

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

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

***DOCUMENTO 1- ÍNDICE GENERAL***

**Alumno/Alumna:** Cabrero, de Castro, David

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

**Curso:** 2017-2018

**Fecha:** Bilbao, 25 de Julio de 2018

**DOCUMENTO 1: ÍNDICE GENERAL**

DOCUMENTO 1: ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 2: MEMORIA

DOCUMENTO 3: ANEXO DE CÁLCULOS

DOCUMENTO 4: PLANOS

DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 6: PRESUPUESTO

DOCUMENTO 7: ESTUDIO DE SEGURIDAD

DOCUMENTO 8: RESUMEN

## DOCUMENTO 2: MEMORIA

<b>2.1 OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 ALCANCE DEL PROYECTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 NORMATIVA Y REFERENCIA .....</b>	<b>5</b>
2.3.1 Normativa .....	5
2.3.1.1 Normativa de documentación.....	5
2.3.1.2 Normativa de diseño .....	6
2.3.1.3 Normativa de seguridad .....	6
2.3.2 Bibliografía.....	6
2.3.2.1 Libros .....	6
2.3.2.2 Catálogos.....	7
2.3.2.3 Web .....	7
2.3.2.4 Software utilizados .....	8
<b>2.4 DEFINICIONES Y NOMENCLATURAS.....</b>	<b>9</b>
2.4.1 Nomenclaturas .....	9
2.4.2 Definiciones .....	13
<b>2.5 CONDICIONES DE DISEÑO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.6 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>16</b>
2.6.1 Embrague .....	16
2.6.1.1 Embrague mecánico .....	17
2.6.1.2 Embrague electromagnético.....	18
2.6.1.3 Embrague hidráulico .....	19
2.6.2 Caja de cambios .....	20
2.6.2.1 Caja de cambios manual.....	20
2.6.2.1.1 Componentes de la caja de cambios manual .....	22

2.6.2.2 Caja de cambios automática.....	23
2.6.3 Árbol de transmisión.....	24
2.6.3.1 Juntas Cardan.....	25
2.6.4 Diferencial.....	25
2.6.4.1 Diferencial autoblocante.....	26
2.6.5 Configuración de la transmisión.....	28
2.6.5.1 Motor delantero y tracción delantera.....	29
2.6.5.2 Motor delantero y tracción trasera.....	29
2.6.5.3 Motor trasero y tracción trasera.....	30
2.6.5.4 Tracción 4 ruedas.....	30
<b>2.7 SOLUCIÓN ADOPTADA.....</b>	<b>31</b>
2.7.1 Configuración de la transmisión.....	31
2.7.2 Embrague.....	32
2.7.3 Caja de cambios.....	33
2.7.3.1 Engranajes.....	34
2.7.3.2 Eje primario.....	37
2.7.3.3 Eje intermediario.....	38
2.7.3.4 Eje secundario.....	39
2.7.4 Árbol de transmisión.....	40
2.7.5 Diferencial.....	40
2.7.6 Elemento comerciales.....	41
2.7.6.1 Rodamientos.....	41
2.7.6.2 Anillos de retención.....	43
2.7.7 Sincronizadores.....	44
2.7.8 Junta cardan.....	45
<b>2.8 PLANIFICACIÓN.....</b>	<b>46</b>

<b>2.9 COSTE DEL PROYECTO.....</b>	<b>47</b>
<b>2.10 ESTUDIO DE SEGURIDAD.....</b>	<b>48</b>

## DOCUMENTO 3: CÁLCULOS

<b>3.1 DATOS DE PARTIDA</b> .....	<b>3</b>
<b>3.2 DINÁMICA DEL VEHÍCULO</b> .....	<b>4</b>
3.2.1 Resistencia por rodadura.....	4
3.2.2 Resistencia a pendiente .....	5
3.2.3 Resistencia por inercia .....	6
3.2.4 Resistencia aerodinámica.....	7
<b>3.3 EMBRAGUE</b> .....	<b>9</b>
3.3.1 Material del embrague .....	9
3.3.2 Dimensiones del embrague .....	10
3.3.3 Estriado del embrague.....	13
<b>3.4 CAJA DE CAMBIOS</b> .....	<b>15</b>
3.4.1 Relación de transmisión.....	15
3.4.2 Comprobación de la 1ª velocidad .....	20
3.4.3 Comprobación de la 6ª marcha.....	21
3.4.4 Cálculo de engranajes .....	23
3.4.4.1 Cálculo de dientes.....	23
3.4.4.2 Módulo de engranajes.....	27
3.4.4.3 Distancia entre ejes.....	34
3.4.4.4 Cálculo de los engranajes marcha atrás .....	35
3.4.4.5 Dimensionamiento de los engranajes.....	37
3.4.4.6 Fuerza sobre los dientes .....	39
3.4.4.7 Comprobación del piñón a resistencia.....	43
3.4.5 Calculo de ejes .....	48
3.4.5.1 Eje primario.....	50

3.4.5.2 Eje intermediario .....	52
3.4.5.3 Calculo diámetro del eje intermediario .....	70
3.4.5.4 Eje secundario .....	74
3.4.5.5 Cálculo diámetro del eje secundario.....	92
3.4.6 Cálculo de los rodamientos.....	95
3.4.6.1 Eje primario .....	95
3.4.6.2 Eje intermediario .....	98
3.4.6.3 Eje secundario .....	111
3.4.6.4 Elección de ruedas locas para el eje secundario.....	123
3.4.7 Calculo de los sincronizadores .....	129
3.4.7.1 Dimensionamiento de los sincronizadores .....	129
3.4.7.2 Capacidad de rozamiento de los sincronizadores .....	132
<b>3.5 ÁRBOL DE TRANSMISIÓN.....</b>	<b>134</b>
3.5.1 Comprobación del eje a resistencia .....	135
3.5.2 Comprobación de las vibraciones .....	137
<b>3.6 JUNTAS CARDÁN .....</b>	<b>139</b>
<b>3.7 DIFERENCIAL .....</b>	<b>141</b>
3.7.1 Dimensionamiento de los satélites.....	141
3.7.2 Dimensionamiento de los planetarios .....	143

## **DOCUMENTO 4: PLANOS**

P01- CAJA DE CAMBIOS

P02- EJE PRIMARIO

P03- EJE INTERMEDIARIO

P04- EJE SECUNDARIO

P05- PAR DE ENGRANAJES 1ª MARCHA

P06- PAR DE ENGRANAJES 2ª MARCHA

P07- PAR DE ENGRANAJES 3ª MARCHA

P08- PAR DE ENGRANAJES 4ª MARCHA

P09- PAR DE ENGRANAJES 5ª MARCHA

P10- PAR DE ENGRANAJES 6ª MARCHA

P11- PAR DE ENGRANAJES R MARCHA

P12- EJE MARCHA ATRÁS

P13- SINCRONIZADORES

P14- CUBOS SINCRONIZADORES

P15- AROS SINCRONIZADORES

P16- ÁRBOL DE TRANSMISIÓN



## DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

<b>5.1 CONDICIONES GENERALES.....</b>	<b>3</b>
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
<b>5.2 CONDICIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>8</b>
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 .....	14
5.2.3.2.5.1 Engranajes para la marcha delantera.....	14
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 .....	20
5.2.3.3 Junta Cardan .....	20

5.2.3.4	Árbol de transmisión .....	21
5.2.3.5	Diferencial .....	21
5.2.4	Condiciones de ejecución .....	22
5.2.4.1	Materia prima .....	22
5.2.4.2	Dientes .....	23
5.2.4.3	Acabado superficial .....	23
5.2.4.4	Tolerancias geométricas y dimensiones .....	25
5.2.4.5	Tratamientos térmicos y químicos .....	26
5.2.4.6	Montaje.....	26
5.2.4.7	Lubricación .....	27
5.2.4.8	Comprobación .....	28
5.2.4.9	Control de calidad.....	29
5.2.4.10	Embalaje y transporte.....	29
<b>5.3</b>	<b>CONDICIONES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS.....</b>	<b>31</b>
5.3.1	Planificación .....	31
5.3.2	Elaboración del proyecto .....	31
5.3.3	Pago.....	32
5.3.4	Entrega.....	32
5.3.5	Garantía .....	33
5.3.6	Patentes y licencias .....	33
5.3.7	Secreto profesional.....	34
5.3.8	Anulación del contrato .....	34

## DOCUMENTO 6: PRESUPUESTO

<b>6.1 CUADRO DE PRECIOS.....</b>	<b>2</b>
Capitulo 1: Materiales.....	2
Capitulo 2: Fabricación.....	4
Capitulo 3: Elementos comerciales.....	5
Capitulo 4: Otros gastos .....	6
<b>6.2 PRESUPUESTOS PARCIALES.....</b>	<b>7</b>
6.2.1 Presupuesto de los materiales y fabricación.....	7
6.2.2 Presupuesto de ejecución.....	8
<b>6.3 PRESUPUESTO TOTAL.....</b>	<b>9</b>

## **DOCUMENTO 7: SEGURIDAD**

<b>7.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>7.2 ESTUDIO DE LA SEGURIDAD .....</b>	<b>3</b>
7.2.1 Generalidades .....	3
7.2.2 Medidas básicas .....	4
7.2.3 Criterios de la prevención .....	5
7.2.4 Riesgos laborales .....	5
7.2.5 Riesgos y medidas de prevención .....	8
<b>7.3 CERTIFICADO CE.....</b>	<b>9</b>
7.3.1 Definición.....	9
7.3.2 Alcance.....	10
7.3.3 Evaluación.....	13