportarlo, por agua, tierra o mar. Para cargar y descargar el producto embalado, se utilizan carretillas industriales, más conocidas como Fenwitch. Se pueden usar otros montacargas diferentes.

5.2.5 Condiciones económicas y administrativas

5.2.5.1 Planificación

1. El fabricante dispone de 15 días para desarrollar y presentar el plan de trabajo para la fabricación de la transmisión. En este plan se especificará la duración del procedimiento. Los pasos son los siguientes:

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

2. En caso de que haya retraso con la entrega, se informará al proyectista y al cliente.

3. El proyectista y el cliente pueden considerar no válido el retraso, en ese caso, se multará al fabricante con un castigo económico pudiendo ser hasta de un 7% del coste total del producto.

5.2.5.2 Elaboración del proyecto

1. El fabricante debe empezar con el proyecto en la fecha indicada en el contrato.
2. El fabricante no podrá realizar cambios o trabajos que supongan un aumento de coste sin antes consultarlo con el proyectista ni con el cliente.
3. Las pruebas y ensayos que se realizarán en el taller estarán dentro del contrato.

5.2.5.3 Pago

1. Cuando el cliente y el proyectista estén de acuerdo en el precio, el cliente tiene tres 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.
 - Y el 25 % del coste total transcurridos 60 días de haber empezado el proyecto.
2. Los gastos financieros que surjan con bancos o entidades serán responsabilidad de cliente
3. Si el cliente no paga dentro del plazo, se le multará con una sanción económica y administrativa.

5.3.5.4 Entrega

1. Una vez superados los ensayos y los controles de calidad y haber sido embalado el producto, se trasportará al taller del cliente.
2. El cliente podrá realizar a la transmisión las pruebas y ensayos que necesite.
3. El montaje de la transmisión con el resto de los elementos del automóvil, será responsabilidad del fabricante del coche, es decir, del cliente. A partir de este momento, las marcas, golpes o errores que se puedan dar en la transmisión, serán responsabilidad del cliente y será el encargado de arreglarlo.

4. Una vez terminado el montaje del coche y su puesta en marcha, la responsabilidad ya no es del fabricante del coche, sino de la persona que utilizará el automóvil. En caso de que haya algún fallo técnico, la empresa estará dispuesta a arreglarlo.

5.3.5.5 Garantía

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

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

3. Si en las piezas hubiera algún fallo a causa de un mal embalaje, el cliente podrá reclamar el arreglo de éstas dentro de la garantía.

6. En el caso de que dichas piezas hayan sido manipuladas por personal técnico no propuesto por el fabricante, o la reclamación está fuera de fecha, el fabricante no se hará responsable, lo deberá de solucionar el cliente.

5.3.5.6 Patentes y licencias

1. Si el proyectista quiere utilizar otros métodos, patentes, licencias o compañías, deberá conseguir los permisos que se requieran para ello y enseñárselos al cliente si éste se los pide.

2. En caso de que se rompan los derechos por los bienes industriales, y se genere una pérdida de dinero, el fabricante deberá de recompensar económicamente al cliente.

5.3.5.7 Secreto profesional

1. Si el cliente cree que el proyectista recibe información confidencial, éste se lo hará saber.

2. El proyectista no podrá enseñar información del proyecto sin el consentimiento del cliente.

3. Lo mismo ocurre con la información técnica confidencial que el proyectista le dará al cliente. El cliente no podrá dar esa información sin el consentimiento del proyectista.

5.3.5.8 Anulación del contrato

Las razones principales por las que un contrato se rompe son las siguientes:

- Incumplimiento de las condiciones fijadas en el contrato.
- Incumplimiento del plazo de tiempo para la fabricación.
- Quiebra o fracaso del fabricante.
- Enfermedad grave o muerte del proyectista.

Firmado:

Grado en Ingeniería Mecánica

Ane González Jiménez

45918572-S

Bilbao, 22 de Junio del 2017