

# EL SISTEMA DE DIRECCIÓN EN VEHÍCULOS DE CARRETERA

## DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO

PRIMERA EDICIÓN

REVISIÓN 1

Santiago Baselga Ariño





**AUTOR:**

**DR. SANTIAGO BASELGA ARIÑO  
PROFESOR DE AUTOMÓVILES Y FERROCARRILES DE LA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

**A Merche, a Mario y a Carolina**



## PRESENTACIÓN

Esta publicación ha sido desarrollada partiendo de las conclusiones que se han ido extrayendo de la explicación de esta materia a ya varias promociones de alumnos de Ingeniería. Se ha buscado siempre que el procedimiento seguido sea adecuado para un rápido entendimiento de los conceptos estudiados. Es de entender que este libro es también el resultado del trabajo de estudio y recopilación de información llevada a cabo sobre diversas fuentes y autores de relevancia que han desarrollado una inestimable labor en el análisis y entendimiento del automóvil y su entorno.

A pesar de desarrollar el procedimiento vectorial completo de cálculo de la geometría de dirección y todos sus parámetros, se explican métodos simplificados que permiten a cualquier estudioso del tema, aunque no experto, realizar un precálculo del sistema de dirección de un vehículo en sus configuraciones básicas de cuadrilátero articulado o de cremallera.

Como complemento de la publicación, se ha realizado una descripción minuciosa de los diversos sistemas de ayuda que suelen disponerse para facilitar la acción del conductor sobre los mandos de dirección.

El trabajo ha sido elaborado en el Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes del C.P.S. de la Universidad de Zaragoza con la ayuda de colaboradores del Laboratorio de Automóviles del Dpto. de Ingeniería Mecánica.

Es interesante mencionar que a pesar de que es una colección que está pensada para el aprendizaje del estudiante de ingeniería, los modelos matemáticos se han explicado desde su base, por lo que es muy válido como manual de cálculo y de comprensión para todo aquel lector que sin ser un especialista, desee adentrarse con mayor detalle en el mundo del automóvil, y en particular en lo que a la dirección refiere.

Sin más que agradecer al lector su interés mostrado por la publicación, es mi deseo que la calidad de la obra se vea justificada por la aprobación de aquellas personas que hagan un seguimiento de ella.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE ANALÍTICO	PÁGINA
<b>CAPÍTULO - 1 - GENERALIDADES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción	1
1.2 Características básicas de la dirección	1
1.3 Control y estabilidad de vehículos rígidos básicos	3
1.3.1 Respuesta estacionaria del sistema frente a sollicitación de guiado	6
1.4 Tipos de dirección	12
1.4.1 Tipo carro	12
1.4.2 Dirección básica	14
1.5 Despiece de elementos básicos	19
1.5.1 Eje o puente	19
1.5.2 Pivote o bulón real	19
1.5.3 Mangueta	20
1.5.4 Volante	20
1.5.5 Columna de dirección	21
1.5.6 Brazo de mando	22
1.5.7 Biela de dirección	22
1.5.8 Palanca de ataque	22
1.5.9 Brazos de acoplamiento o bielas	23
1.5.10 Barra de acoplamiento	23
1.5.11 Rótulas	23
1.5.12 Caja de mecanismos	24
1.6 Geometría de la dirección. Cotas de reglaje	27

I-VIII	ÍNDICE
1.6.1 Salida del pivote	28
1.6.2 Caída de la Mangueta	29
1.6.3 Avance del pivote	29
1.6.4 Convergencia de la mangueta	31
1.7 Influencia de los parámetros geométricos en la dirección	32
1.7.1 Dureza	32
1.7.2 Reversibilidad	34
1.7.3 Estabilidad	34
1.7.4 Progresividad	35
1.8 Parámetros externos que afectan a la dirección	35
1.8.1 Vibraciones	35
1.8.2 Desequilibrio estático de las ruedas	36
1.8.3 Desequilibrio dinámico de las ruedas.	37
1.8.4 Eje motriz y directriz	38
1.8.5 Influencia del neumático	39
1.8.6 Influencia de la suspensión. Autoviraje	41
1.8.7 Efectos combinados de suspensión y carrocería	41
<b>CAPÍTULO - 2 - GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN</b>	<b>43</b>
2.1 Divergencia teórica	43
2.2 Efecto de las cotas de reglaje en orientación de ruedas	46
2.2.1 Rueda exterior – giro a izquierda	46
2.2.2 Rueda interior – Giro a izquierda	56
2.3 Dirección de Ackermann	58
2.3.1 Planteamiento general	58



<b>ÍNDICE</b>	<b>I-IX</b>
2.3.2 Geometría del cuadrilátero Ackermann	61
2.3.3 Limitaciones de viraje	67
2.4 Dirección de cremallera	68
2.4.1 Planteamiento general	68
2.4.2 Limitaciones de viraje	73
2.5 Ejes supletorios traseros	73
<b>CAPÍTULO - 3 - PARES DE DUREZA Y DE ESTABILIDAD</b>	<b>77</b>
3.1 Introducción	77
3.2 Estimación del brazo de giro	77
3.3 Coeficiente de rozamiento combinado	78
3.4 Solicitaciones neumático-suelo.	79
3.5 Cálculo del par de estabilidad.	84
3.5.1 Rueda exterior – Giro a izquierda	84
3.5.2 Rueda interior – Giro a izquierda	86
3.5.3 Par total de estabilidad (giro a izquierda)	88
3.6 Cálculo del par de dureza.	88
3.6.1 Rueda exterior – Giro a izquierda	88
3.6.2 Rueda interior – Giro a izquierda	90
3.6.3 Pares corregidos de dureza (giro a izquierda)	93
3.7 Método aproximando para el cálculo del par de dureza.	94
3.7.1 Dureza total para geometría de trapecio Ackermann	98
3.7.2 Dureza total para geometría de dirección de cremallera	102
<b>CAPÍTULO - 4 - DIRECCIONES ASISTIDAS</b>	<b>109</b>
4.1 Objeto	109

---

I-X	ÍNDICE
4.2	Esquema simplificado de funcionamiento con sistema tornillo sinfín 111
4.3	Elementos básicos de una dirección servoasistida 113
4.3.1	Depósito 114
4.3.2	Servobomba 116
4.3.3	Distribuidor 126
4.3.4	Distribución de componentes en vehículos especiales 128
4.4	Servoasistencia de direcciones con cremallera 130
4.5	Direcciones asistidas especiales 135
4.5.1	Direcciones neumáticas 136
4.5.2	Direcciones hidrostáticas 142
4.5.3	Dirección Asistida Eléctrica (EPS) y Electrohidráulica (EPHS) 149
<b>CAPÍTULO - 5 - EVOLUCIÓN EN SISTEMAS DE DIRECCIÓN 153</b>	
5.1	Introducción 153
5.2	Tren trasero con dirección 153
5.3	Direcciones electrónicas en las cuatro ruedas 158
5.4	Ejes traseros autodireccionales 162
5.5	Las nuevas direcciones asistidas 164
<b>BIBLIOGRAFÍA 167</b>	