



Universidad  
Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería Mecánica

Ingeniería Industrial

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**INSTALACIÓN DE UN VOLQUETE**

**DE OBRAS PÚBLICAS EN UN**

**VEHÍCULO DE 3 EJES**

Autor: Guillermo Roldán Díaz

Tutor: Jose Antonio Calvo Ramos

Leganés, Febrero de 2011



**Título: INSTALACIÓN DE UN VOLQUETE DE OBRAS PÚBLICAS  
EN UN VEHÍCULO DE 3 EJES**

**Autor: Guillermo Roldán Díaz**

**Director: Jose Antonio Calvo Ramos**

**EL TRIBUNAL**

**Presidente:** \_\_\_\_\_

**Vocal:** \_\_\_\_\_

**Secretario:** \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 3 de Marzo de 2011 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

**VOCAL**

**SECRETARIO**

**PRESIDENTE**



# Agradecimientos

Gracias por encima de todo a mis padres, por haber estado siempre mostrando su apoyo y ánimo tanto en los buenos como en los malos momentos. Ellos han sido quienes me han ayudado para llegar hasta aquí, y a quienes dedico este proyecto.



# Resumen

El presente proyecto consiste en el diseño del carrozado de un vehículo industrial Mercedes Benz Actros, para la instalación de un volquete de Obras Públicas. Partiendo de un vehículo chasis cabina homologado con contraseña nacional C1, de acuerdo a optimizar la carga máxima transportada (caja basculante y mercancía) en función de su Tara, Masa Máxima Autorizada (MMA) para régimen normal de circulación, y Masa Técnica Máxima Autorizada (MTMA) en estados estáticos críticos de condición de descarga con caja basculante en su ángulo máximo y estados dinámicos e iniciales debidos a los momentos de arranque y frenada brusca. Así como los cálculos para el diseño del sistema hidráulico que permita la inclinación de la caja basculante y los componentes mecánicos soporten los esfuerzos ocasionados durante la basculación a vehículo cargado

Tras la reforma realizada, el vehículo adquiere otras propiedades, por lo que se han llevado a cabo estudios de estabilidad tanto longitudinal como transversal con el objetivo de determinar los ángulos de pendiente y peralte críticos, a partir de los cuales se produce vuelco del vehículo durante la circulación, y que no deberá superar.

Todos los análisis y cálculos realizados en el presente proyecto están debidamente justificados y limitados por parámetros para cumplir con la normativa y el manual de carrozado.



# Índice general

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Las reformas de importancia .....	3
1.2.1 <i>Según RD 736/88 .....</i>	3
1.2.2 <i>Según RD 866/2010 .....</i>	8
1.3 Generalidades .....	11
1.4 Objetivos .....	15
1.5 Análisis de la reglamentación .....	16
<b>2. ESTUDIO TÉCNICO .....</b>	<b>1</b>

## ÍNDICE general

2.1 Características técnicas del vehículo antes de la reforma .....	1
<b>3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA REFORMA REALIZADA .....</b>	<b>1</b>
3.1 Consideraciones previas .....	1
3.2 Carga máxima a transportar .....	3
3.3 Longitud máxima de la caja de carga.....	4
3.4 Ángulo máximo de inclinación de la caja de carga.....	6
3.5 Seguridad en la conducción y vuelco .....	8
3.5.1 <i>Reparto de carga en posición de marcha</i> .....	10
3.5.2 <i>Reparto de la carga en posición de vuelco</i> .....	13
3.5.3 <i>Cálculo estructural (esfuerzos cortantes y flectores)</i> .....	30
3.6 Bastidor .....	47
3.6.1 <i>Esfuerzos en el bastidor</i> .....	47
3.6.2 <i>Travesaños</i> .....	54
3.7 Uniones.....	59
3.8 Sistema Hidráulico .....	64
3.8.1 <i>Toma de fuerza y bomba hidráulica</i> .....	65
3.8.2 <i>Cilindro hidráulico</i> .....	70
3.9 Análisis dinámico .....	73
3.9.1 <i>Deslizamiento y rodadura</i> .....	73

## ÍNDICE GENERAL

3.9.2 Resistencia al movimiento de un vehículo .....	81
3.9.3 Influencia de la situación del centro de gravedad del vehículo en su capacidad de subida.....	87
3.9.4 Reparto de cargas en el arranque y frenado .....	89
3.10 Estabilidad.....	98
3.10.1 Estabilidad longitudinal.....	98
3.10.2 Estabilidad transversal .....	102
<b>4. CARACTERÍSTICAS DEL VOLQUETE .....</b>	<b>1</b>
4.1 Concepto .....	1
4.2 Descripción y diseño del volquete .....	2
4.3 Dimensionamiento de los bulones .....	3
4.3.1 Cálculo del eje de articulación de la caja basculante .....	4
4.3.2 Bulón de articulación del cilindro elevador .....	9
<b>5. PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>1</b>
5.1 Objeto .....	1
5.2 Falso chasis y superestructura .....	2
5.2.1 Material.....	2
5.3 Taladros .....	3
5.3.1 Taladros en el chasis .....	3

## ÍNDICE general

5.3.2 <i>Colocación y dimensiones</i> .....	3
5.3.3 <i>Tornillos y remaches</i> .....	4
5.4 Soldadura.....	5
5.5 Pintura .....	7
5.6 Estudio básico de seguridad y salud.....	8
5.6.1 <i>Riesgos</i> .....	8
5.6.2 <i>Prevención de riesgos</i> .....	9
<b>6. PRESUPUESTO .....</b>	<b>1</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>1</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>1</b>
8.1 Libros .....	1
8.2 Manuales .....	2
<b>9. ANEXO I. PLANOS .....</b>	<b>1</b>
9.1 Planos del vehículo antes y después de la reforma .....	1
<b>10. ANEXOS II. HIDRÁULICA.....</b>	<b>1</b>
10.1 Tomas de fuerza .....	1
10.2 Bombas hidráulicas .....	6
10.3 Cilindros hidráulicos .....	31

# Índice de figuras

figura 1. Modelo básico del vehículo y carrocería .....	11
figura 2. Esquema de vehículo longitud máxima de carga .....	4
figura 3. Reparto de carga en régimen de marcha.....	10
figura 4. Vehículo con caja basculando .....	14
figura 5. Reparto de carga inicio de vuelco ( $\alpha = 0^\circ$ ).....	27
figura 6. Reparto de cargas final de vuelco ( $\alpha = 45^\circ$ ).....	28
figura 7. Vehículo en régimen de marcha. Sección 1 <sup>a</sup> ( $\alpha_1\beta_1$ ).....	32
figura 8. Vehículo en régimen de marcha. Sección 2 <sup>a</sup> ( $\alpha_2\beta_2$ ).....	32
figura 9. Vehículo en régimen de marcha. Sección 3 <sup>a</sup> ( $\alpha_3\beta_3$ ).....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 10. Vehículo en régimen de marcha. Sección 4 <sup>a</sup> ( $\alpha_4\beta_4$ ).....	34
figura 11. Diagramas de esfuerzos cortantes en régimen de marcha .....	36
figura 12. Diagrama de esfuerzos flectores en régimen de marcha .....	36
figura 13. Vehículo en instante inicial de vuelco (0°). Sección 1 <sup>a</sup> ( $\alpha_1\beta_1$ ).....	38
figura 14. Vehículo en instante inicial de vuelco (0°). Sección 2 <sup>a</sup> ( $\alpha_2\beta_2$ ).....	38
figura 15. Vehículo en instante inicial de vuelco (0°). Sección 3 <sup>a</sup> ( $\alpha_3\beta_3$ ).....	39
figura 16. Vehículo en instante inicial de vuelco (0°). Sección 4 <sup>a</sup> ( $\alpha_4\beta_4$ ).....	40
figura 17. Diagrama de esfuerzos cortantes para vehículo parado y volquete a 0° .....	41
figura 18. Diagrama de esfuerzos flectores para vehículo parado y volquete a 0°.....	41
figura 19. Vehículo en final de vuelco (45°). Sección 1 <sup>a</sup> ( $\alpha_1\beta_1$ ).....	42
figura 20. Vehículo en final de vuelco (45°). Sección 2 <sup>a</sup> ( $\alpha_2\beta_2$ ).....	43
figura 21. Vehículo en final de vuelco (45°). Sección 3 <sup>a</sup> ( $\alpha_3\beta_3$ ).....	44
figura 22. Vehículo en final de vuelco (45°). Sección 4 <sup>a</sup> ( $\alpha_4\beta_4$ ).....	45
figura 23. Diagrama de esfuerzos cortantes para vehículo parado y volquete a 45° .....	46
figura 24. Diagrama de esfuerzos flectores para vehículo parado y volquete a 45°.....	46
figura 25. Dimensiones del bastidor.....	49
figura 26. Dimensiones del chasis compuesto por bastidor y falso bastidor.....	52
figura 27. Reacciones debidas a la fuerza centrífuga .....	56
figura 28. Unión articulada.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 29. Unión rígida .....	62
figura 30. Falso bastidor reforzado por travesaños cruzados .....	63
figura 31. Toma de fuerza .....	67
figura 32. Dimensiones de la toma de fuerza .....	67
figura 33. Bomba hidráulica.....	69
figura 34. Dimensiones de la bomba hidráulica.....	69
figura 35. Cilindro hidráulico de campana.....	72
figura 36. fuerzas debidas a la adherencia .....	73
figura 37. Rodadura.....	76
figura 38. Fuerzas aplicadas sobre los neumáticos .....	77
figura 39. Deformacion elíptica en el contacto neumático-suelo.....	77
figura 40. pendiente de terreno.....	82
figura 41. Resistencia debida a la pendiente ( $R_p$ ) .....	83
figura 42. Sección transversal del vehículo.....	85
figura 43. Influencia del c.d.g en pendiente de subida.....	88
figura 44. Reparto de cargas en el arranque considerando la carga .....	91
figura 45. Reparto de cargas en el arranque considerando el peso propio (TARA) .....	93
figura 46. Estabilidad longitudinal.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 47. Estabilidad transversal .....	102
figura 48. Esquema de un bulón.....	3
figura 49. Eje de articulación de la caja basculante .....	4
figura 50. Pliego de condiciones. Taladro.....	4

# Índice de tablas

tabla 1. Reformas de importancia.....	3
tabla 2. Nomenclatura .....	13
tabla 3. Variantes de M.M.A.....	13
tabla 4. Requisitos código de reforma 8.60.....	17
tabla 5. Requisitos código de reforma 9.1.....	19
tabla 6. Requisitos código de reforma 11.1 .....	19
tabla 7. Sistemas afectados y justificación .....	20
tabla 8. Dimensiones del vehículo .....	1
tabla 9. Tara del vehículo por ejes .....	2

## ÍNDICE DE TABLAS

tabla 10. MTMA/MMA por ejes .....	2
tabla 11. Características del motor .....	3
tabla 12. Características del bastidor.....	3
tabla 13. Características de la suspensión .....	3
tabla 14. Tipo de transmisión .....	4
tabla 15. Características del embrague .....	4
tabla 16. Características de la caja de cambios .....	4
tabla 17. Tipo de limitador de velocidad.....	4
tabla 18. Ruido a vehículo parado .....	4
tabla 19. Tipos y calidad de los ejes.....	5
tabla 20. Tipo de dirección.....	5
tabla 21. Características de los neumáticos .....	5
tabla 22. Tipos de dispositivos de frenado .....	6
tabla 23. Instalación eléctrica .....	7
tabla 24. Tipo de sistema de refrigeración .....	7
tabla 25. capacidad del depósito de combustible .....	7
tabla 26. Ref. silencioso .....	7
tabla 27. Equipamiento en cabina .....	7
tabla 28. Indicadores de velocidad .....	8
tabla 29. Depósito de alumbrado y señalización .....	8

## ÍNDICE DE TABLAS

tabla 30. Repartos de carga en régimen de marcha.....	13
tabla 31. Reparto de carga por eje en el inicio de basculación (volquete a 0°) .....	27
tabla 32. Reparto de cargas por eje para final de basculación (volquete a 45°) .....	29
tabla 33. Coeficientes de adherencia en función de la naturaleza del suelo.....	75
tabla 34. Coeficientes de rodadura en función de la naturaleza del suelo.....	80
tabla 35. Valores del coeficiente de proporcionalidad (K) en función del tipo de vehículo .....	85
tabla 36. Reparto de cargas a vehículo parado .....	95
tabla 37. Reacciones en ejes en el momento de arrancar .....	95
tabla 38. Presupuesto.....	2



# Capítulo 1

## Introducción y objetivos

### 1.1 Introducción

La realización de reformas de importancia en vehículos viene ejecutándose desde el mismo instante en que se concibió el primer vehículo. En la actualidad, circulan por las carreteras españolas vehículos automóviles cuyas características técnicas han sido modificadas en mayor o menor medida. Desde una ambulancia hasta un vehículo-cisterna para el transporte de combustible, pasando por un número indefinido de automóviles que responden en muchos casos a aplicaciones muy concretas, ya que es muy posible que cualquier vehículo construido de forma general para cualquier usuario genérico, requiera unas matizaciones específicas para cada usuario tales que le permitan sacar mayor partido al bien adquirido.

Los fabricantes de vehículos ofertan una amplia gama de turismos y vehículos industriales. Sin embargo, los requerimientos del mercado hacen que en algunas ocasiones estos vehículos homologados originalmente tengan que ser reformados. Se modifica en general las características especificadas en la tarjeta de ITV de los mismos,

## Capítulo 1: Introducción y objetivos

lo que puede influir sobre su comportamiento en las vías públicas, y puede también interferir con el medio ambiente.

Existe, por tanto la necesidad de regularizar la realización y control de estas reformas. Para ello se creó la normativa de reformas de importancia ( RD 736/88), que se ha ido adaptando a lo largo de los años (ITC manual de reformas), hasta llegar en nuestros días al número de cuarenta y seis reformas de importancia tipificadas. En ellas se recogen las principales transformaciones que se están realizando actualmente, así como los procedimientos de tramitación de las mismas.

La verificación de la correcta realización de las reformas de importancia se lleva a cabo por el órgano competente en materia de industria. Éste comprobará que las características técnicas del vehículo respondan a la reglamentación de seguridad exigible con arreglo a los Reales Decretos correspondientes (750/2010, 2028/1986, 1528/1988 y disposiciones que los desarrollan). Para ello se seguirán los criterios técnicos de inspección descritos en el “Manual de procedimiento de inspección de las estaciones de ITV” elaborado por el Ministerio de Industria y Energía, de acuerdo con los órganos competentes de las Comunidades Autónomas.

Todo vehículo que circule por cualquier estado de la Unión Europea está sometido a una reglamentación que debe cumplir para obtener la homologación de tipo que le permita circular por las vías públicas. La realización de reformas de importancia sobre vehículos no está unificada a nivel de la Unión Europea por lo que cada país ha desarrollado su propia reglamentación. En España tenemos que atenernos a aquello que indica el RD 736/1988, y las Órdenes Ministeriales posteriores que la completan en ciertos aspectos. Será necesario por tanto que todo técnico que se dedique a realizar proyectos sobre reformas, conozca la citada reglamentación y toda aquella anexa o derivada relacionada con los vehículos a motor y sus remolques, con vehículos agrícolas y con motocicletas.

## 1.2 Las reformas de importancia

### 1.2.1 Según RD 736/88

Una reforma de importancia es aquella modificación o sustitución realizada en un vehículo, previa o no a su matriculación, y que, no estando incluida en su homologación de tipo, o bien cambia alguna de las características indicadas en la tarjeta de ITV, o es susceptible de alterar las características fundamentales y/o las condiciones de seguridad reglamentariamente definidas.

#### Tipos de reformas de importancia.

Como reformas de importancia se consideran actualmente las siguientes, representadas en la tabla 1, según lo establecido en el Real Decreto 736/1988.

**tabla 1. Reformas de importancia**

Nº	ÍNDICE DE REFORMAS. DEFINICIÓN
1	La sustitución del motor por otro de distinta marca y/o tipo
2	Modificación del motor que produzca una variación de sus características mecánicas o termodinámicas que den lugar a la consideración del vehículo como de un nuevo tipo según se define para categoría, en los Anexos del Real Decreto 2140/1985, de 9 de Octubre, sobre homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, y en la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 10 de julio de 1984 sobre homologación de ciclomotores.
3	Cambio de emplazamiento del motor.

## Capítulo 1: Introducción y objetivos

4	Modificación del sistema de alimentación de carburante que permita sustituir el que normalmente se emplea en el vehículo por otro de diferentes características, o utilizar uno u otro, indistintamente.
5	Cambio del sistema de frenado.
6	Incorporación de un ralentizador o de un freno motor.
7	Sustitución de caja de velocidades de mando manual por otra automática o semiautomática o viceversa, o por otra caja de distinto número de relaciones (marchas).
8	Adaptaciones para la utilización por personas discapacitadas con modificación de mandos y/o elementos que afecten a la seguridad.
9	Modificación del sistema de suspensión.
10	Modificación del sistema de dirección.
11	Montaje de separadores o ruedas de especificaciones distintas de las originales.
12	SIN CONTENIDO
13	Montaje de ejes supletorios o sustitución de ejes “tandem” por “tridem”, o viceversa.
14	Sustitución total o parcial del bastidor o de la estructura autoportante, cuando la parte sustituida sea la que lleva grabado el número de bastidor.

15	Reforma del bastidor o de la estructura autoportante, cuando origine modificación en sus dimensiones o en sus características mecánicas, o sustitución total de la carrocería por otra de características diferentes.
16	Modificaciones de distancia entre ejes o de voladizo.
17	Aumento del peso técnico máximo admisible (MTMA).
18	Variación del número de asientos no incluida en la homologación de tipo, y en su caso, del número de plazas de pie.
19	Transformación de un vehículo para el transporte de personas en vehículo para transporte de cosas o viceversa.
20	Transformación de un camión cualquiera a camión-volquete, camión-cisterna, camión isotermo o frigorífico, camión grúa, tractocamión, camión-hormigonera o portavehículos
21	Transformación a vehículo autoescuela
22	Transformación a vehículo blindado.
23	Modificación de las dimensiones exteriores de la cabina de un camión, o su elevación o de su emplazamiento.
24	Elevación del techo cuando la carrocería esté montada sobre un autobastidor.
25	Transformaciones que afecten a la resistencia de las carrocerías o a su

## Capítulo 1: Introducción y objetivos

	acondicionamiento interior, tales como a ambulancia, funerario, autocaravana o techo elevado en el caso de carrocería autoportante.
26	Incorporación de dispositivos para remolcar (gancho, bola o quinta rueda).
27	Incorporación de elevadores hidráulicos o eléctricos para carga de mercancías.
28	Modificaciones del techo (entero, convertible).
29	Adición de protectores de luz de carretera.
30	Sustitución del volante original por otro de menores dimensiones, cuando la diferencia entre los diámetros exteriores de ambos sea mayor del 10 por 100 y hasta el 15 por 100 del diámetro del primero.
31	Uso de conjuntos funcionales adaptables (“kits”) que impliquen una de las reformas antes citadas.
32	Sustitución del o de los depósitos de carburante líquido y/o aleación de depósito(s) auxiliar(es).
33	Incorporación de rampas, elevadores o sistemas de otra naturaleza, para facilitar el acceso o salida de personas.
34	Incorporación de rampas, elevadores o sistemas de otra naturaleza, para facilitar la carga y descarga de mercancías.

35	Incorporación de mecanismos para la tracción del vehículo distintos de sus propios medios de propulsión o para la tracción de otro vehículo.
36	Sustitución de asientos del vehículo por espacio y medios de sujeción de las sillas de ruedas para personas de movilidad reducida.
37	Sustitución de un eje por otro de distintas características.
38	Sustitución de los asientos de un vehículo con nueve plazas como máximo, incluido el conductor, por otros no incluidos en la homologación de tipo.
39	Instalación, en los tractores agrícolas o forestales, de una estructura de protección del conductor no incluida en la homologación de tipo.
40	Instalación de forma permanente, en los tractores agrícolas o forestales, de dispositivos o máquinas auxiliares para el trabajo. (Pala excavadora o cargadora, vibrador, perforadora, grúa, etc.)
41	Instalación en los tractores agrícolas o forestales de mando de frenado para el vehículo remolcado no incluido en la homologación de tipo.
42	Transformaciones de un vehículo de las categorías N y O que estuviera preparado para una aplicación determinada en otra aplicación que requiera modificaciones en su estructura o carrozado.
43	La sustitución del motor por otro que corresponda a una variante diferente, según se define en el Real Decreto 2140/1985.

44	Reformas que impliquen cambio en la categoría o tipo del vehículo, según se define en las Directivas 70/156/CEE, 74/150/CEE y 92/61/CEE o en el Real Decreto 2140/1985.
45	<p>La sustitución de neumáticos incluidos en la homologación de tipo del vehículo por otros que no cumplan los siguientes criterios de equivalencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de capacidad de carga igual o superior.</li> <li>• Código de categoría de velocidad igual o superior.</li> <li>• Igual diámetro exterior con una tolerancia de <math>\pm 3\%</math>.</li> <li>• Que el perfil de la llanta de montaje sea el correspondiente al neumático.</li> </ul>
46	Cambio de alguna de las características indicadas en la tarjeta ITV del vehículo y no incluída en los casos anteriores.

El resto de las reformas no tendrán consideración de tales, salvo que afecten de forma importante a la seguridad vial o medio ambiente, en cuyo caso, el órgano de la administración competente en materia de industria lo pondrá en conocimiento del centro directivo del Ministerio de Industria y Energía competente en materia de normalización y reglamentación, a efectos de su posible tipificación como nuevas reformas.

## 1.2.2 Según RD 866/2010

Se define Reforma de Vehículo: Toda modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo después de su matriculación y en remolque ligeros después de ser autorizados a circular, que o bien cambia alguna de las características del mismo, o es susceptible de alterar los requisitos reglamentarios aplicables contenidos en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio. Este término incluye

cualquier actuación que implique alguna modificación de los datos que figuran en la tarjeta de ITV del vehículo.

### **Causas del cambio al nuevo Real Decreto**

El nuevo Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, tiene como objeto unificar criterios de la legislación española en la materia y la emitida por la Unión Europea. Este real decreto mantiene la coherencia entre la normativa europea de homologación de vehículos y la nacional sobre las reformas de los mismos; su aplicación permitirá mantener las condiciones de seguridad activa y pasiva de los vehículos y su comportamiento en lo que se refiere a la protección al medio ambiente. Asimismo establece la documentación que se debe presentar ante los órganos de la Administración competente en materia de Inspección técnica de vehículos.

### **Tipos de reforma de vehículos**

El Manual de Reformas de Vehículos establece los criterios, procedimientos y requisitos que se deben cumplir para la tramitación de las reformas de vehículos. Para este propósito se ha dividido en cuatro secciones:

- I. Vehículos de las categorías M, N y O
- II. Vehículos de las categorías L, QUADS y UTV.
- III. Vehículos agrícolas
- IV. Vehículos de obras y/o servicios

Todas estas secciones, se dividen en las siguientes funciones o grupos donde se tipifican las reformas de vehículos: Códigos de Reformas (C.R.). Estos grupos o funciones son las siguientes:

1. Identificación
2. Unidad motriz

## Capítulo 1: Introducción y objetivos

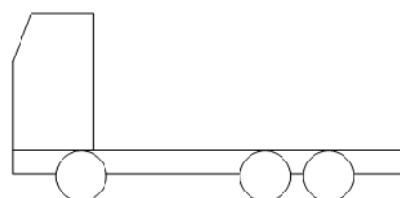
3. Transmisión
4. Ejes
5. Suspensión
6. Dirección
7. Frenos
8. Carrocería
9. Dispositivos de alumbrado y señalización
10. Uniones entre vehículos tractores y sus remolque o semirremolques
11. Modificaciones de los datos que aparecen en la tarjeta ITV.

## 1.3 Generalidades

El presente proyecto consiste en el estudio exhaustivo de la transformación en un vehículo industrial de la marca Mercedes-Benz. Para poder entender los términos usados a lo largo de los capítulos posteriores es necesario realizar algunas aclaraciones previas que se detallarán a continuación.

Una primera aclaración consiste en diferenciar el modelo básico del vehículo (chasis-cabina) de la carrocería.

**Chasis y Cabina (sin carrozar)**



**Carrocería**



**figura 1. Modelo básico del vehículo y carrocería**

A la vista de la figura 1, se denomina modelo básico al vehículo tal como sale de fábrica (chasis+cabina), es decir, sin carrozar.

## Capítulo 1: Introducción y objetivos

Los fabricantes de vehículos industriales hacen generalmente modelos básicos, es decir, carecen de los elementos auxiliares para que el vehículo pueda desarrollar el trabajo encomendado.

Al conjunto de los elementos auxiliares que se agregan al modelo básico se le llama carrozado.

La primera tarea que se ha de realizar cuando se pretende comprar un vehículo industrial consiste en especificar al fabricante el sector de actividad en que prestará servicio, con el fin de realizar una elección adecuada del modelo básico del vehículo (masa máxima admisible, distancia entre ejes, tipo de cabina,...etc.).

Los modelos básicos se dividen en dos grandes grupos: los rígidos (suponen un 65% de la producción) y las tractoras (el 35% restante). Una vez se ha elegido el tipo de modelo básico (rígido o tractora) la fábrica de Daimlerchrysler ofrece cuatro modelos a elegir en función de las necesidades de peso, potencia, dimensiones y demás características técnicas requeridas por el cliente (Actros, Axor, Atego y Econic).

A continuación se detalla el amplio abanico de modelos que ofrece Daimlerchrysler pero es preciso antes realizar una aclaración que utiliza la marca acerca de la nomenclatura para designar cada vehículo.

Cada modelo se designa con un conjunto de cuatro cifras (las dos primeras indican la masa máxima autorizada en toneladas y las dos últimas la potencia del motor en C.V. dividida por diez) seguido de una o varias letras, cada una de las cuales tiene un significado diferente. Entre las más usuales se encuentran las indicadas en la tabla 2.

**tabla 2. Nomenclatura**

A	Tracción total
B	Hormigonera
K	Volquete
S	Tractor de semirremolque
L	Suspensión neumática

También se suele incluir en la designación del vehículo el número de neumáticos de que dispone especificando cuáles de ellos son motrices.

Una vez aclarada la nomenclatura de que hace uso Daimlerchrysler, se expone la serie de modelos (tabla 3) de que dispone la marca con las posibilidades de masas máximas disponibles para cada una de ellas:

**tabla 3. Variantes de M.M.A.**

Vehículo	Masa máxima admisible (toneladas)						
ACTROS	18 t.	20 t.	25 t.	26 t.	32 t.	33 t.	41 t.
AXOR	18 t.	25 t.	26 t.				
ATEGO	7 t.	8 t.	9 t.	10 t.	12 t.	13 t.	15 t.
ECONIC	18 t.	26 t.					

Otra opción, además de la de obtener los vehículos de fábrica, es la de aprovechar los que existen en stock. Esta última opción claramente hará reducir tiempos de espera y precios por los que supone una alternativa muy a tener en cuenta por los clientes. En estos casos, el proceso sería al revés que en el caso anterior. En base al modelo básico existente en stock, se estudian las transformaciones necesarias para la adecuación del vehículo a las especificaciones requeridas por el cliente.

Una vez que se dispone del modelo básico del vehículo, ya sea obtenido de fábrica o del stock existente, entra a formar parte una segunda empresa: la empresa carrocería. Los carroceros son los encargados de realizar los montajes de los elementos auxiliares requeridos, según especificaciones del cliente, sobre el modelo básico (grúas tras cabina o caja, carrocerías fijas o basculantes, plataformas elevadoras,...etc.). Para ello, dichas empresas, una vez que reciben los chasis-cabina, realizan un preestudio, configurando las correctas distancias donde han de ir los distintos equipos con el fin de que el reparto de pesos del vehículo sea correcto (no exceda las masas máximas autorizadas en ninguno de los ejes). Una vez creada la correcta configuración, se procede al montaje de los equipos que integran el vehículo, ateniéndose a las indicaciones del manual de carrocería de que dispone la marca y, por último se realiza la documentación, exigida legalmente, para que el vehículo pase los controles requeridos.

## 1.4 Objetivos

El presente proyecto aborda el estudio detallado de la adecuación completa de un vehículo de serie de 3 ejes Mercedes Benz, modelo Actros. Concretamente de un 3340 K con distancia entre ejes 1º y 2º de 3900 mm, y 1350 mm entre ejes 2º y 3º, el cual hay que configurar a las especificaciones requeridas por el cliente. Dichas especificaciones consisten en el montaje de un volquete basculante de longitud 6815 mm.

Según se ha definido, el 3340 K, se trata de un vehículo volquete (K) de tracción trasera (A) de 26 toneladas (26) y 313 C.V. de potencia (31).

Tras los cálculos realizados durante el proyecto es necesario añadir un sobrebastidor con el fin de soportar las cargas críticas a las que se somete el vehículo por acciones que se detallan a lo largo del mismo. Acciones de tipo dinámico como la circulación en régimen de marcha, el efecto producido en el arranque y frenado, o como las acciones de tipo estático a vehículo parado en régimen de descarga de mercancía; también el análisis de estabilidad longitudinal y transversal con vistas a obtener un valor de pendiente máximo crítico para el cual no se produzca vuelco del vehículo.

Se llevará a cabo un diseño de los componentes de la superestructura hidráulicos y mecánicos que den cabida a realizar o soportar los esfuerzos necesarios por el vehículo.

## 1.5 Análisis de la reglamentación

Para la tramitación de la transformación de un vehículo, como carrozado inicial (contraseña C1), debemos atender al manual de reformas de importancias (según RD 736/1986) hasta el 14 de enero de 2011, y a partir de dicha fecha al manual de reformas de vehículos (según RD 866/2010).

- **Según RD 736/1988 de 8 de julio y la Orden CTE/3191/2002 que modifica los anexos I y II de este Real Decreto.**
- Real Decreto 2822/98 de 23 de Diciembre por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos y posteriores modificaciones.
- Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- Real Decreto de 8 de julio de 1988, número 736/1988 del Ministerio de Relaciones con las Cortes y Secretaría de Gobierno, que regula la tramitación de las Reformas de Importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo número 252 del Código de Circulación, remitiéndonos al artículo 2 de Tipificación de las Reformas.
- La Orden CTE/3191/2002 publicada el 17 de diciembre de 2002 que supone la modificación de los Anexos I y II del Real Decreto 736/1988 relativo a la regulación de la tramitación de las reformas de importancia de vehículos de carretera y que afecta a las reformas numeradas a continuación:

- **20.** Transformación de un camión cualquiera a camión-volquete, camión cisterna, camión isotermo o frigorífico, camión-grúa, tractocamión, camión hormigonera o portavehículos.
- **46.** Cambio de alguna de las características indicadas en la tarjeta ITV del vehículo, y no incluida en los casos anteriores.
- **Según RD 866/2010 de 2 de julio.**
  - Real Decreto 2822/98 de 23 de Diciembre por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos y posteriores modificaciones.
  - Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
  - Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, y que afecta al código de reforma:

**8.60.- Sustitución o modificación del carrozado de un vehículo (tabla 4)**

**tabla 4. Requisitos código de reforma 8.60**

	<u>Categoría:</u>	N3
<b>Sistema afectado</b>	<b>Referencia</b>	<b>Grado de aplicación</b>
<b>Dispositivos de protección trasera</b>	70/221/CEE	(2)
<b>Dispositivos de visión indirecta</b>	2003/97/CE	(2)

## Capítulo 1: Introducción y objetivos

<b>Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)</b>	72/245/CEE	(2)
<b>Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa</b>	76/756/CEE	(1)
<b>Protección lateral</b>	89/297/CEE	(2)
<b>Sistemas antiproyección</b>	91/226/CEE	(2)
<b>Masas y dimensiones</b>	97/27/CE	(1)
<b>Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisternas</b>	Reglamento CEPE/ONU 111R	(2)

**9.1.-** Adición de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente ó unidad técnica independiente de alumbrado y señalización (tabla 5)

**tabla 5. Requisitos código de reforma 9.1**

<u>Categoría:</u>	N3	
<b>Sistema afectado</b>	<b>Referencia</b>	<b>Grado de aplicación</b>
<b>Luces de gálibo, de posición delanteras y traseras, de frenado, laterales de posición de circulación diurna</b>	<b>76/758/CEE</b>	(1)

**11.1.-** Cambio de clasificación (tabla 6)

**tabla 6. Requisitos código de reforma 11.1**

<u>Categoría:</u>	N3	
<b>Sistema afectado</b>	<b>Referencia</b>	<b>Grado de aplicación</b>
<b>TITV</b>	<b>ANEXO II Reglamento General de Vehículo</b>	<b>Camión basculante (2217)</b>

**(1)** El AR se aplica en su última actualización en vigor, a fecha de tramitación de la reforma.

**(2)** El AR se aplica en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo, si la homologación del mismo exige el AR incluido en la tabla. En caso que el AR no fuera exigido para la homologación del vehículo en la fecha de su primera matriculación, se deberá aplicar al menos el AR en la primera versión incluida en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, como obligatoria (A).

Para la aprobación de la reforma o transformación efectuada, se deberá solicitar el dictamen e informe favorable de los actos reglamentarios afectados. En cualquier caso, en tabla 7 se indica el cumplimiento de todos los actos reglamentarios incurridos en la instalación del volquete:

**tabla 7. Sistemas afectados y justificación**

<b>Sistema afectado</b>	<b>Justificación</b>
<b>Dispositivos de protección trasera</b>	No se modifica el antiempotramiento original del vehículo, y se mantiene las cotas máximas de profundidad máxima (450mm) y de altura al suelo a la protección trasera (550mm)
<b>Dispositivos de visión indirecta</b>	Acto reglamentario no afectado al no verse modificado las dimensiones finales (anchura máxima y longitud máxima) del vehículo
<b>Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)</b>	Los equipos instalados cumplen con la directiva de máquinas y compatibilidad (certificada por el propio fabricante: marcado CE)
<b>Instalación de los dispositivos de</b>	No se modifican luces originales de freno, posición, indicadores de dirección, antiniebla,

<b>alumbrado y señalización luminosa</b>	placa de matrícula y catadióptricos.  Se instalan dos luces de gálibo situadas a la altura máxima del vehículo con una separación máxima de 400mm de la anchura máxima del vehículo
<b>Protección lateral</b>	No se ve modificada el antiempotramiento lateral, y al no verse modificado las cotas dimensiones finales, cumple según la directiva del vehículo base.
<b>Sistemas antiproyección</b>	No se modifican las faldillas originales del vehículo.
<b>Masas y dimensiones</b>	Cumple con las cotas máximas marcadas directiva de masas y dimensiones.  Las masas finales del proyecto, tras la instalación se justifican a lo largo del proyecto.
<b>Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisternas</b>	Reglamento no aplicable, al no tratarse de la transformación de un vehículo cisterna.
<b>Luces de gálibo, de posición delanteras y traseras, de frenado, laterales de posición y de circulación diurna</b>	Las luces de gálibo homologadas conforme a la directiva 76/758/CEE

## Capítulo 1: Introducción y objetivos

# Capítulo 2

## Estudio técnico

### 2.1 Características técnicas del vehículo antes de la reforma

**tabla 8. Dimensiones del vehículo**

Longitud total	8305 mm
Distancia 1º/2º ejes	3900 mm
Voladizo trasero	1615 mm
Altura total	4000 mm

Anchura máxima	2550 mm
Vía anterior	2034 mm
Vía posterior	1804 mm
Distancia 2º/3º eje	1350 mm

**tabla 9. Tara del vehículo por ejes**

1º Eje	45600 N
2º Eje	18650 N
3º Eje	18650 N

**tabla 10. MTMA/MMA por ejes**

EJE	MTMA/MMA
1º	9 Tn
2º	13/9,5 Tn
3º	13/9,5 Tn
Total	33/26 Tn

## 2.1 Características técnicas del vehículo antes de la reforma

**tabla 11. Características del motor**

Marca	MERCEDES BENZ
Tipo	Euro 3, OM 501 LAII/I
Nº de cilindros	6 en V a 90º
Cilindrada y $\phi$	11.946 cm <sup>3</sup> y 130 mm
Combustible	Gasóleo A
Potencia efectiva/fiscal	230 kW/45,76 CVF

**tabla 12. Características del bastidor**

Tipo	Escalera de travesaños remachados
Sección	Perfiles en U de 270x70x8 mm.

**tabla 13. Características de la suspensión**

Delantera	Ballestas parabólicas
Trasera	Ballestas parabólicas
Amortiguadores	Traseros y delanteros
Barra estabilizadora	Delantera y Trasera

**tabla 14. Tipo de transmisión**

Tipo	Mecánica a ruedas traseras
------	----------------------------

**tabla 15. Características del embrague**

Tipo	MFZ 430, monodisco en seco
Diámetro	$\phi$ 430 mm

**tabla 16. Características de la caja de cambios**

Tipo	MB G240-16/11,7
Mando	Mecánica (EPS)
Nº de relaciones	16 adelante y 2 atrás

**tabla 17. Tipo de limitador de velocidad**

Marca	VDO
Tipo/Contraseña de homologación	412.413.009/ e1 0062

**tabla 18. Ruido a vehículo parado**

Euro3 81 a 91 dB(A) a 1350 r.p.m.
-----------------------------------

## 2.1 Características técnicas del vehículo antes de la reforma

**tabla 19. Tipos y calidad de los ejes**

Número	3	
Tipos y calidad	Delantero	V1. 5/21 DC-9 (9t)
	Trasero	HD7/50DCGS-13(13t) y HL7/50DCS-13 (13t)

**tabla 20. Tipo de dirección**

Tipo	Servodirección MB LS 8
Diámetro del volante	$\phi$ 500 ó 450 mm
Relación	21.49 – 25.57

**tabla 21. Características de los neumáticos**

Número	10	
Sencillo	Eje 1	
Gemelo	Ejes 2 y 3	
Dimensiones	1 <sup>er</sup> eje	385/65 R22,5
	2 <sup>o</sup> y 3 <sup>er</sup> eje	315/80 R 22,5
Índice de velocidad mínimo	G	

Índice de carga mínimo	1 <sup>er</sup> eje	9000 Kg (160/--)
	2 <sup>o</sup> y 3 <sup>er</sup> eje	13000 Kg (--/149)

**tabla 22. Tipos de dispositivos de frenado**

De servicio	Neumático de doble circuito	
De estacionamiento	Acumulador de fuerza elástica. Actúa sobre los ejes traseros o sobre ambos ejes	
De socorro	Eficacia residual de uno de los dos circuitos de servicio	
Superficie total de frenado por eje	Delantero	Disco 3136 cm <sup>2</sup>
	Trasero	Disco 3136 cm <sup>2</sup>
Calderines, capacidad	2x35+25 7.5+4 litros	
Retardador	Freno motor	
Asistencia de serie	ABS y sistema electroneumático de freno (EPB)	
Disp. Antibloqueo, marca	Wabco	

## 2.1 Características técnicas del vehículo antes de la reforma

Tipo, categoría	De 4 canales, categoría I
-----------------	---------------------------

**tabla 23. Instalación eléctrica**

Baterías	2 de 12 V, 165 Ah
Alternador	300 – 5040 VA.

**tabla 24. Tipo de sistema de refrigeración**

Tipo	Por líquido refrigerante
------	--------------------------

**tabla 25. capacidad del depósito de combustible**

Capacidad (en litros)	400
-----------------------	-----

**tabla 26. Ref. silenciosos**

942 490 11 01
---------------

**tabla 27. Equipamiento en cabina**

Espejos retrovisores ext. Nº	4 ó 5
Asientos	2
Número de plazas	2
Cinturones de seguridad	Sí (serie)

**tabla 28. Indicadores de velocidad**

Velocímetro	Sí
Tacógrafo (nº hom.)	TVI Europa 2406GAA

**tabla 29. Depósito de alumbrado y señalización**

Nº proyectores de corto/largo alcance	2
Nº proyectores de marcha atrás	2
Nº proyectores antiniebla delantero	2
Nº proyectores antiniebla trasero	1
Gálibo	2 en cabina y 2 atrás

## 2.1 Características técnicas del vehículo antes de la reforma



# Capítulo 3

## Cálculos justificativos de la reforma realizada

### 3.1 Consideraciones previas

De todas las cargas soportadas por el bastidor (conjunto motor, caja de cambios, baterías, rueda de repuesto, etc.) la que mayor influencia tiene es la debida a la carga (caja más carga útil). Por tanto en reformas de importancia, donde el bastidor se ve afectado por variar la carga a soportar, bastará solo considerar la carga uniformemente repartida y comparar la situación del bastidor, en cuanto a resistencia, antes y después de la reforma.

También juegan un papel muy importante los esfuerzos a los que están sometidos los elementos mecánicos como consecuencia de las cargas puntuales que se producen al descargar la mercancía mediante la basculación de la caja

Otro aspecto importante es que este tipo de vehículos realizan su trabajo por terrenos en mal estado, cuyas pendientes y peraltes son muy elevados, por lo que los elementos mecánicos están sometidos a mayores esfuerzos que los llamados “carreteros”, por todo

### Capítulo 3: Cálculos justificativos de la reforma realizada

ello, buscaremos un coeficiente de seguridad que sea más elevado que el usado normalmente para los cálculos, cuyo valor será 3.

Se tendrá en cuenta que, como la distancia entre los ejes 2º y 3º es menor que 1.4 m podemos asimilar las reacciones aplicadas en los ejes traseros como una sola aplicada en el centro de dichos ejes:

$$R_B \approx R_C \approx \frac{R_M}{2}$$

## 3.2 Carga máxima a transportar

El vehículo viene determinado por su masa máxima autorizada, la cual corresponde a la masa del vehículo tarado, es decir sin volquete, más la masa del volquete cargado.

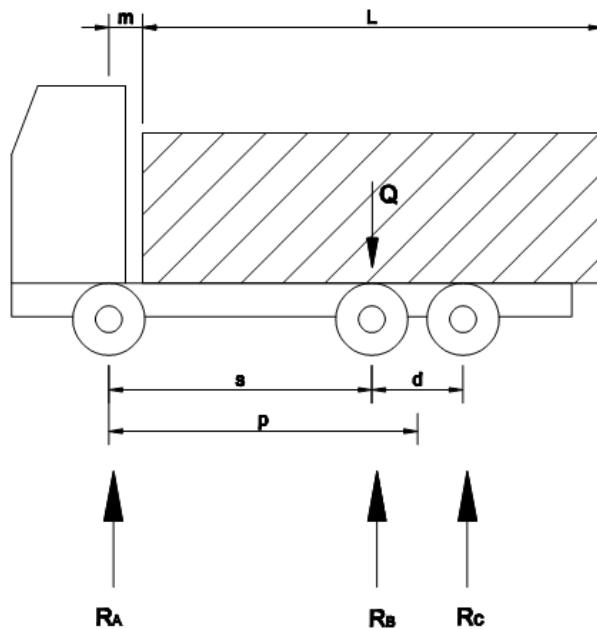
Para calcular esta carga útil (masa de volquete cargado) se ha de hacer la diferencia entre la masa máxima y la Tara del vehículo.

La carga útil máxima que puede transportar el vehículo es:

$$Q = MMA - TARA = 26000 - (4560 + 1865 + 1865) = 17710Kg = 177100N$$

### 3.3 Longitud máxima de la caja de carga

Calculamos la longitud máxima del volquete que se puede instalar en el vehículo, con los cálculos estructurales que se indican a continuación, tomando como referencia el esquema del vehículo acotado en la figura 2. Los cálculos se realizan considerando la carga útil (caja más carga), es decir, sin tener en cuenta las reacciones debido a la TARA, con vistas a tener localizado el centro de gravedad en el punto medio de la longitud del volquete ( $L/2$ ) y de este modo calcular la longitud máxima.



**figura 2. Esquema de vehículo longitud máxima de carga**

Siendo:

**s:** distancia entre primer y segundo eje

**d:** distancia entre segundo y tercero eje

### 3.3 Longitud máxima de la caja de carga

p: distancia entre el eje delantero y centro de los ejes traseros

L: longitud máxima de la caja de carga

Q: masa de la caja más carga útil

$R_A$ ,  $R_B$  y  $R_C$ : reacciones en el primer, segundo y tercer eje respectivamente debidas a la carga útil.

Aplicando momentos en el eje delantero obtenemos la siguiente expresión

$$\sum M_A = 0 = R_B \cdot s + R_C \cdot (s + d) - d_{A \rightarrow cdg} \cdot Q$$

Donde  $d_{A \rightarrow cdg}$  es la distancia del eje delantero al centro de gravedad, que despejando resulta

$$d_{A \rightarrow cdg} = \frac{R_B \cdot s + R_C \cdot (s + d)}{Q} = \frac{75630N \cdot 3900 + 75630N \cdot (3900 + 1350)}{177100N} = 3907.5mm$$

Si llamamos  $x$  a la distancia entre el centro de gravedad y el punto medio entre los dos ejes traseros, tenemos:

$$x = p - d_{A \rightarrow cdg} = 667.5mm$$

La longitud máxima que obtenemos para la caja de carga, y que consideraremos, es la siguiente:

$$\frac{L}{2} = p - m - x \Rightarrow L = 6815mm$$

### 3.4 Ángulo máximo de inclinación de la caja de carga

La carga total  $Q$  que va montada sobre el bastidor del vehículo, se compone del peso de la mercancía cargado y del peso de la caja de carga  $P_c$ . Por lo tanto el peso de la carga propiamente dicha (mercancía que lleva el vehículo) será:

$$(Q - P_c)$$

La fuerza de adherencia entre la mercancía y la caja de carga, siendo  $\mu_a$  el coeficiente de adherencia, es:

$$F_a = \mu_a (Q - P_c) \cdot \cos \alpha$$

Para un determinado valor  $\varphi$  del ángulo de inclinación de la caja de carga ( ), la fuerza  $F_1$  que tiende a desplazar la mercancía hacia atrás tomará un valor  $F'_1$  igual a la fuerza de adherencia  $F_a$  correspondiente a esa inclinación  $\varphi$ .

$$F_a = F'_1$$

$$\text{Como } F'_1 = \mu_a (Q - P_c) \cdot \operatorname{sen} \varphi$$

$$F_a = \mu_a (Q - P_c) \cdot \cos \varphi = (Q - P_c) \cdot \operatorname{sen} \varphi$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \mu_a$$

$$\text{Si } \mu_a = 1; \varphi = 45^\circ$$

Por lo tanto la inclinación de la caja de carga hasta  $45^\circ$  marcaría el límite en que empezaría a desplazarse la carga, siendo el coeficiente de adherencia igual a 1. Como

### 3.4 Ángulo máximo de inclinación de la caja de carga

normalmente este coeficiente de adherencia es menor que 1, el límite de desplazamiento correspondería a un ángulo menor de  $45^\circ$ , y la mercancía se descargará con una inclinación de la caja de carga menor de  $45^\circ$ , por lo cual se dejará la trampilla del volquete abierta para que la mercancía vaya descargándose durante el recorrido de basculación del volquete con el objetivo que no se produzcan sobrecargas.

## 3.5 Seguridad en la conducción y vuelco

Durante el régimen de marcha, el vehículo no deberá superar la MMA por ejes, y en los estados más críticos, como en estado de descarga cuando el volquete llega a su punto más elevado de basculamiento, o en los estados iniciales debido a la frenada o arranque del vehículo, se admitirá sobreponer dicha MMA, pero nunca la MTMA por ejes.

Con objeto de asegurar un funcionamiento correcto en la conducción, la carga sobre el eje delantero ha de ser, por lo menos del 25% del peso total del vehículo  $Q_T$ .

$$R_A + R'_A \geq \frac{25}{100} \cdot Q_T \quad (\text{Vehículo en condición de marcha, } \alpha = 0)$$

### Normas sobre el basculamiento

Con el fin de evitar averías muy costosas, es conveniente ajustarse a las siguientes normas al realizar el basculamiento de la caja de carga:

- El basculamiento no se deberá realizar con cargas superiores a la establecida.
- El basculamiento se deberá realizar siempre a vehículo parado.
- El basculamiento se deberá realizar con la trampilla de descarga abierta.
- Se deberá estar pendiente del basculamiento hasta que la mercancía esté totalmente descargada.
- El vehículo no se pondrá en movimiento hasta que la caja de carga vuelva a estar en su posición horizontal.

Estas normas se deberán cumplir de forma rigurosa, ya que de no hacerse pueden ocurrir averías muy costosas, tanto en el bastidor como en el cilindro de elevación y caja

de carga (torcedura del bastidor, de la caja de carga y de cilindros, vuelcos, torceduras de ballestas, del eje motriz, etc.).

Estos tipos de daños las compañías de seguros no los contemplan en sus pólizas normales de siniestros, salvo que previamente se hayan pactado.

En la práctica se han dado muchos casos de torceduras de bastidores, de cilindros elevadores, de cajas de carga e incluso de vuelcos, en los que prácticamente quedaron destrozados los vehículos, por lo que sus reparaciones fueron muy costosas, e incluso algunos son destinados a chatarra.

#### **Otras normas sobre los vehículos volquetes:**

- Situación de la carga con un mismo tipo de mercancía. Se debe intentar que el centro de gravedad de la mercancía se encuentre sobre el centro de gravedad de la caja de carga.
- Situación de la carga con varios tipos de mercancías. Es aconsejable cargar primero la mercancía de pequeña granulación y después el otro tipo de mercancía, pero siempre de menor a mayor volumen, con objeto de que las más pequeñas hagan de cuñas sobre las más grandes.
- Situación del vehículo volquete sobre el terreno en el momento del basculamiento. El vehículo a la hora de descargar mercancía, deberá realizarlo sobre terreno sin pendiente ni peralte.
- Situación de la mercancía durante la marcha. Está totalmente prohibido que la mercancía se vaya cayendo sobre la calzada de las carreteras o vías públicas. Además debe evitarse que la trampilla de descarga tenga mucha holgura con los laterales de la caja de carga.

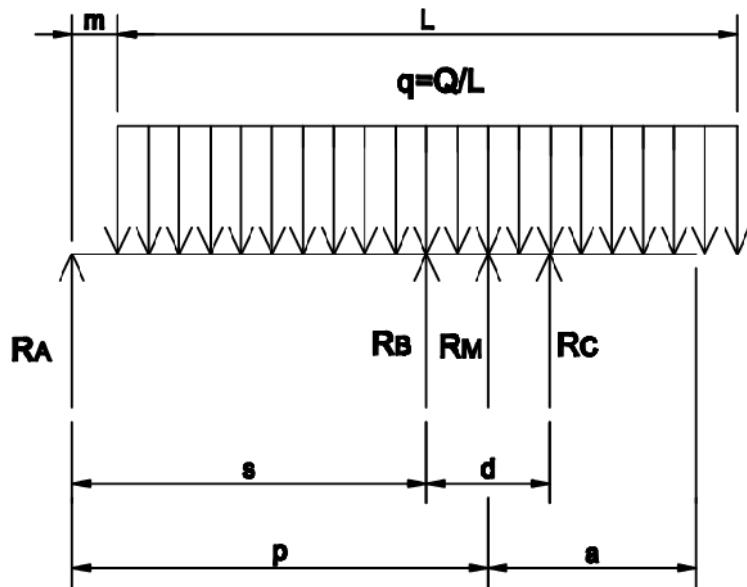
En los apartados siguientes se estudiarán los estados de carga para distintos casos en los que se va a ver sometido el vehículo, con el objetivo del cálculo de los largueros

principales del bastidor. Para ello se ha de realizar y comparar mediante las siguientes posiciones del vehículo volquete:

- En posición de marcha (carga uniformemente repartida a lo largo y ancho de la caja de carga).
- En posición de vuelco de la mercancía (cargas concentradas  $R_1$  y  $R_3$  sobre los puntos  $O_1$  y  $O_2$ ). A su vez, en esta posición hay que diferenciar para dos casos:
  - Para  $\alpha = 0$  (esfuerzo máximo de  $R_3$  y mínimo de  $R_1$ )
  - Para  $\alpha = \alpha_{máximo}$  (esfuerzo mínimo de  $R_3$  y máximo de  $R_1$ ).

### 3.5.1 Reparto de carga en posición de marcha

Llamamos régimen de marcha al estudio del vehículo en circulación por carretera, para su análisis estructural se esquematiza el reparto de cargas en la siguiente figura.



**figura 3. Reparto de carga en régimen de marcha**

Aplicando equilibrio de fuerzas verticales a la estructura representada en la figura 3:

$$R_A + R_B + R_C = Q$$

Tomando momentos respecto del primer eje  $R_A$  y de la resultante de los dos ejes traseros  $R_M$ , verificándose la siguiente relación:  $R_B \approx R_C \approx \frac{R_M}{2}$ , se tiene:

$$\sum M_A = 0 = R_B \cdot s + R_C \cdot (s + d) - Q \cdot \left( m + \frac{L}{2} \right)$$

$$0 = \frac{R_M}{2} \cdot (2 \cdot s + d) - Q \cdot \left( m + \frac{L}{2} \right)$$

$$R_M = \frac{Q}{P} \cdot \left( m + \frac{L}{2} \right)$$

$$R_A = Q - R_B - R_C = Q - R_M = Q \cdot \left( 1 - \frac{1}{P} \cdot \left( m + \frac{L}{2} \right) \right)$$

$$R_A = \frac{Q}{P} \cdot \left( \frac{L}{2} - (a + 450) \right)$$

$$R_B = \frac{R_M}{2} = \frac{Q}{2 \cdot P} \cdot \left( m + \frac{L}{2} \right)$$

$$R_C = \frac{R_M}{2} = \frac{Q}{2 \cdot P} \cdot \left( m + \frac{L}{2} \right)$$

$$R_A = \frac{17710}{4575} \cdot \left( \frac{6815}{2} - (2290 + 450) \right) = 2583.9 \text{ kg} = 25839 \text{ N}$$

$$R_M = \frac{17710\text{kg}}{4575\text{mm}} \cdot \left( \frac{6815\text{mm}}{2} + 500\text{mm} \right) = 15126\text{kg} = 151260\text{N}$$

$$R_B = \frac{15126}{2} = 7563\text{Kg} = 75630\text{N}$$

$$R_C = \frac{15126}{2} = 7563\text{Kg} = 75630\text{N}$$

Las cargas totales son el resultado de la suma de las reacciones por eje debidas a la tara y las debidas a la carga:

$$R_{A_{total}} = R_{A(tara)} + R_A = 4560 + 2583.9 = 7143.9\text{Kg} = 71439\text{N}$$

$$R_{B_{total}} = R_{B(tara)} + R_B = 1865 + 7563 = 9428\text{Kg} = 94280\text{N}$$

$$R_{C_{total}} = R_{C(tara)} + R_C = 1865 + 7635 = 9428\text{Kg} = 94280\text{N}$$

Para evitar problemas de sobrecarga se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$R_{A_{total}} \leq MMA_A \Rightarrow 71439\text{kg} \leq 90000\text{N}$$

$$R_{A_{total}} \geq 25\% MMA \Rightarrow 71439\text{N} \geq 0.25 \cdot 260000\text{N} \Rightarrow 71439\text{N} \geq 65000\text{N}$$

$$R_{B_{total}} \leq MMA_B \Rightarrow 94280\text{N} \leq 95000\text{N}$$

$$R_{C_{total}} \leq MMA_C \Rightarrow 94280\text{N} \leq 95000\text{N}$$

Se concluye que el vehículo en régimen de marcha está dentro de la seguridad, puesto que cumple las condiciones de no superar su MMA por ejes impuesta.

A continuación, en la tabla 30, se representa un resumen con los repartos de carga por eje para el vehículo en régimen de marcha

**tabla 30. Repartos de carga en régimen de marcha**

	$R_A$ (N)	$R_B$ (N)	$R_C$ (N)	<b>TOTAL (N)</b>
<b>TARA</b>	45600	18650	18650	82900
<b>CAJA +CARGA</b>	25840	75630	75630	177100
<b>TOTAL</b>	71440	94280	94280	260000

### 3.5.2 Reparto de la carga en posición de vuelco

#### Cálculo de la distancia x e y

Partiendo de la figura 4, llamamos distancias x e y, a la proyección sobre el bastidor de las distancias  $O_2O_3$  y  $O_1O_3$  respectivamente. La distancia z corresponde a la altura del punto  $O_3$  con respecto al chasis del vehículo.

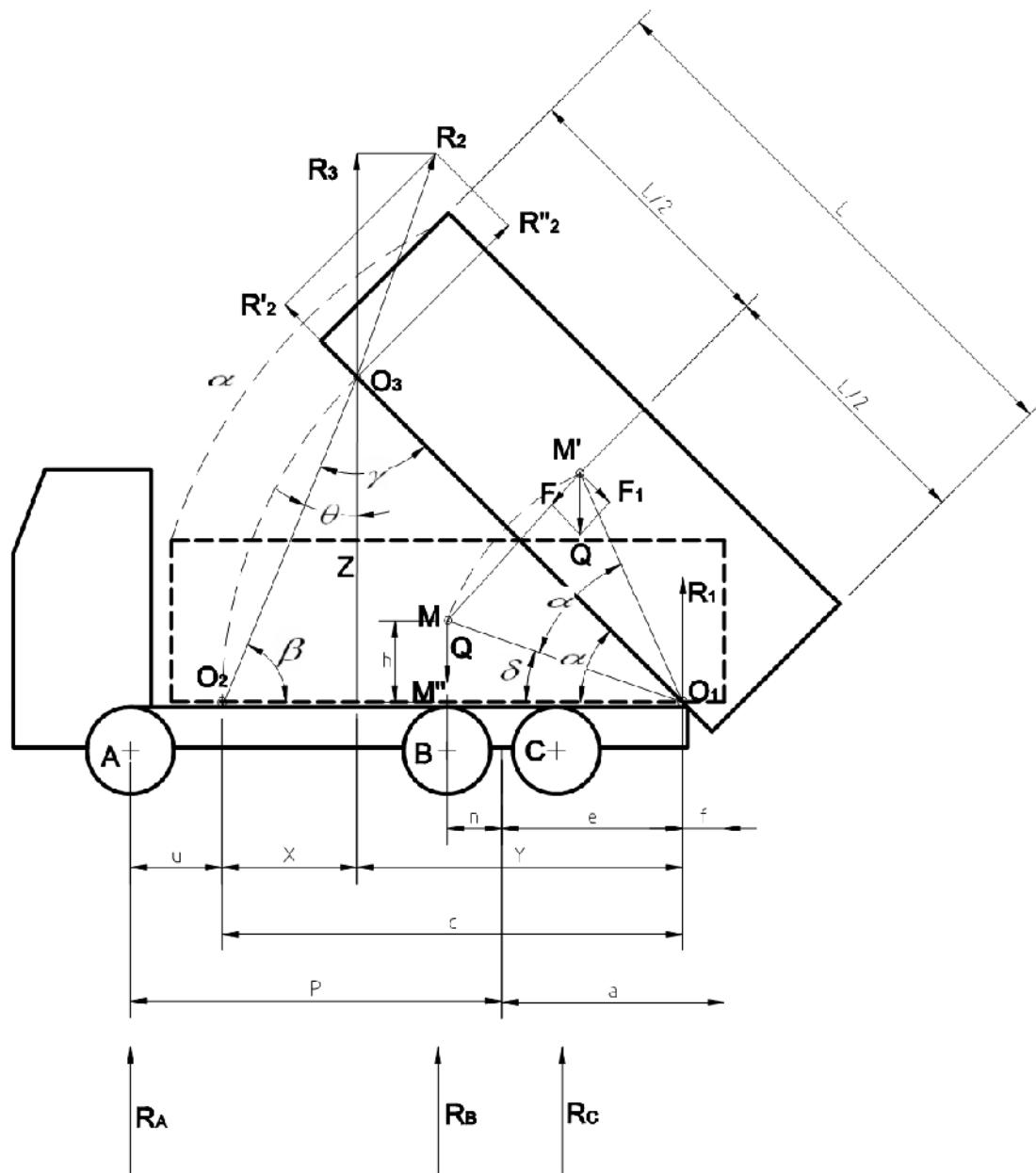


figura 4. Vehículo con caja basculando

A partir de la figura 4, se verifica:

$$z = y \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$z = x \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$y \cdot \operatorname{tg} \alpha = x \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$\frac{x}{y} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$\frac{x+y}{y} = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$\frac{c}{y} = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$y = \frac{c \cdot \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}$$

Pero en el abatimiento de la caja de carga, para cualquier valor de  $\alpha$ , la distancia  $O_1O_2$  es igual a la  $O_1O_3$  con lo cual el triángulo  $O_1O_2O_3$  es siempre isósceles, verificándose:

$$\beta = \gamma = \frac{180 - \alpha}{2} = 90 - \frac{\alpha}{2}$$

$$y = \frac{c \cdot \operatorname{tg}(90 - \alpha/2)}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg}(90 - \alpha/2)} = \frac{c \cdot \operatorname{cot} g(\alpha/2)}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{cot} g(\alpha/2)} = \frac{c \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha/2)}}{\operatorname{tg} \alpha + \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha/2)}} = \frac{c}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)}$$

$$x = y \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{c}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(90 - \alpha/2)} = \frac{c \cdot \operatorname{tg} \alpha}{(1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)) \cdot \operatorname{tg}(90 - \alpha/2)} =$$

$$= \frac{c \cdot \operatorname{tg} \alpha}{(1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)) \cdot \operatorname{cot} g(\alpha/2)} = \frac{c \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)}$$

Si  $\alpha = 45^\circ$ ;

$$\tan 45^\circ = 1;$$

$$\tan(45^\circ/2) = 0,4142$$

$$y = \frac{c}{1+1 \cdot 0,4142} = 0,70 \cdot c = \frac{70}{100} \cdot 5674,5 = 3972,15 \text{ mm}$$

$$x = \frac{c \cdot 1 \cdot 0,4142}{1+1 \cdot 0,4142} = 0,30 \cdot c = \frac{30}{100} \cdot 5674,5 = 1702,35 \text{ mm}$$

Para calcular las reacciones producidas en los ejes, para cualquier ángulo de basculación, de la figura 4 se deduce:

$$R_A \cdot p = Q \cdot n_\alpha$$

$$R_A = \frac{Q \cdot n_\alpha}{p}$$

$$\cos \delta = \frac{n+e}{O_1 M}$$

$$O_1 M = \frac{n+e}{\cos \delta}$$

$$\cos(\alpha + \delta) = \frac{O_1 M'}{O_1 M} = \frac{n_\alpha + e}{O_1 M} = \frac{n_\alpha + e}{\frac{n+e}{\cos \delta}} = \frac{\cos \delta \cdot (n_\alpha + e)}{n+e}$$

$$(n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta) = n_\alpha \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \delta$$

$$n_\alpha = \frac{(n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta) - e \cdot \cos \delta}{\cos \delta}$$

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{Q \cdot [(n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta) - e \cdot \cos \delta]}{p \cdot \cos \delta} \\
 R_M &= Q - R_A = Q - \frac{Q \cdot [(n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta) - e \cdot \cos \delta]}{p \cdot \cos \delta} = \\
 &= \frac{Q \cdot p \cdot \cos \delta - Q[(n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta) - e \cdot \cos \delta]}{p \cdot \cos \delta} = \\
 &= \frac{Q \cdot [p \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \delta - (n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta)]}{p \cdot \cos \delta} = \\
 &= \frac{Q \cdot [\cos \delta \cdot (p+e) - (n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta)]}{p \cdot \cos \delta} \\
 R_B &= \frac{R_M}{2} = \frac{Q \cdot [\cos \delta \cdot (p+e) - (n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta)]}{2 \cdot p \cdot \cos \delta} \\
 R_C &= \frac{R_M}{2} = \frac{Q \cdot [\cos \delta \cdot (p+e) - (n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta)]}{2 \cdot p \cdot \cos \delta}
 \end{aligned}$$

Si la caja basculante estuviera en el momento de inicio de vuelco, es decir, para un ángulo de basculación  $\alpha = 0$ , sustituyendo en las ecuaciones de las reacciones por eje, tenemos:

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{Q \cdot [(n+e) \cdot \cos(\alpha + \delta) - e \cdot \cos \delta]}{p \cdot \cos \delta} = \\
 &= \frac{Q \cdot [(n+e) - e]}{p} = \\
 R_A &= \frac{Q \cdot \left[ \frac{L}{2} - (a + 450) \right]}{p}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_M &= \frac{Q \cdot [\cos \delta \cdot (p + e) - (n + e) \cdot \cos(\alpha + \delta)]}{p \cdot \cos \delta} = \\
 R_M &= \frac{Q \cdot [p \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \delta - n \cdot \cos(\delta) - e \cdot \cos(\delta)]}{p \cdot \cos \delta} = \\
 &= \frac{Q \cdot [p - n]}{p} = \\
 &= \frac{Q \cdot \left[ \frac{L}{2} + m \right]}{p} \\
 R_B &= \frac{R_M}{2} = \frac{Q \cdot \left[ \frac{L}{2} + m \right]}{2 \cdot p} \\
 R_C &= \frac{R_M}{2} = \frac{Q \cdot \left[ \frac{L}{2} + m \right]}{2 \cdot p}
 \end{aligned}$$

Como era de esperar, para el vehículo en reposo en el instante inicial de vuelco de la caja basculante, sus reacciones por eje coinciden con las reacciones calculadas en el caso del vehículo en régimen de marcha.

Con las ecuaciones de las reacciones dependientes del ángulo de basculación podemos calcular las cargas por eje que soporta el vehículo en cualquier instante, desde el inicio de vuelco hasta el final, para el cual se ha considerado de  $45^\circ$  como ángulo máximo.

A continuación se calcula los esfuerzos que actúan sobre las articulaciones del basculante, es decir, los puntos de articulación con el cilindro hidráulico de elevación del volquete y sobre el bulón que permite el giro del mismo.

Designamos por  $R_1$  el esfuerzo que actúa sobre el eje de articulación de la caja de carga (punto  $O_1$ ), y por  $R_2$  la que ejerce el vástago del cilindro elevador de la caja (punto  $O_3$ ), de la figura 4 se deduce, teniendo en cuenta que el esfuerzo  $R_1$  es función de la carga  $Q$  y de la posición de ésta con respecto a dicha articulación, mientras que el esfuerzo  $R_2$  es función del empuje que ejerce el vástago del cilindro elevador.

### 3.5.2.1 Esfuerzo sobre el punto de articulación de la caja basculante (R<sub>1</sub>):

- Punto inicial,  $\alpha = 0^\circ$

Tomando momentos respecto del punto  $O_2$  de la figura 4

$$\sum M_{O_2} = 0 = Q \cdot \left[ c - \left( \frac{L}{2} - f \right) \right] - R_1 \cdot c$$

$$R_1 = Q \cdot \left[ 1 - \frac{1}{c} \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) \right] = 8667 \text{ Kg} = 86670 \text{ N}$$

- Con inclinación  $\alpha = 45^\circ$

De cara al cálculo de los momentos, es necesario calcular las distancias proyectadas sobre la horizontal desde los puntos de articulación  $O_1$  y  $O_2$  al centro de gravedad de la caja basculante cargada (punto medio de la misma).

$$O_1 M = \frac{\frac{L}{2} - f}{\cos \delta}$$

Este valor ( $O_1 M$ ) es fijo, y depende de las dimensiones de la caja, altura de la carga, etc.

$$O_1 M = O_1 M'$$

$$n_\alpha + e = O_1 M' \cdot \cos(\alpha + \delta) = \frac{\frac{L}{2} - f}{\cos \delta} \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$O_2 M'' = O_1 O_2 - (n_\alpha + e) = c - \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta}$$

Tomando momentos respecto del punto  $O_2$ , se tiene:

$$R_1 \cdot c = Q \cdot O_2 M''$$

$$R_1 \cdot c = Q \cdot \left[ c - \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \right]$$

Lógicamente el c.d.g. de la carga no debe nunca alcanzar los  $90^\circ$  con respecto al bastidor, pues esto daría lugar a que la proyección  $n_\alpha$  fuese menor que cero ( $n_\alpha < 0$ ) y disminuiría mucho la carga sobre el eje delantero, pudiendo incluso llegar a un valor menor que cero ( $R'_A + R_A < 0$ ), produciéndose el vuelco del vehículo.

La inclinación de la caja debe limitarse para que  $n_\alpha \geq 0$ , y que además la mercancía se descargue sin la intervención humana (normalmente para  $\alpha \leq 45^\circ$ ).

$$R_1(\alpha = 45^\circ) = Q \cdot \left[ 1 - \frac{\left( \frac{L}{2} - f \right)}{c} \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \right] = 13522 \text{Kg} = 135220 \text{N}$$

Se puede comprobar para este caso, que si la carga estuviera en su posición horizontal ( $\alpha = 0^\circ$ ) obtendríamos la misma ecuación necesaria demostrada en el primer caso.

$$R_1(\alpha = 0^\circ) = Q \cdot \left[ 1 - \frac{\left(\frac{L}{2} - f\right)}{c} \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \right] = Q \cdot \left[ 1 - \frac{\left(\frac{L}{2} - f\right)}{c} \right] = 8667 \text{Kg} = 86670 \text{N}$$

### 3.5.2.2 Esfuerzo sobre el punto de articulación del cilindro hidráulico ( $R_2$ para inicio de basculación a $0^\circ$ y $R_3$ para ángulos distintos de $0^\circ$ )

Partiendo del esquema de la figura 4, la componente del esfuerzo sobre el cilindro  $R_2$  viene dado de la siguiente forma

$$R_2 = \frac{R''_2}{\operatorname{sen} \gamma}$$

Tomando momentos respecto del eje de articulación de la caja de carga (punto  $O_1$ ), se tiene:

$$R''_2 \cdot c - F \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) + F_1 \cdot h = 0$$

Pero:  $F = Q \cdot \cos \alpha ; F_1 = Q \cdot \operatorname{sen} \alpha ; h = \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot \operatorname{tg} \delta$

$$R''_2 = \frac{Q \cdot \cos \alpha \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) - Q \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot \operatorname{tg} \delta}{c} =$$

$$= \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot [\cos \alpha - \operatorname{sen} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta]}{c}$$

$$R_2 = \frac{R''_2}{\operatorname{sen} \gamma} = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot [\cos \alpha - \operatorname{sen} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta]}{c \cdot \operatorname{sen} \gamma}$$

Pero:

$$\gamma = \beta = 90 - \frac{\alpha}{2}; \quad \operatorname{sen} \gamma = \operatorname{sen} \beta = \operatorname{sen} \left( 90 - \frac{\alpha}{2} \right) = \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$R_2 = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot [\cos \alpha - \operatorname{sen} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta]}{c \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} =$$

$$= \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot \left[ \cos \alpha - \operatorname{sen} \alpha \cdot \frac{\operatorname{sen} \delta}{\cos \delta} \right]}{c \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} =$$

$$= \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot [\cos \alpha \cdot \cos \delta - \operatorname{sen} \alpha \cdot \operatorname{sen} \delta]}{c \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \delta} =$$

$$= \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right)}{c} \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}$$

El valor mínimo de  $R_2$  se obtendrá cuando:

$$\frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} = 0$$

Para que esto se cumpla, es preciso que  $\cos(\alpha + \delta) = 0$ , es decir  $(\alpha + \delta) = 90^\circ$ .

$$R_2(\text{mínimo}) = 0$$

El valor máximo de  $R_2$  se obtendrá cuando la siguiente expresión:

$$\frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}$$

tome su valor máximo, y esto se verifica cuando  $\alpha = 0$ .

En efecto:

$$\frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \delta - \sin \alpha \cdot \sin \delta}{\cos \delta \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{\cos \alpha}{\cos \frac{\alpha}{2}} - \frac{\sin \alpha}{\cos \frac{\alpha}{2}} \cdot \tan \delta$$

Pero:

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}} = 2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

Por consiguiente:

$$\frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{\cos \alpha}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \tan \delta$$

La relación:

$$\frac{\cos \alpha}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

Va aumentando a medida que disminuye  $\alpha$ , tomando el valor de 1 cuando  $\alpha = 0$ .

La expresión:

$$2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

va disminuyendo a la vez que lo hace  $\alpha$ , tomando el valor de cero cuando  $\alpha = 0$ . Por tanto al disminuir  $\alpha$  aumenta el minuendo y disminuye el sustraendo, no influyendo  $\operatorname{tg}\delta$  por ser un valor fijo independiente de  $\alpha$ . Por consiguiente la diferencia va aumentándose a medida que disminuye  $\alpha$ , tomando su valor máximo de 1, para  $\alpha = 0$ .

Por lo tanto:

$$\frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} = 1$$

es su valor máximo cuando  $\alpha = 0$ .

$$R_2(\text{máximo}) = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right)}{c}$$

Lógicamente para  $\alpha = 0$ , la caja de carga se encuentra en posición horizontal y apoyada sobre el bastidor del vehículo o sobre un falso bastidor, por lo que en esta posición los esfuerzos  $R_1$  y  $R_2$  son nulos, pero tan pronto como comienza la elevación toman los valores que se han obtenido analíticamente.

De todo ello se deduce que los cálculos de resistencia del cilindro de elevación han de hacerse para  $\alpha = 0$ . De igual forma los cálculos del bastidor han de hacerse conjuntamente con  $R_1$  y  $R_2$  máximo.

Para los esfuerzos cortantes y momentos flectores, que sirven de base para los cálculos del bastidor (de sus largueros principales), en cualquier punto que no sea el instante inicial o comienzo de basculación, es decir, para valores  $\alpha \neq 0$  se realizan con las fuerzas perpendiculares a éstos, por lo que en lugar de  $R_2$  hay que tomar su componente  $R_3$  perpendicular al bastidor y aplicada sobre el punto de articulación  $O_2$

$$R_3 = R_2 \cdot \cos \theta$$

$$\beta = \gamma = 90 - \frac{\alpha}{2}$$

$$\theta = 90 - \gamma = 90 - \left( 90 - \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{\alpha}{2}$$

$$R_3 = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right)}{c} \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta}$$

Esta componente se puede calcular sencillamente también mediante la expresión de suma de fuerzas verticales, en las cuales intervienen la carga total del volquete cargado, la reacción sobre el punto de giro de la caja y la reacción sobre el punto de articulación del cilindro hidráulico, llegando a la misma conclusión de cálculo:

$$R_1 + R_3 = Q$$

$$R_3 = Q - R_1 =$$

$$= Q - Q \cdot \left[ 1 - \frac{\frac{L}{2} - f}{c} \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \right] =$$

$$= Q \left[ 1 - \left[ 1 - \frac{\frac{L}{2} - f}{c} \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \right] \right] =$$

$$= Q \left[ \frac{\frac{L}{2} - f}{c} \cdot \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \right]$$

En el límite máximo de inclinación del c.d.g. de la carga,  $\alpha + \delta = 90^\circ$ ;  $\cos(\alpha + \delta) = 0$ , se verifica:

$$R_3(\text{mínimo}) = 0$$

En el límite mínimo de inclinación de la caja de carga,  $\alpha = 0$ , se verifica:

$$R_3(\text{máx.}) = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right)}{c} = R_2$$

Los valores de los esfuerzos en el punto de articulación del cilindro hidráulico se resumen a continuación para los dos casos críticos del momento de basculación del volquete:

- Inicio de vuelco,  $\alpha = 0^\circ$

$$R_2 = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right)}{c} = 9043Kg = 90430N$$

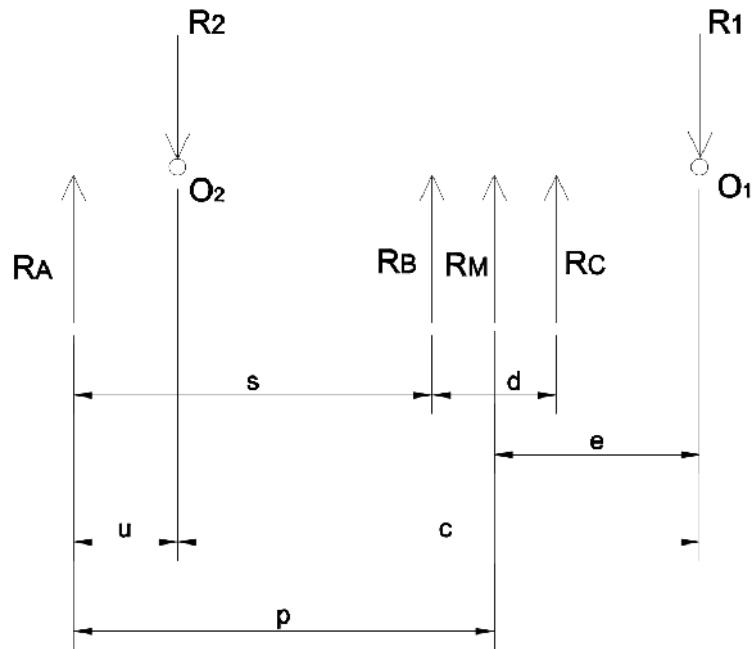
- Final de vuelco,  $\alpha = 45^\circ$

$$R_3 = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - f \right) \cdot \cos(\alpha + \delta)}{c \cdot \cos \delta} = 4187,5Kg = 41875N$$

Las reacciones por eje debidas a dichos esfuerzos, para cada caso, son:

- Inicio de vuelco,  $\alpha = 0^\circ$

La figura 5 representa el esquema de cargas para el caso del vehículo con el volquete a  $0^\circ$ .



**figura 5. Reparto de carga inicio de vuelco ( $\alpha = 0^\circ$ )**

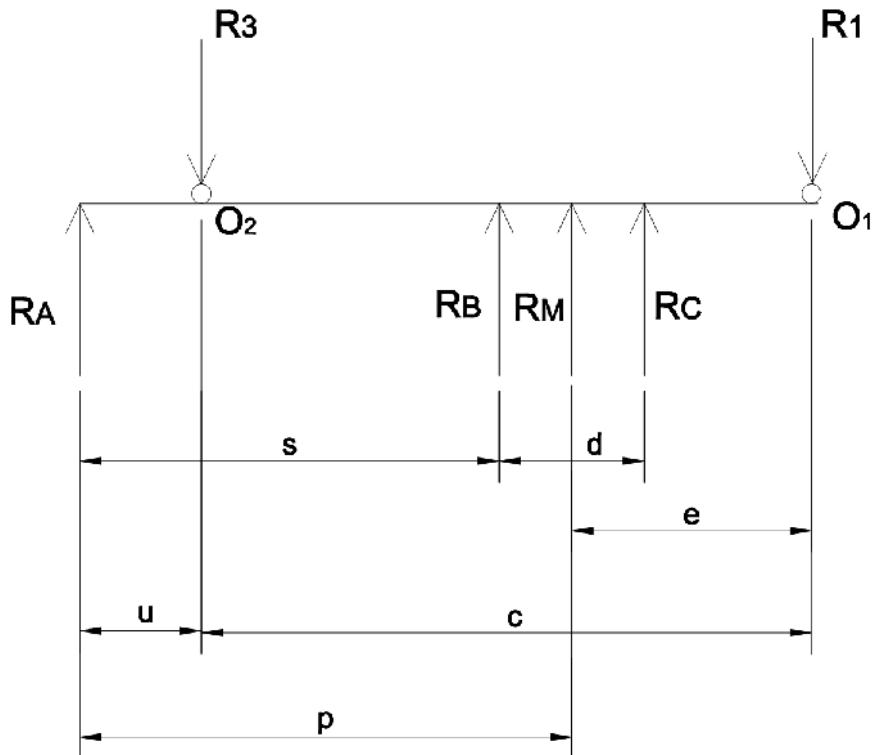
En el cálculo de las reacciones por eje coinciden con el caso de vehículo en régimen de circulación o de marcha, ya calculado.

**tabla 31. Reparto de carga por eje en el inicio de basculación (volquete a  $0^\circ$ )**

	$R_A$ (N)	$R_B$ (N)	$R_C$ (N)	<b>TOTAL (N)</b>
<b>TARA</b>	45600	18650	18650	82900
<b>CAJA +CARGA</b>	25840	75630	75630	177100
<b>TOTAL</b>	71440	94280	94280	260000

- Final de vuelco,  $\alpha = 45^\circ$

La figura que se muestra a continuación representa el esquema de cargas para el caso del vehículo con el volquete a  $45^\circ$ .



**figura 6. Reparto de cargas final de vuelco ( $\alpha = 45^\circ$ )**

Tomando momentos en el primer eje según la figura 6:

$$\sum_i M_A = 0 = -R_3 \cdot u + R_B \cdot s + R_C \cdot (s + d) - R_1 \cdot (u + c)$$

Considerando:

$$R_B = R_C = \frac{R_M}{2}$$

Se obtiene:

$$R_M = \frac{2}{2 \cdot u + 2 \cdot (s-u) + d} \cdot \left[ R_1 \cdot \left( s + \frac{d}{2} + e \right) + R_3 \cdot u \right] = 21148Kg = 211480N$$

$$R_B = R_C = \frac{R_M}{2} = 10574Kg = 105740N$$

Tomando momentos respecto del segundo eje:

$$\sum M_B = 0 = -R_A \cdot s + R_3 \cdot (s - u) + R_C \cdot d - R_l \cdot \left( e + \frac{d}{2} \right)$$

$$R_A = \frac{1}{s} \cdot \left[ R_3 \cdot (s - u) + R_C \cdot d - R_l \cdot \left( e + \frac{d}{2} \right) \right] = -3438,5 \text{Kg} = -34385 \text{N}$$

$$R_{A_{total}} = R_{A(tara)} + R_A = 4560 - 3438,5 = 1121,5 \text{Kg} = 11215 \text{N} < MTMA_A$$

$$R_{B_{total}} = R_{B(tara)} + R_B = 1865 + 10574 = 12439 \text{Kg} = 124390 \text{N} < MTMA_B$$

$$R_{C_{total}} = R_{C(tara)} + R_C = 1865 + 10574 = 12439 \text{Kg} = 124390 \text{N} < MTMA_C$$

Cumple con los requisitos de seguridad al no sobrepasar los MTMA por ejes. La tabla 32 representa un cuadro resumen de los repartos por eje de la carga para este caso (45°)

**tabla 32. Reparto de cargas por eje para final de basculación (volquete a 45°)**

	$R_A$ (N)	$R_B$ (N)	$R_C$ (N)	<b>TOTAL (N)</b>
<b>TARA</b>	45600	18650	18650	82900
<b>CAJA +CARGA</b>	-34385	105740	105740	177100
<b>TOTAL</b>	11215	124390	124390	260000

A continuación se realizan los cálculos analíticos de los esfuerzos cortantes y momentos flectores de cada uno de estos casos, así como su representación en forma de diagrama de esfuerzos a lo largo de todo el bastidor del vehículo, con objeto de analizar los puntos de máxima tensión, para con ello comprobar si el perfil del bastidor es o no el idóneo, e intentar si con refuerzos debidamente calculados pueda satisfacer a los trabajos

que ha de realizar el vehículo con las máximas garantías, o bien descartar la idea de reforzar, construyendo un bastidor acorde a los citados trabajos.

No hay que olvidar que la construcción de bastidores sólo los pueden hacer sus fabricantes o los del vehículo, por lo que el taller reparador no suele tener generalmente licencia para fabricar y posteriormente grabar su numeración.

### **3.5.3 Cálculo estructural (esfuerzos cortantes y flectores)**

Con objeto de aclarar ideas sobre la teoría de los esfuerzos cortantes y momentos flectores, a continuación se dan normativas para que el lector que no domine la materia o simplemente no recuerde el sentido que toma los esfuerzos cortantes y momentos flectores con respecto a una linea horizontal (x – x) de referencia.

#### **Esfuerzos cortantes**

- Se da un sentido positivo a las fuerzas que intervienen en el sistema. Por ejemplo, las fuerzas que actúan de abajo hacia arriba (reacciones) se las consideran de sentido (+), y por consiguiente las que actúan de arriba hacia abajo (acciones) se las consideran de sentido (-).
- Se dan tantas secciones  $\alpha - \beta$  como requiera el sistema con objeto de ver la variación de la resultante de las fuerzas proyectadas sobre cada una de estas secciones. El sentido de las fuerzas proyectadas será (+) cuando se realiza de izquierda a derecha, y por consiguiente será (-) cuando se verifica lo contrario.
- El sentido de los esfuerzos cortantes con respecto a la línea horizontal x-x lo determina el sentido de las fuerzas y el de los desplazamientos de éstas sobre las secciones  $\alpha - \beta$ .

### Momentos flectores

- A los momentos flectores también hay que darles un sentido de giro. Se pueden considerar (+) cuando al tomar momentos de las fuerzas con respecto a cualquier sección  $\alpha - \beta$ , el sentido de giro de éstas es el de las agujas del reloj, y por consiguiente se considerarán negativos cuando se verifique lo contrario.

Aclarados los sentidos que toman los esfuerzos cortantes y momentos flectores de cualquier sistema de fuerzas paralelas y perpendiculares a un sólido, se realiza a continuación los cálculos y diagramas de los mismos, sobre el bastidor del vehículo volquete, en la posición de marcha y de vuelco de la mercancía.

#### 3.5.3.1 En posición de marcha

En esta posición se considera que la carga se encuentra uniformemente repartida a lo largo y ancho de la caja de carga como indica la figura 3

El reparto de cargas ya calculado anteriormente en el apartado 3.5.1, es:

$$R_A = 2583.9 \text{ kg} = 25839 \text{ N}$$

$$R_B = 7563 \text{ Kg} = 75630 \text{ N}$$

$$R_C = 7563 \text{ Kg} = 75630 \text{ N}$$

A continuación se realizará el estudio de los esfuerzos cortantes y momentos flectores por secciones:

$$0 \leq x \leq m$$

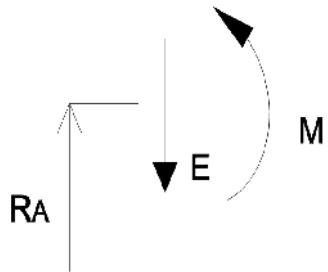


figura 7. Vehículo en régimen de marcha. Sección 1<sup>a</sup> ( $\alpha_1\beta_1$ )

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 7, obtenemos:

$$E_{\alpha_1\beta_1} = R_A$$

$$M_{\alpha_1\beta_1} = R_A \cdot x$$

Para  $x = m = 500 \text{ mm}$

$$\begin{cases} E_{\alpha_1\beta_1} = R_A = 25839 \text{ N} \\ M_{\alpha_1\beta_1} = R_A \cdot m = 1,292 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{cases}$$

$$m \leq x \leq s$$

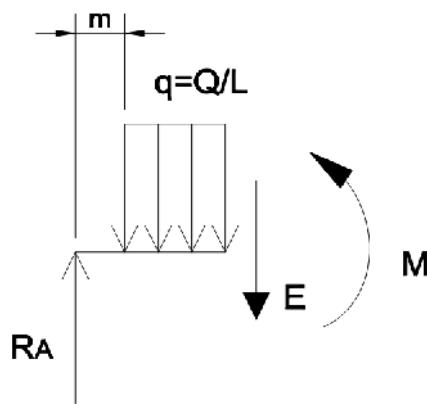


figura 8. Vehículo en régimen de marcha. Sección 2<sup>a</sup> ( $\alpha_2\beta_2$ )

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 8, obtenemos:

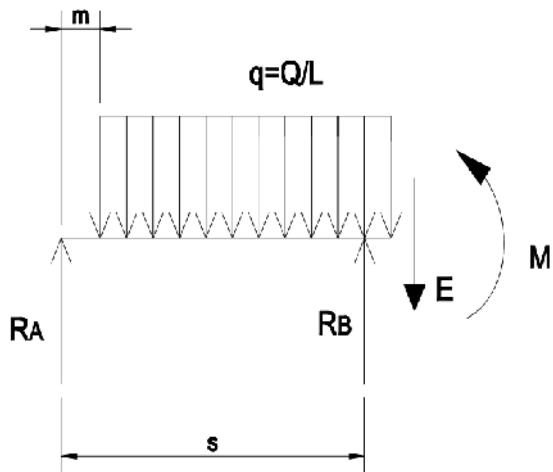
$$E_{\alpha_2\beta_2} = R_A - \frac{Q}{L} \cdot (x - m)$$

$$M_{\alpha_2\beta_2} = R_A \cdot x - \frac{Q}{2 \cdot L} \cdot (x - m)^2$$

Para  $x = s = 3900 \text{ mm}$

$$\begin{cases} E_{\alpha_2\beta_2} = R_A - \frac{Q}{L} \cdot (s - m) = -62516 \text{ N} \\ M_{\alpha_2\beta_2} = R_A \cdot s - \frac{Q}{2 \cdot L} \cdot (s - m)^2 = -4,9431 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{cases}$$

$$s \leq x \leq s + d$$



**figura 9. Vehículo en régimen de marcha. Sección 3<sup>a</sup> ( $\alpha_3\beta_3$ )**

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 9, obtenemos:

$$E_{\alpha_3\beta_3} = R_A + R_B - \frac{Q}{L} \cdot (x - m)$$

$$M_{\alpha_3\beta_3} = R_A \cdot x + R_B \cdot (x - s) - \frac{Q}{2 \cdot L} \cdot (x - m)^2$$

Para:  $x = s + d = 5250 \text{ mm}$  :

$$\begin{cases} E_{\alpha_3\beta_3} = R_A + R_B - \frac{Q}{L} \cdot (s + d - m) = -21968N \\ M_{\alpha_3\beta_3} = R_A \cdot (s + d) + R_B \cdot (s + d - s) - \frac{Q}{2 \cdot L} \cdot (s + d - m)^2 = -5,5407 \cdot 10^7 Nmm \end{cases}$$

$$s + d \leq x \leq L + m$$

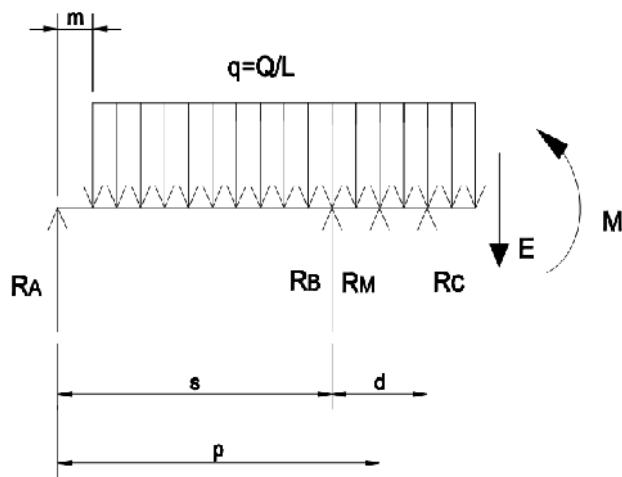


figura 10. Vehículo en régimen de marcha. Sección 4<sup>a</sup> ( $\alpha_4\beta_4$ )

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 10, obtenemos:

$$E_{\alpha_4\beta_4} = R_A + R_B + R_C - \frac{Q}{L} \cdot (x - m)$$

$$M_{\alpha_4\beta_4} = R_A \cdot x + R_B \cdot (x - s) + R_C \cdot (x - (s + d)) - \frac{Q}{2 \cdot L} \cdot (x - m)^2$$

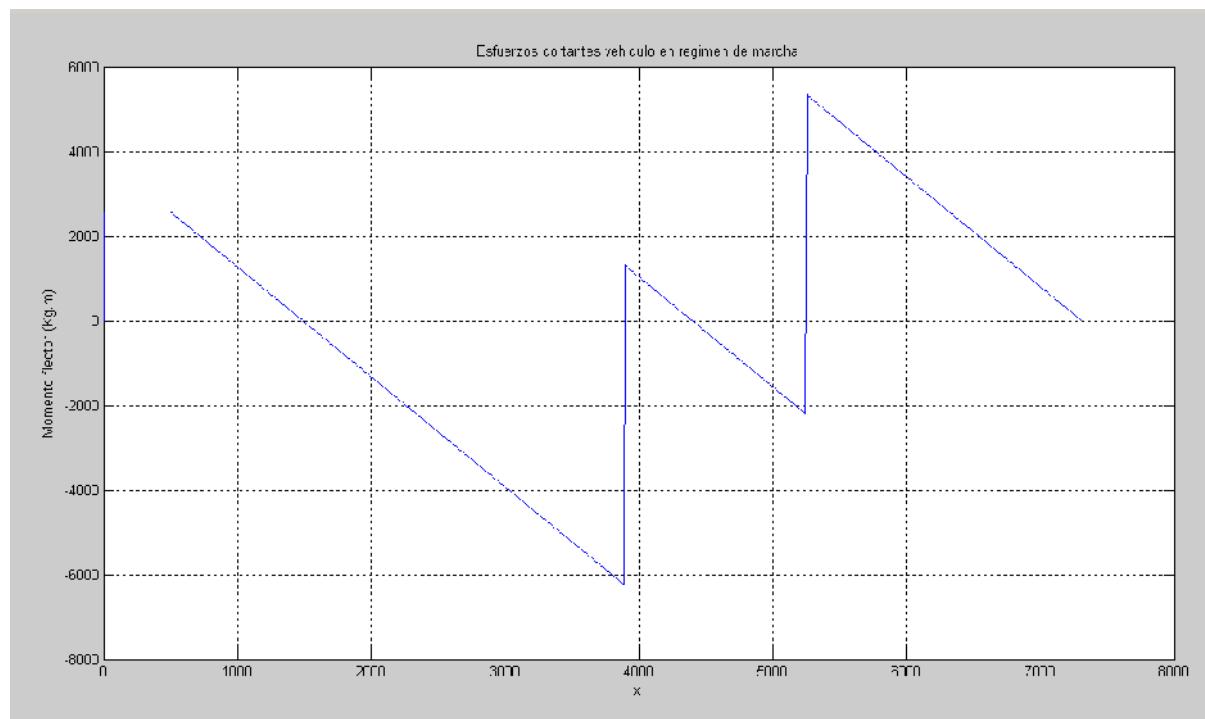
Para  $x = L + m = 7315 \text{ mm}$  :

$$\begin{cases} E_{\alpha_4\beta_4} = R_A + R_B + R_C - \frac{Q}{L} \cdot (L + m - m) = 0N \\ M_{\alpha_4\beta_4} = R_A \cdot (L + m) + R_B \cdot (L + m - s) - R_C \cdot (L + m - (s + d)) - \frac{Q}{2 \cdot L} \cdot (L + m - m)^2 = 7.4506 \cdot 10^{-8} = 0Nmm \end{cases}$$

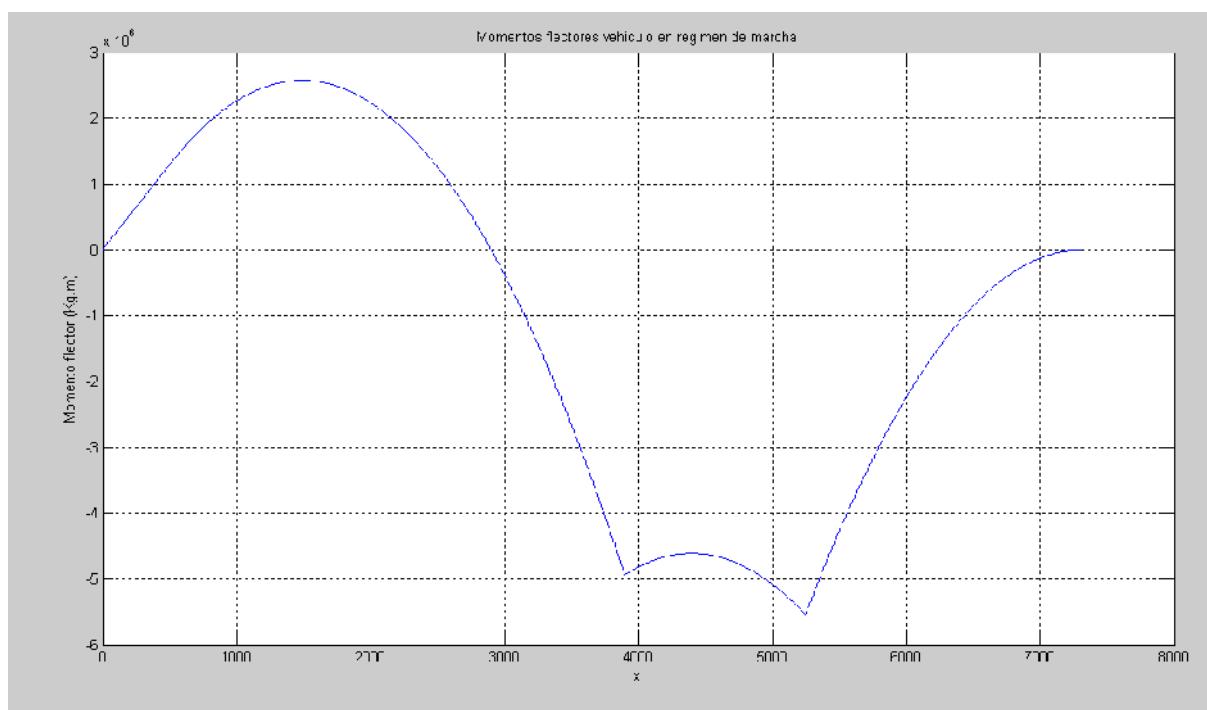
### 3.5 Seguridad en la conducción y vuelco

Una vez realizado el cálculo estructural por secciones, obtenemos gráficamente los trazados de esfuerzos cortantes y momentos flectores en figura 11 y figura 12

### Capítulo 3: Cálculos justificativos de la reforma realizada



**figura 11. Diagramas de esfuerzos cortantes en régimen de marcha**



**figura 12. Diagrama de esfuerzos flectores en régimen de marcha**

### 3.5.3.2 En posición de vuelco

En esta posición se precisa el estudio para los casos  $\alpha = 0$  y  $\alpha = \alpha_{máximo} = 45^\circ$ , ya que según hemos visto, para  $\alpha = 0$  el esfuerzo  $R_2$  del vástago de elevación de la caja es máximo, mientras que el esfuerzo  $R_1$  de articulación de la caja es mínimo, y para  $\alpha = \alpha_{máximo}$ ,  $R_1$  es máximo y  $R_2$  mínimo.

Los cálculos de las reacciones se realizarán partiendo de las ecuaciones detalladas en el apartado 3.5.2.

#### 3.5.3.2.1 Para $\alpha = 0$

En esta posición se considera que la carga se encuentra repartida según lo indica la figura 5.

Reacción en articulaciones:

$$R_1 = 8667Kg = 86670N$$

$$R_2 = 9043Kg = 90430N$$

Reacción en ejes:

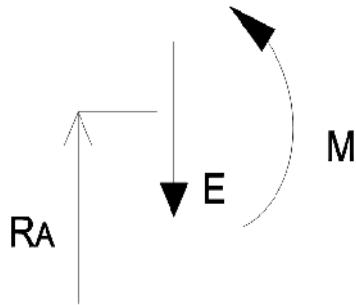
$$R_A = 2583,9Kg = 25839N$$

$$R_B = 7563Kg = 75630N$$

$$R_C = 7563Kg = 75630N$$

A continuación se realizará el estudio de los esfuerzos cortantes y momentos flectores por secciones:

$$0 \leq x \leq u$$



**figura 13. Vehículo en instante inicial de vuelco (0°). Sección 1<sup>a</sup> ( $\alpha_1 \beta_1$ )**

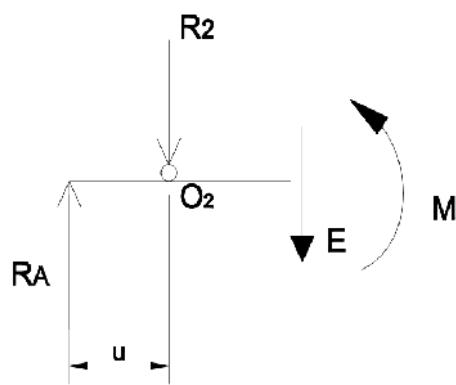
Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 13, obtenemos:

$$E_{\alpha_1 \beta_1} = R_A$$

$$M_{\alpha_1 \beta_1} = R_A \cdot x$$

$$\text{Para } x = u = 1130,5 \text{ mm} \quad \begin{cases} E_{\alpha_1 \beta_1} = R_A = 25839 \text{ N} \\ M_{\alpha_1 \beta_1} = R_A \cdot u = 2,9211 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{cases}$$

$$u \leq x \leq s$$



**figura 14. Vehículo en instante inicial de vuelco (0°). Sección 2<sup>a</sup> ( $\alpha_2 \beta_2$ )**

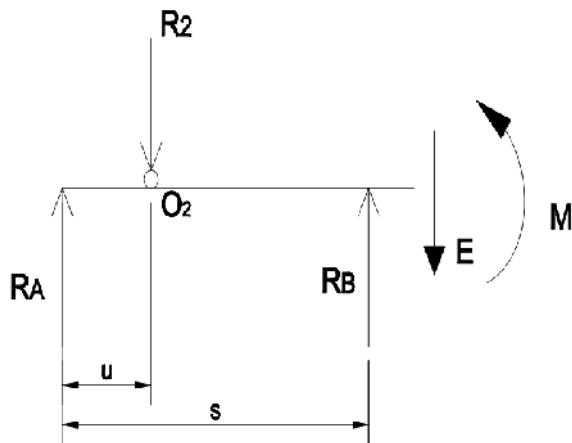
Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 14, obtenemos:

$$E_{\alpha_2\beta_2} = R_A - R_2$$

$$M_{\alpha_2\beta_2} = R_A \cdot x - R_2 \cdot (x - u)$$

$$\text{Para } x = s = 3900 \text{ mm} \quad \begin{cases} E_{\alpha_2\beta_2} = R_A - R_2 = -64591N \\ M_{\alpha_2\beta_2} = R_A \cdot s - R_2 \cdot (s - u) = -1,4967 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{cases}$$

$$s \leq x \leq s + d$$



**figura 15. Vehículo en instante inicial de vuelco (0°). Sección 3<sup>a</sup> ( $\alpha_3\beta_3$ )**

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 15, obtenemos:

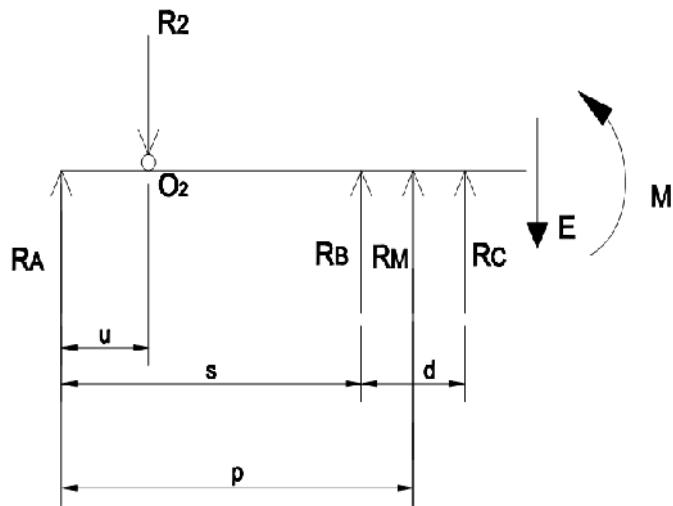
$$E_{\alpha_3\beta_3} = R_A + R_B - R_2$$

$$M_{\alpha_3\beta_3} = R_A \cdot x + R_B \cdot (x - s) - R_2 \cdot (x - u)$$

Para  $x = s + d = 5250 \text{ mm}$  :

$$\begin{cases} E_{\alpha_3\beta_3} = R_A + R_B - R_2 = 11039N \\ M_{\alpha_3\beta_3} = R_A \cdot (s + d) + R_B \cdot d - R_2 \cdot (s - u + d) = -1,3477 \cdot 10^8 \text{ Nmm} \end{cases}$$

$$s + d \leq x \leq p + e$$



**figura 16. Vehículo en instante inicial de vuelo (0°). Sección 4<sup>a</sup> ( $\alpha_4\beta_4$ )**

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 16, obtenemos:

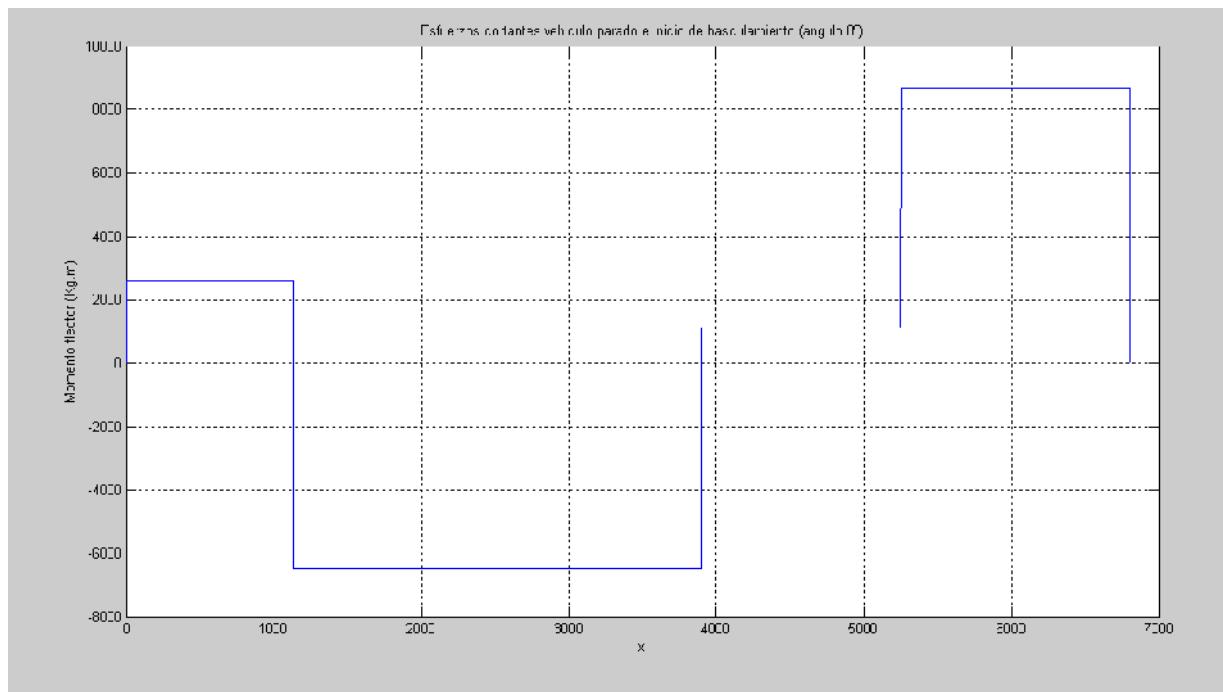
$$E_{\alpha_4\beta_4} = R_A + R_B + R_C - R_2 = Q - R_2 = R_l$$

$$M_{\alpha_4\beta_4} = R_l \cdot x + R_2 \cdot u - R_B \cdot s - R_C \cdot (s + d)$$

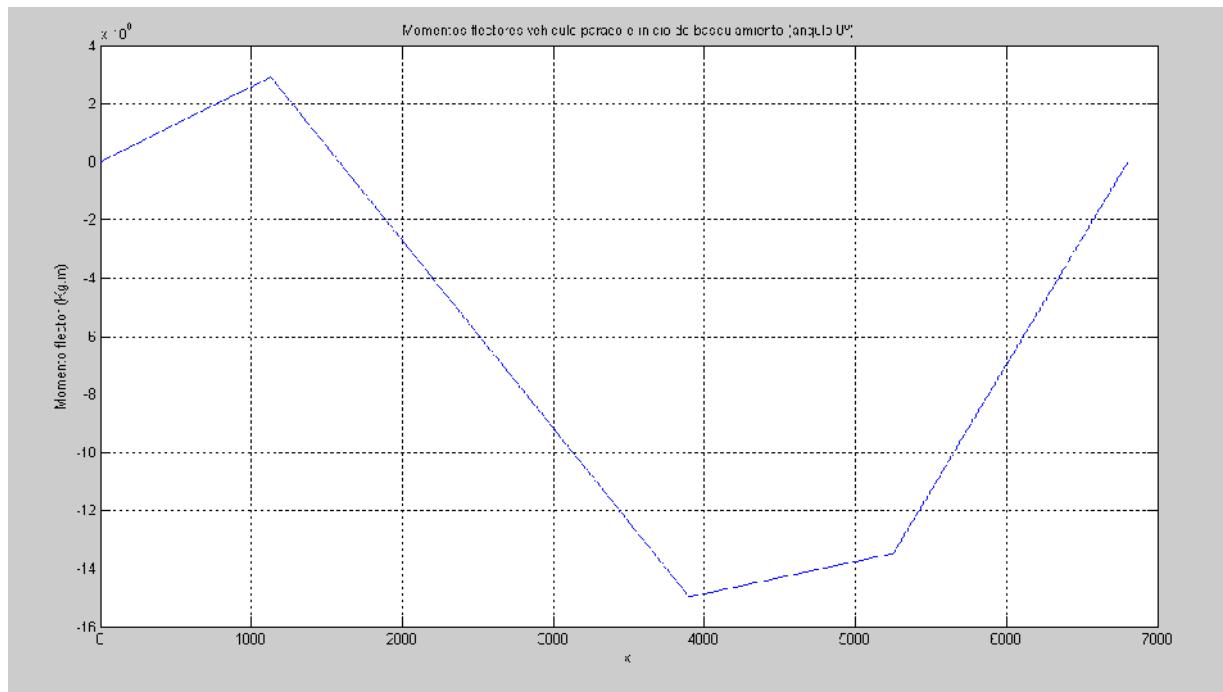
$$\text{Para } x = p + e = 6805 \text{ mm} \quad \begin{cases} E_{\alpha_4\beta_4} = R_l = 86670 \text{ N} \\ M_{\alpha_4\beta_4} = R_l \cdot (p + e) + R_2 \cdot u - R_B \cdot s - R_C \cdot (s + d) = 0 \text{ Nmm} \end{cases}$$

Una vez realizado el cálculo estructural por secciones, obtenemos gráficamente los trazados de esfuerzos cortantes y momentos flectores en figura 17 y figura 18

### 3.5 Seguridad en la conducción y vuelco



**figura 17. Diagrama de esfuerzos cortantes para vehículo parado y volquete a  $0^\circ$**



**figura 18. Diagrama de esfuerzos flectores para vehículo parado y volquete a  $0^\circ$**

### 3.5.3.2.2 Para $\alpha = 45$

En esta posición se considera que la carga se encuentra repartida según lo indica la figura 6.

Reacción en articulaciones:

$$R_1 = 13522Kg = 135220N$$

$$R_3 = 4187,5Kg = 41875N$$

Reacción en ejes:

$$R_A = -3438,5Kg = -34385N$$

$$R_B = 10574Kg = 105740N$$

$$R_C = 10574Kg = 105740N$$

A continuación se realizará el estudio de los esfuerzos cortantes y momentos flectores por secciones:

$$0 \leq x \leq u$$

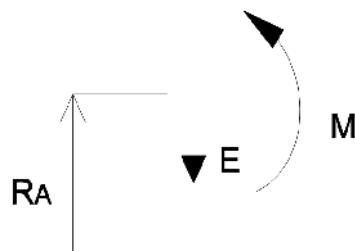


figura 19. Vehículo en final de vuelco (45°). Sección 1<sup>a</sup> ( $\alpha_1\beta_1$ )

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 19, obtenemos:

$$E_{\alpha_1\beta_1} = R_A$$

$$M_{\alpha_1\beta_1} = R_A \cdot x$$

$$\text{Para } x = u = 1130,5 \text{ mm} \quad \begin{cases} E_{\alpha_1\beta_1} = R_A = -34385 \text{ N} \\ M_{\alpha_1\beta_1} = R_A \cdot u = -3,8872 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{cases}$$

$$u \leq x \leq s$$

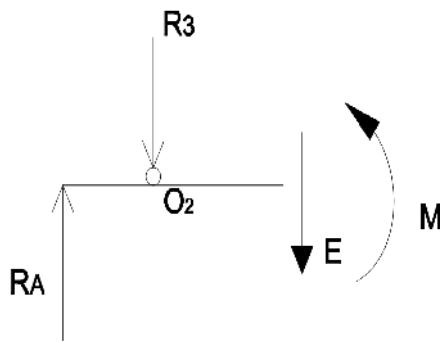


figura 20. Vehículo en final de vuelco (45°). Sección 2ª ( $\alpha_2\beta_2$ )

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 20, obtenemos:

$$E_{\alpha_2\beta_2} = R_A - R_3$$

$$M_{\alpha_2\beta_2} = R_A \cdot x - R_3 \cdot (x - u)$$

$$\text{Para } x = s = 3900 \text{ mm} \quad \begin{cases} E_{\alpha_2\beta_2} = R_A - R_3 = -76260 \text{ N} \\ M_{\alpha_2\beta_2} = R_A \cdot s - R_3 \cdot (s - u) = -2,5 \cdot 10^8 \text{ Nmm} \end{cases}$$

$$s \leq x \leq s + d$$

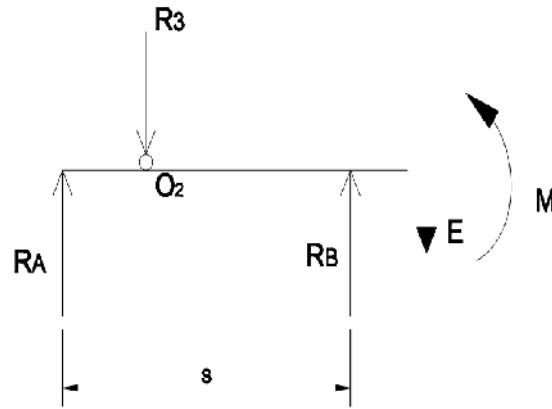


figura 21. Vehículo en final de vuelco (45°). Sección 3<sup>a</sup> ( $\alpha_3 \beta_3$ )

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 21, obtenemos:

$$E_{\alpha_3 \beta_3} = R_A + R_B - R_3$$

$$M_{\alpha_3 \beta_3} = R_A \cdot x + R_B \cdot (x - s) - R_3 \cdot (x - u)$$

Para  $x = s + d = 5250 \text{ mm}$  :

$$\begin{cases} E_{\alpha_3 \beta_3} = R_A + R_B - R_3 = 29482 \text{ N} \\ M_{\alpha_3 \beta_3} = R_A \cdot (s + d) + R_B \cdot d - R_3 \cdot (s - u + d) = -2,1027 \cdot 10^8 \text{ Nmm} \end{cases}$$

$$s + d \leq x \leq p + e$$

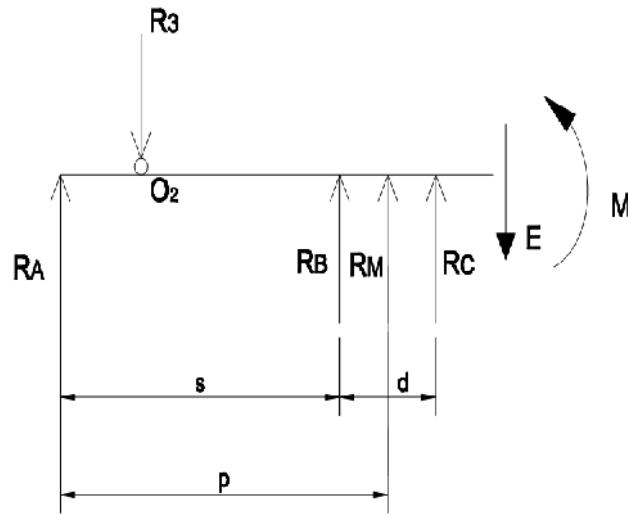


figura 22. Vehículo en final de vuelco (45°). Sección 4<sup>a</sup> ( $\alpha_4\beta_4$ )

Aplicando suma de fuerzas vertical y momentos a la figura 22, obtenemos:

$$E_{\alpha_4\beta_4} = R_A + R_B + R_C - R_3 = Q - R_3 = R_1$$

$$M_{\alpha_4\beta_4} = R_1 \cdot x + R_3 \cdot u - R_B \cdot s - R_C \cdot (s + d)$$

Para  $x = p + e = 6805 \text{ mm}$  :

$$\begin{cases} E_{\alpha_4\beta_4} = R_1 = 135220 \text{ N} \\ M_{\alpha_4\beta_4} = R_1 \cdot (p + e) + R_3 \cdot u - R_B \cdot s - R_C \cdot (s + d) = -7,45 \cdot 10^{-9} = 0 \text{ Nmm} \end{cases}$$

Una vez realizado el cálculo estructural por secciones, obtenemos gráficamente los trazados de esfuerzos cortantes y momentos flectores en figura 23 y figura 24.

## Capítulo 3: Cálculos justificativos de la reforma realizada

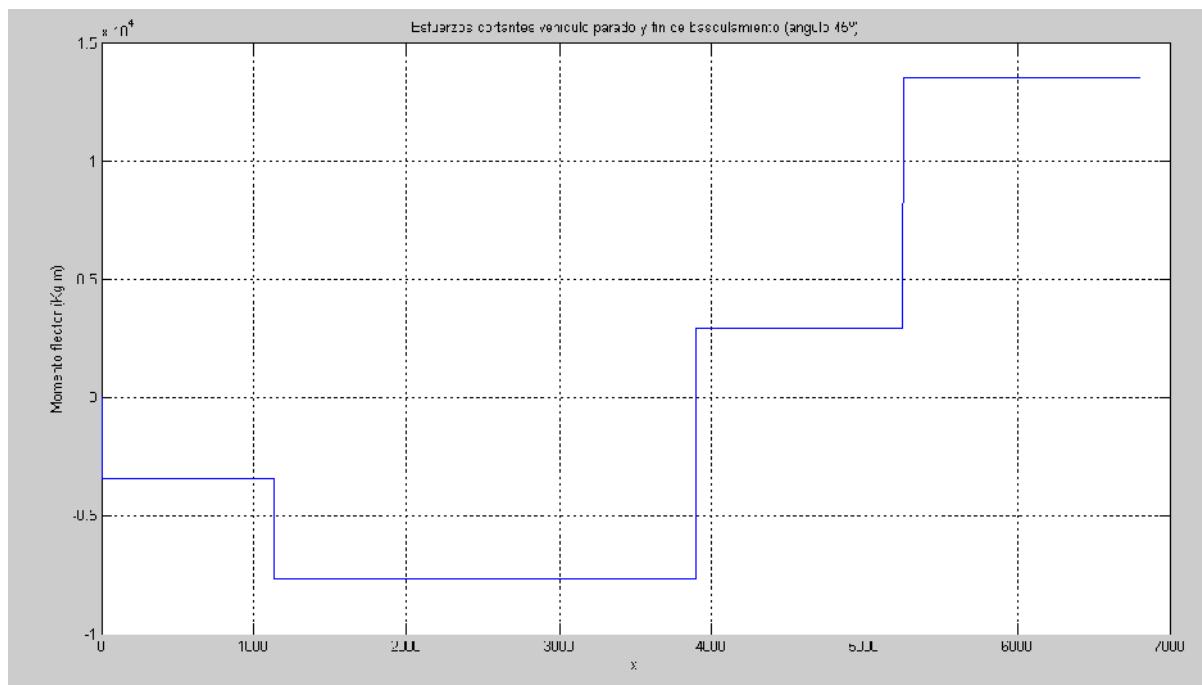


figura 23. Diagrama de esfuerzos cortantes para vehículo parado y volquete a 45°

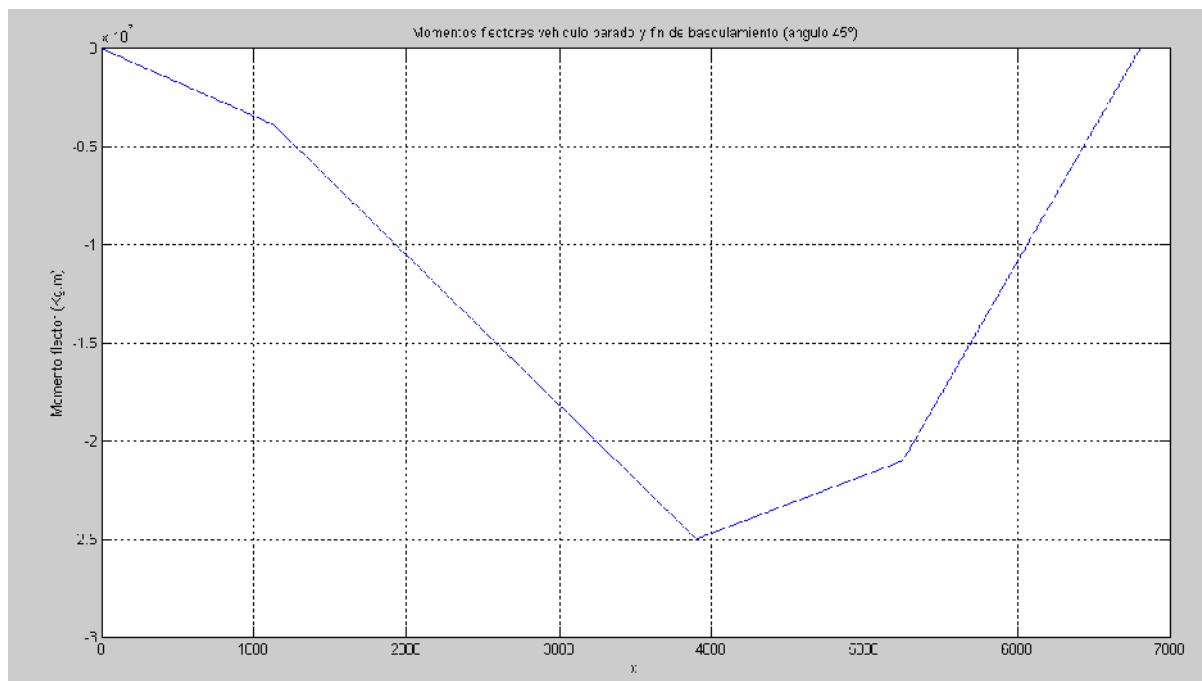


figura 24. Diagrama de esfuerzos flectores para vehículo parado y volquete a 45°

## 3.6 Bastidor

El bastidor se estudia en función de los puntos críticos en los que se encuentran los máximos esfuerzos, que pueden provocar la rotura del mismo si no se toman en cuenta una serie de medidas.

En cada uno de esos puntos críticos de momentos flectores máximos hay que determinar si los largueros principales del bastidor son capaces de soportar las cargas que sobre ellos van a actuar, teniendo muy presente que se pueden producir en algún momento cargas dinámicas, por lo que es muy conveniente que siempre trabaje con un coeficiente de seguridad no inferior a 3, tomando como referencia en todos los vehículos especiales el coeficiente de elasticidad  $\sigma_e$  del material empleado, pues requieren mayor seguridad que los vehículos que trabajan con cargas uniformemente repartida, en la que generalmente basta con tomar como referencia el coeficiente de rotura del material.

### 3.6.1 Esfuerzos en el bastidor

Para analizar si el bastidor del chasis es apto o no para soportar la superestructura seleccionada, es necesario estudiar las solicitudes a las que se ve sometido en las distintas condiciones de utilización.

La mayoría de los vehículos necesitan de un refuerzo del chasis. Este se realiza mediante el montaje de un bastidor auxiliar que es el nexo de unión entre bastidor del chasis y superestructura.

Se ha de prescindir de la modificación del bastidor del chasis en la medida de lo posible. Es por ello que los trabajos sobre el mismo están limitados, como por ejemplo la prohibición de soldadura en el bastidor, siendo únicamente válido sus uniones al falso bastidor mediante atornillado. Esto justifica también el montaje del sobrebastidor, lugar

donde sí se realizan los trabajos de soldadura de placas de fijación, soldadura de refuerzos, etc.

Los estados de carga a los que está sometido el bastidor del chasis son los siguientes:

- Vehículo cargado: en este caso el vehículo lleva su caja de carga al máximo de su capacidad. En función del número de ejes, de la colocación de la caja de carga y de la existencia o no de fuerzas puntuales, así se determinará el punto crítico de este estado.
- Vehículo en fase de descarga del volquete: en esta situación el volquete estará apoyado sobre el eje de basculación y sobre el apoyo del cilindro, transmitiéndose así las cargas de forma localizada y no uniformemente como en los casos anteriores. Se distinguen ahora dos situaciones:

- Inicio del vuelco: se entiende como tal el momento en que la caja pasa de estar apoyada uniforme a puntualmente ( $\alpha = 0^\circ$ ).
- Final del vuelco: este es el punto en el que el volquete llega a su máxima inclinación ( $\alpha = 45^\circ$ ).

En el apartado 3.5.3 se muestran los diagramas resultantes de los estados de carga ya descritos.

### 3.6.1.1 Momento resistente del perfil original

El bastidor original está formado por dos largueros de perfil en U continuo. Ambos largueros están unidos entre sí por travesaños fijados con cartolas.

Los largueros están pretaladrados para la sujeción de elementos auxiliares como depósito de combustible, calderones de la instalación neumática, etc. Sin embargo, la principal funcionalidad de éstos es la de dar soporte a las fijaciones de superestructura.

El bastidor dispone también de barra antiempotramiento. El material del bastidor del vehículo es acero Fe52 cuyo límite elástico es  $\sigma_e = 36Kg / mm^2$ . A continuación se realizan los cálculos pertinentes con los datos del bastidor mostrados en la figura 25:

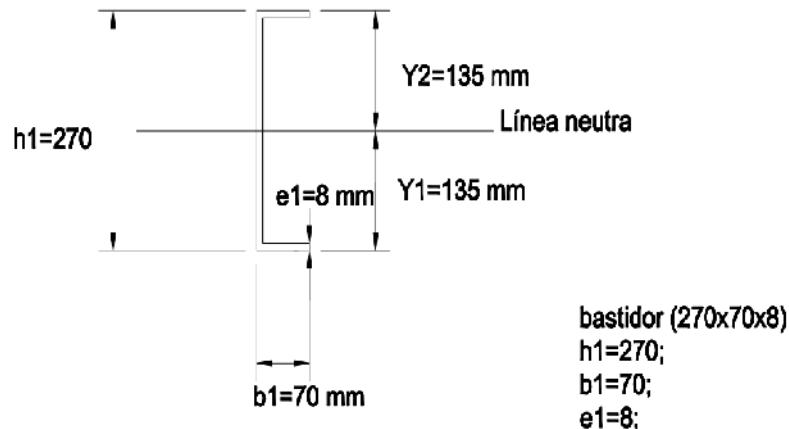


figura 25. Dimensiones del bastidor

Dimensiones del Bastidor (270x70x8):

$$h_1 = 270 \text{ mm}$$

$$b_1 = 70 \text{ mm}$$

$$e_1 = 8 \text{ mm}$$

Área de la sección del bastidor:

$$S_1 = 2 \cdot e_1 \cdot b_1 + e_1 \cdot (h_1 - 2 \cdot e_1) = 3152 \text{ mm}^2$$

Suma de momentos (área de cada rectángulo por la distancia de su centro de gravedad al eje x de referencia tomado en la base del bastidor):

$$M_1 = e_1 \cdot b_1 \cdot \frac{e_1}{2} + e_1 \cdot (h_1 - 2 \cdot e_1) \cdot \left( \frac{h_1}{2} \right) + e_1 \cdot b_1 \cdot \left( h_1 - \frac{e_1}{2} \right) = 425520 \text{ mm}^3$$

### Capítulo 3: Cálculos justificativos de la reforma realizada

Cálculo de  $Y_{\max}$ :

$$Y_1 = \frac{M_1}{S_1} = 135 \text{ mm}$$

$$Y_2 = h_1 - Y_1 = 135 \text{ mm}$$

$$Y_{\max} = \max(Y_1, Y_2) = 135 \text{ mm}$$

Cálculo del momento de inercia  $I_1 = I_{cg} + S_1 \cdot t_1^2$ :

$$I_{cg} = \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h_1^3 - \frac{1}{12} \cdot (b_1 - e_1) \cdot (h_1 - 2 \cdot e_1)^3 = 3,0151 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$t_1 = \left| Y_1 - \frac{h_1}{2} \right| = 0 \text{ mm}$$

$$I_1 = I_{cg} + S_1 \cdot t_1^2 = 3,0151 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Momento resistente  $W_1$ :

$$W_1 = \frac{I_1}{Y_{\max}} = 2,2334 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

El momento máximo al que se somete el bastidor, el cual se produce para el vehículo parado con el volquete a 45°:

$$Mf_{\max} = 2,5008 \cdot 10^7 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Cálculo de la tensión máxima del bastidor por cada larguero:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{2 \cdot W_1} = 55,9862 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

Coeficiente de seguridad (C.S.), ha de ser mayor de 3:

$$C.S. = \frac{\sigma_e}{\sigma_{\max}} = 0,643$$

Como el coeficiente de seguridad del bastidor es menor de 3, añadimos un falso bastidor hasta que el conjunto (bastidor y falso bastidor) como muestra la figura 26, supere dicho valor.

### 3.6.1.2 Momento resistente del perfil compuesto por bastidor y falso bastidor

Conforme a los parámetros dimensionales definidos para un falso bastidor, se calculará el momento resistente del conjunto, y la tensión debida al momento flector máximo.

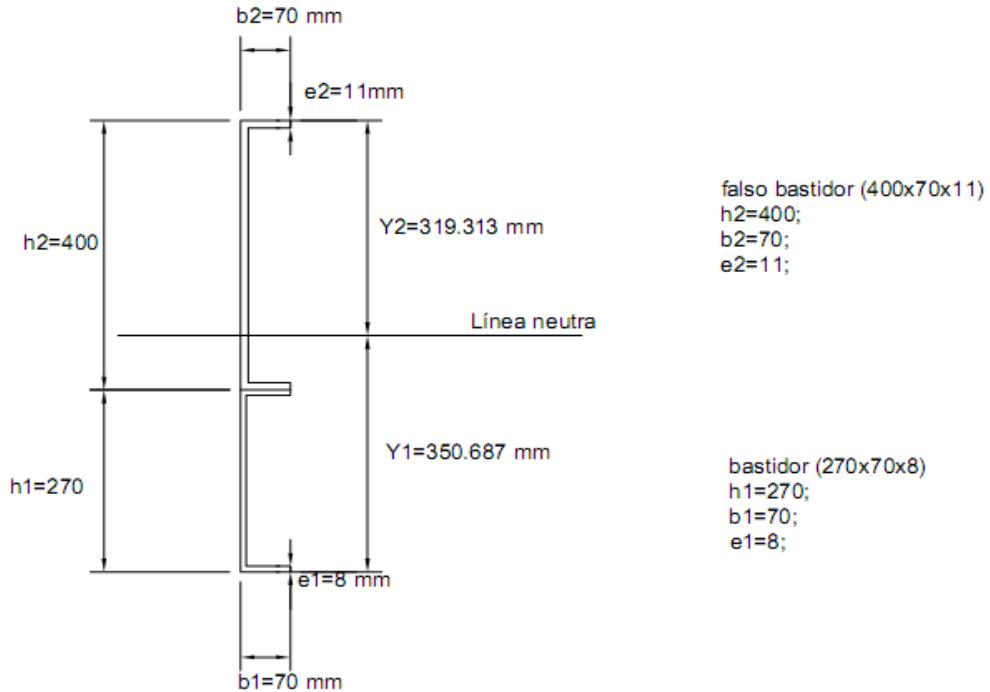
Dimensiones del falso bastidor, 400x70x11:

$$h_2 = 400mm$$

$$b_2 = 70mm$$

$$e_2 = 11mm$$

El perfil del sobrebastidor ha de tener el mismo ancho “b” que el perfil del bastidor. Se consigue así que el primero asiente bien sobre el chasis.



**figura 26. Dimensiones del chasis compuesto por bastidor y falso bastidor**

Área de la sección del falso bastidor:

$$S_2 = 2 \cdot e_2 \cdot b_2 + e_2 \cdot (h_2 - 2 \cdot e_2) = 5698 \text{ mm}^2$$

Suma de momentos (área de cada rectángulo por la distancia de su centro de gravedad al eje x de referencia):

$$M_2 = e_2 \cdot b_2 \cdot \left( h_1 + \frac{e_2}{2} \right) + e_2 \cdot (h_2 - 2 \cdot e_2) \cdot \left( h_1 + \frac{h_2}{2} \right) + e_2 \cdot b_2 \cdot \left( h_1 + h_2 - \frac{e_2}{2} \right) = 2678060 \text{ mm}^3$$

Cálculo de  $Y_{\max}$ :

$$Y_1 = \frac{M_1 + M_2}{S_1 + S_2} = 350,687 \text{ mm}$$

$$Y_2 = h_1 - Y_1 = 319,313 \text{ mm}$$

$$Y_{\max} = \max(Y_1, Y_2) = 350,687 \text{ mm}$$

Cálculo del momento de inercia  $I = I_{cg} + S \cdot t^2$ :

o Bastidor:

$$I_{cg_1} = \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h_1^3 - \frac{1}{12} \cdot (b_1 - e_1) \cdot (h_1 - 2 \cdot e_1)^3 = 3,0151 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$t_1 = \left| Y_1 - \frac{h_1}{2} \right| = 215,687 \text{ mm}$$

$$I_1 = I_{cg_1} + S_1 \cdot t_1^2 = 1,7678 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

o Falso bastidor:

$$I_{cg_2} = \frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot h_2^3 - \frac{1}{12} \cdot (b_2 - e_2) \cdot (h_2 - 2 \cdot e_2)^3 = 1,0778 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$t_2 = \left| Y_2 - \frac{h_2}{2} \right| = 119,313 \text{ mm}$$

$$I_2 = I_{cg_2} + S_2 \cdot t_2^2 = 1,889 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Momento resistente del conjunto  $W_T$

$$W_T = \frac{I_1 + I_2}{Y_{\max}} = 1,0428 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Cálculo de la tensión máxima:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{2 \cdot W_T} = 11,9912 \frac{Kg}{mm^2}$$

Coeficiente de seguridad (C.S.), ha de ser mayor de 3:

$$C.S. = \frac{\sigma_e}{\sigma_{\max}} = 3,0022$$

Por lo tanto la estructura que resulta de la unión bastidor con falso bastidor se encuentra dentro de la seguridad pudiendo soportar las cargas máximas en condiciones de marcha, dinámicas, e iniciales debido al coeficiente de seguridad impuesto.

### 3.6.2 Travesaños

El cálculo exacto de los travesaños de un bastidor es muy complicado, debido a los numerosos esfuerzos a que están sometidos, siendo la mayoría de las veces desconocidos, por lo que los cálculos sobre éste son más bien de carácter práctico que teórico.

No obstante conviene realizar un estudio considerando aquellos esfuerzos que son conocidos.

Lógicamente el cálculo es distinto para vehículo normal tipo carretero que para otro especial como el que nos ocupa (volquete). Pero es muy conveniente generalizar los cálculos para conseguir un mismo sistema, afectando posteriormente de unos coeficientes correctores.

Está claro que los travesaños trabajan cuando el vehículo está sometido a grandes esfuerzos transversales, como por ejemplo, el creado al tomar una curva, debido a la fuerza centrífuga sobre su c.d.g. que hace que todo el vehículo tienda a desplazarse lateralmente, hecho que no ocurrirá mientras el esfuerzo de adherencia transversal de las ruedas sea superior a la mencionada fuerza centrífuga.

El valor límite de la fuerza centrífuga para que no se produzca el deslizamiento lateral es, la siguiente:

$$F_c = \frac{P \cdot (\mu_t + \operatorname{tg} \delta)}{1 - (\mu_t \cdot \operatorname{tg} \delta)}$$

Donde:

$P$  : Peso máximo del vehículo (carga más tara)

$\mu_t$  : Coeficiente de adherencia transversal de las ruedas

$\delta$  : Peralte de la carretera

Para una mayor seguridad en los cálculos se considerará una carretera sin peralte ( $\delta = 0$ ); así como un coeficiente de adherencia transversal que difícilmente se da en la práctica ( $\mu_t = 1$ ).

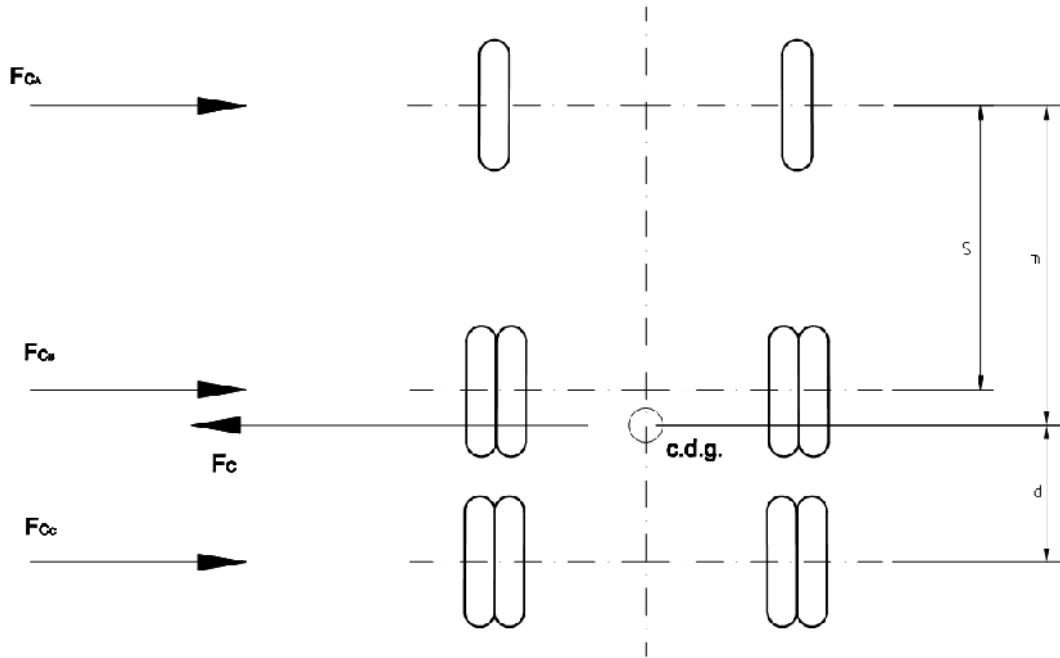
Por consiguiente, el esfuerzo máximo a tener en cuenta, sustituyendo  $\delta = 0$  y  $\mu_t = 1$  en la expresión de la fuerza centrífuga, será:

$$F_c = \frac{P \cdot (\mu_t + \operatorname{tg} \delta)}{1 - (\mu_t \cdot \operatorname{tg} \delta)} = \frac{26000Kg \cdot (1+0)}{1-0} = 26000Kg = 260000N$$

Este esfuerzo lo deben soportar los travesaños sobre los ejes del vehículo, por ser los que están ligados con las ballestas y éstas con los largueros del bastidor.

El resto de los travesaños del bastidor del vehículo, servirán como medida de seguridad para soportar otros tipos de carga, así como para conservar el paralelismo de los dos largueros principales del bastidor.

A continuación, a la vista de la figura 27, se calcula el reparto de cargas sobre los travesaños delanteros y traseros de los ejes del vehículo.



**figura 27. Reacciones debidas a la fuerza centrífuga**

Siguiendo el esquema de fuerzas representado en la figura 27, haciendo la suma de momentos en el primer eje (A):

$$\sum M_A = 0 = F_{C_B} \cdot s - F_C \cdot m + F_{C_C} \cdot (m + d)$$

Suponiendo  $F_{C_B} \approx F_{C_C}$ , entonces:

$$F_{C_B} = F_{C_C} = \frac{F_C \cdot m}{m + s + d} = 11094,18 \text{Kg} = 110941,8 \text{N}$$

Suma de fuerzas horizontales:

$$\sum F_H = 0 = F_{C_A} + F_{C_B} + F_{C_C} - F_C$$

$$F_{C_A} = F_C - F_{C_B} - F_{C_C} = 3811,62 \text{Kg} = 38116,2 \text{N}$$

Por lo tanto la fuerza centrífuga por cada rueda será:

$$F_{C_A}' = \frac{F_{C_A}}{2} = 1905,81 \text{Kg} = 19058,1 \text{N}$$

$$F_{C_B}' = \frac{F_{C_B}}{2} = 5547,09 \text{Kg} = 55470,9 \text{N}$$

$$F_{C_C}' = \frac{F_{C_C}}{2} = 5547,09 \text{Kg} = 55470,9 \text{N}$$

El material de los travesaños será acero con coeficiente de elasticidad  $\sigma_e = 10 \text{Kg/mm}^2$ , y suponiendo que se trabaje con un coeficiente de seguridad de 3 para soportar cargas imprevistas.

A continuación se calculan las secciones de los travesaños diferenciando entre los situados sobre los dos ejes motrices y sobre los ejes direccionales

- Travesaños sobre los dos ejes motrices (2º y 3º eje):

$$\sigma_s = \frac{F_{C_B}'}{S_B} = \frac{\sigma_e}{C.S.}$$

$$S_B = \frac{F_{C_B}' \cdot C.S.}{\sigma_e} = \frac{5547,09 \text{Kg} \cdot 3}{10 \text{Kg/mm}^2} = 1664,127 \text{mm}^2$$

$$S_B = S_C = 1664,127 \text{mm}^2$$

Se utilizan travesaños de sección UPN (120), puesto que su sección ( $1700 \text{mm}^2$ ) es aproximada a la sección mínima calculada y requerida.

- Travesaños sobre el eje direccional (1º eje):

$$\sigma_s = \frac{F_{C_A}'}{S_A} = \frac{\sigma_e}{C.S.}$$

$$S_A = \frac{F_{C_A} \cdot C.S.}{\sigma_e} = \frac{1905,81 \text{Kg} \cdot 3}{10 \text{Kg} / \text{mm}^2} = 571,743 \text{mm}^2$$

Se utilizan travesaños de sección UPN (80), cuya sección es  $1100 \text{mm}^2$ , suficiente para soportar las fuerzas centrífugas producidas en el eje direccional.

**Nº de travesaños necesario:**

La distancia máxima permitida entre travesaños según el manual de carroceros es de 1200 mm, por lo tanto el número de travesaños necesarios será:

$$N^{\circ}_{travesaños} = \frac{L_{bastidor}}{1200} = \frac{6865 \text{mm}}{1200 \text{mm}} = 5,72 \approx 6 \text{ travesaños}$$

Dos de los travesaños calculados se emplearán en el final del bastidor y comienzo del mismo. El resto de travesaños se colocarán a lo largo del bastidor a la distancia definida.

## 3.7 Uniones

Según el tipo de superestructura que se va a instalar sobre el chasis-cabina, cada fabricante tiene una serie de recomendaciones respecto al tipo de unión que se debe emplear entre sobrebastidor y el chasis o bastidor del vehículo, de tal modo que es imprescindible consultar las normas de carrozado del fabricante del chasis-cabina que se esté transformando.

Una caja basculante abierta es una carrocería flexible a la torsión. Algunos fabricantes aconsejan utilizar uniones articuladas en la zona delantera del conjunto bastidor-sobrebastidor y uniones rígidas en la zona trasera. En estos casos, como el sobrebastidor debe ser continuo desde la parte más adelantada que permita la cabina del vehículo hasta el final del bastidor, las fijaciones articuladas pueden distribuirse uniformemente desde el final de cabina hasta una distancia a partir del inicio de la caja basculante. Este valor es conveniente que sea definido por el fabricante de la carrocería y el del chasis-cabina. En el resto de la unión bastidor-sobrebastidor se distribuirán uniformemente las uniones rígidas.

La solicitud principal a la que van a estar sometidos los tornillos de las uniones va a acontecer cuando en sentido longitudinal se produzcan aceleraciones del vehículo por fuerzas iniciales al frenar o acelerar el mismo, a las máximas condiciones que nos permita la adherencia ( $\mu_a$ ) entre el neumático y el suelo.

Para el cálculo de las uniones o anclajes se tendrá en cuenta la máxima fuerza de inercia que aparecerá durante la maniobra de frenado (bloqueo de las ruedas). Esta fuerza se calcula en el apartado 3.9.4.2, cuyo valor es:

$$F_I = (Q_{caja+carga}) \cdot g \cdot \mu_a = 141680N$$

Los tornillos utilizados serán como mínimo de M12, cuyo diámetro del núcleo es de 10,29 mm, lo cual da una sección de trabajo  $A_t = 83,80mm^2$ , y la calidad de los mismos

será como mínimo de 8,8, que tiene un valor de tensión admisible de cortadura de  $64Kg / mm^2$

Los tornillos trabajan a cortadura y el número mínimo de tornillos a emplear, con un coeficiente de seguridad de 3, viene dado por la siguiente expresión:

$$C.S. = \frac{\sigma_e}{\sigma_c}$$

$$\sigma_c = \frac{F_I}{N \cdot A_t}$$

$$N = \frac{C.S. \cdot F_I}{\sigma_e \cdot A_t} = \frac{3 \cdot 14168Kg}{64Kg / mm^2 \cdot 83,8mm^2} = 8 \text{ tornillos}$$

La fijación para volquetes debe ser articulada (figura 28) en la sección delantera y rígida figura 29) en la sección posterior.

En la sección delantera, las fijaciones deben montarse en el área comprendida a partir de unos 600 mm detrás del eje delantero hasta aproximadamente 1800 mm delante del eje trasero. Y por la sección trasera entendemos el área del bastidor comprendida a partir de unos 1800 mm por delante del eje trasero.

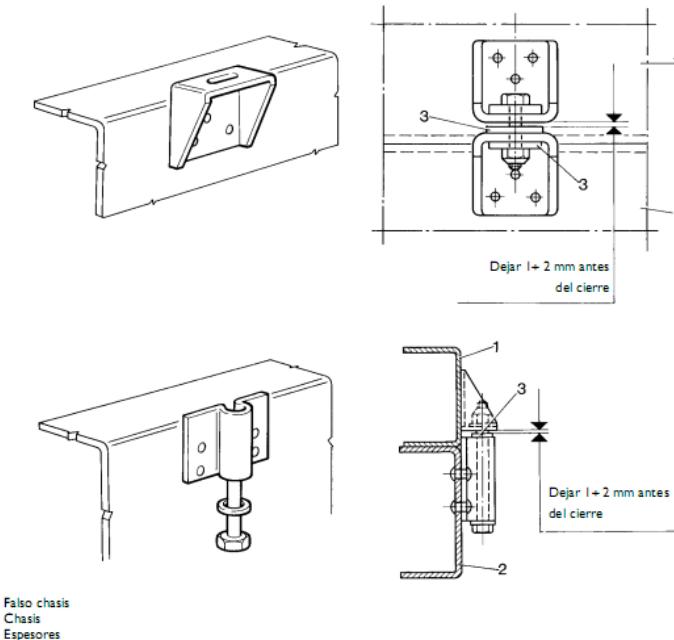
- Sección delantera:

$$L_d = 2100 - 600 = 1500mm$$

La distancia máxima de separación entre fijaciones es de 700 mm

$$N^o_{fijaciones} = \frac{1500}{700} = 2 \text{ fijaciones}$$

En esta sección delantera, la fijación de bastidor con falso bastidor en cada uno de sus puntos es articulada ya que en esta zona es donde más esfuerzos de torsión se producen, dichas fijaciones son de la forma que se indica en la siguiente figura



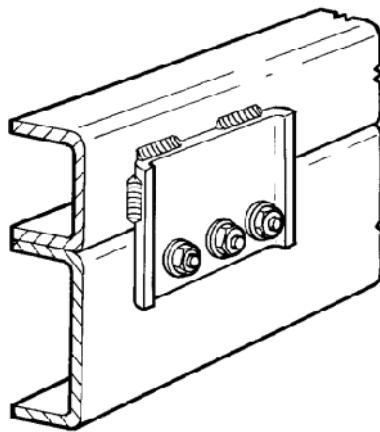
**figura 28. Unión articulada**

- Sección trasera:

$$L_t = 6865 - 2100 = 4765 \text{ mm}$$

$$N^{\circ}_{fijaciones} = \frac{4765}{700} \approx 7 \text{ fijaciones rígidas con 8 tornillos}$$

Las uniones en la sección trasera van definidas con fijaciones rígidas como la que se muestra en la figura 29



**figura 29. Unión rígida**

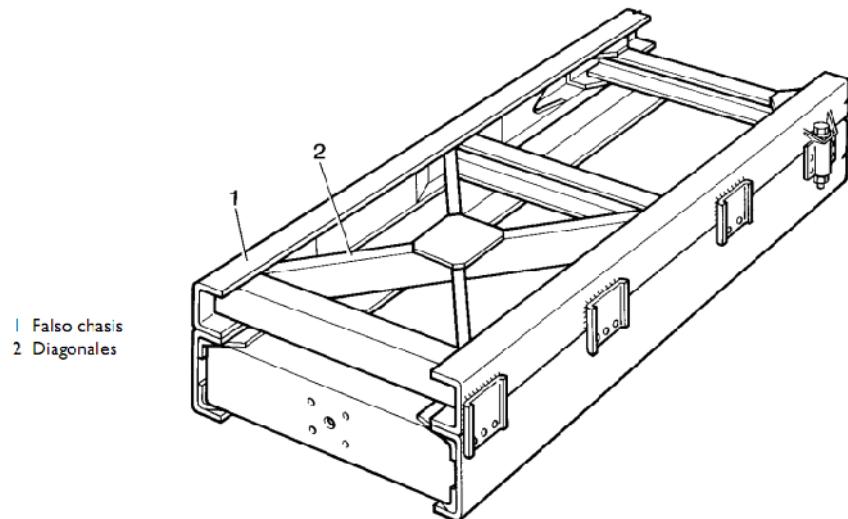
La fijación correcta es muy importante para:

- el comportamiento de marcha y la seguridad del vehículo durante la conducción.
- La duración del bastidor del chasis y de la superestructura

Otras consideraciones:

- eliminar los remaches que fijan el travesaño terminal
- soldar las fijaciones al falso bastidor y atornillar al bastidor del chasis
- no es posible que los largueros del falso bastidor se muevan con respecto a los largueros del chasis. Se ha de garantizar este estado, que por otro lado es la base del cálculo del propio sobrebastidor.
- El bastidor auxiliar deberá ser fijado al bastidor del chasis de forma resistente al deslizamiento. Esto ha de ser así al menos en el tramo que se extiende desde el bulón trasero del volquete hasta el cilindro de elevación del mismo.

- El bastidor auxiliar formará una caja cerrada en la parte posterior y estará reforzado por una cruz diagonal (figura 30).



**figura 30. Falso bastidor reforzado por travesaños cruzados**

- Como se trata de una estructura que trabaja a torsión se han de colocar apoyos elásticos sobre el bastidor auxiliar detrás de la cabina. Con ello se evitan los deterioros por fatiga que se producen en los casos de fijación rígida en esta zona.

## 3.8 Sistema Hidráulico

El basculamiento de la caja de carga se realiza por medio de un sistema hidráulico, compuesto de un depósito de aceite, de una bomba y de uno o varios cilindros hidráulicos que actúan de empuje sobre la caja de carga.

El accionamiento de la bomba hidráulica se realiza generalmente por medio de una toma de fuerza que se acopla sobre la caja de cambios del vehículo.

Las cajas de cambios de los vehículos industriales llevan al menos un registro en forma de ventana en la que aparece un piñón que está fijado sobre el eje intermedio de la caja de cambios, y que es independiente del resto de los piñones que sobre este mismo eje existen para obtener las relaciones de velocidades del vehículo. El referido piñón engrana con otro de la toma de fuerza que está compuesta de varios piñones con objeto de que pueda transmitir a la bomba hidráulica distintas revoluciones en función de la resistencia que se opone al levantamiento de la caja de carga.

Por consiguiente la toma de fuerza es como una caja de cambios compuesta de una o dos relaciones que se acopla sobre la caja de cambios del vehículo y que su uso principal es transmitir la potencia del motor a la bomba hidráulica a voluntad propia del conductor.

El accionamiento del cilindro que hace posible el vuelco de la plataforma, se consigue mediante un sistema hidráulico de circuito cerrado, empleando como medio transmisor de las fuerzas un aceite hidráulico de características especiales.

Esta energía necesaria para conseguir el movimiento del cilindro es tomada a partir de la caja de cambios del camión por medio de la toma de fuerza a la cual se conecta la bomba hidráulica. Y mediante un sistema de válvulas regulamos la presión y distribuimos el paso del aceite hacia el cilindro hidráulico.

### Accionamiento de la plataforma basculante

El accionamiento de la toma de fuerza ha de hacerse con el vehículo parado. Téngase en cuenta que el caudal de funcionamiento está establecido para el régimen de ralentí del motor. Al realizar el acoplamiento del embrague, en estas condiciones, la bomba entra en funcionamiento y se suministra aceite al cilindro, elevándolo. Si se desea, para la elevación es suficiente con apretar el mando del embrague. En caso de realizar una parada prolongada en elevación, se desengranará la bomba. La toma de fuerza se ha de desconectar después de las operaciones con el volquete.

### Esquema hidráulico

El circuito hidráulico está formado por:

- Bomba hidráulica
- Depósito de aceite
- Cilindro de simple efecto
- Válvula de tres vías

Por otro lado, los accionamientos de circuito. Estos permiten la realización de las secuencias de carga y descarga según lo indicado.

#### 3.8.1 Toma de fuerza y bomba hidráulica

Las tomas de fuerza pueden ser de los siguientes tipos:

- Toma de fuerza dependiente del cambio.
- Toma de fuerza independiente del cambio.
- Salida auxiliar del motor hacia delante.
- Salida auxiliar del motor hacia atrás.

### **Observaciones generales**

- La toma de fuerza elegida es dependiente de la caja de cambios, y sólo puede acoplarse o desacoplarse con el vehículo parado.
- El régimen mínimo del motor con la toma de fuerza en funcionamiento será de 1000 r.p.m. (ralentí) factor restrictivo para el diseño.

### **Toma de fuerza dependiente de la caja de cambios**

Este emplazamiento de la toma de fuerza presenta una serie de ventajas para la aplicación requerida frente al resto de posibilidades:

- Economía
- Sencillez de instalación
- Se encuentra cercana a los elementos de consumo.
- Accesibilidad para reparaciones.

Esta toma está instalada sobre el árbol intermedio del cambio y permite las siguientes ejecuciones:

- Montaje directo de bomba hidráulica (con o sin brida intermedia).
- Salida con brida para árbol de transmisión
- Una o dos salidas de fuerza
- Bloqueo de mando para el cambio

### **Elección de la toma de fuerza y la bomba de volquete.**

Para el suministro de líquido hidráulico se ha optado por la marca Bezares S.A., que oferta tomas de fuerza, bombas hidráulicas de distintas características, depósitos de aceite

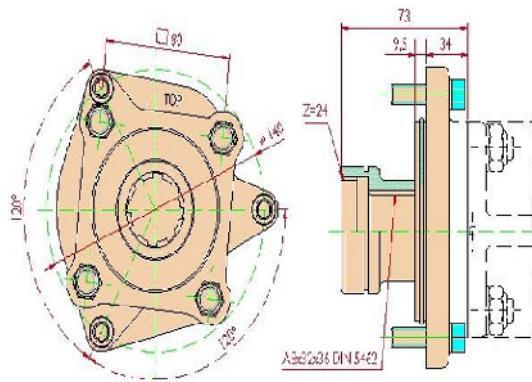
y demás componentes de la instalación como ejes de transmisión, racores, válvulas, etc. Las características técnicas de los equipos seleccionados aparecen en el anexo.

- Toma de fuerza

La toma de fuerza se tomará del catálogo de fabricante “Bezares” (figura 31), utilizando la recomendada para “Mercedes V6,V8 Engine F1”:



**figura 31. Toma de fuerza**



**figura 32. Dimensiones de la toma de fuerza**

Se utiliza la toma de fuerza representada en la figura 31 y recomendada para Motores MB (serie Actros) (código 700704), cuyas dimensiones se indican en la figura 32.

Con este kit adaptador puede instalarse una bomba hidráulica con norma ISO estándar sobre los motores hidráulicos Mercedes V6 y V8, y sus características son:

- Par nominal:
  - o Contínuo:  $390N \cdot m$
  - o Intermitente:  $470N \cdot m$
- Sentido de giro: a derechas
- Relación motor-bomba: 1:1,075
- Bomba hidráulica

Se empleará una bomba de engranajes del catálogo de fabricante “Bezares” (figura 33) cuyas dimensiones se especifican en la figura 34, ya que las presiones de trabajo se ajustan a las presiones del cilindro a emplear.

BE-45 (código 5021106)

$$n_{\min} = 500 \text{ r.p.m.}$$

$$n_{\max} = 2000 \text{ r.p.m.}$$

$$P_{\min} = 200 \text{ bar}$$

$$P_{\max} = 250 \text{ bar}$$

$$q = 46 \text{ cm}^3 / \text{rev}$$

$$\text{Peso} = 8,1 \text{ Kg}$$



figura 33. Bomba hidráulica

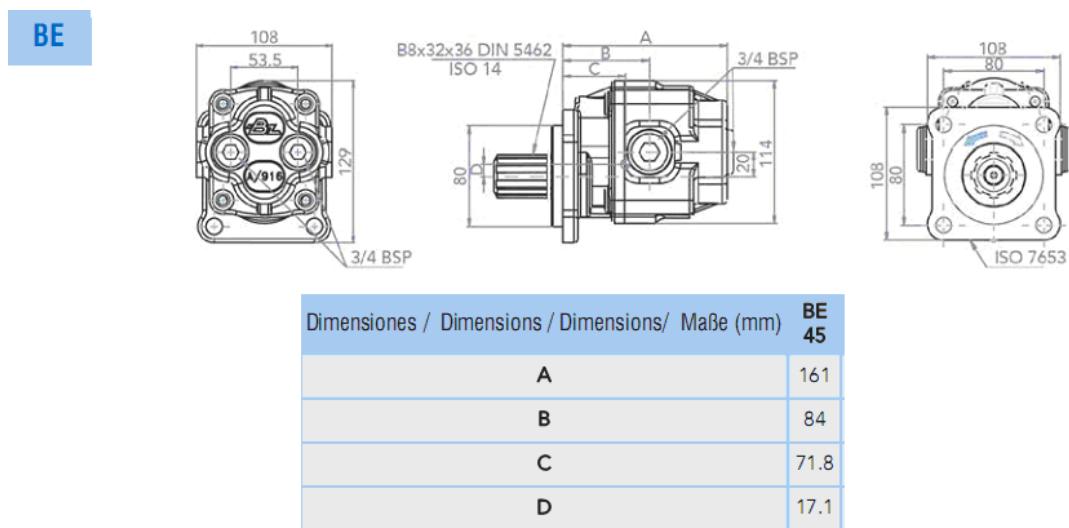


figura 34. Dimensiones de la bomba hidráulica

A continuación calcularemos las revoluciones por minuto de la bomba hidráulica necesarias en función de la toma de fuerza y el motor en ralentí

Revoluciones del motor en ralentí:

$$n_m = 1000 \text{ rpm}$$

Toma de fuerza: 1:1,075

Revoluciones de la bomba hidráulica:

$$n_b = \frac{n_m}{1:1,075} = \frac{1000 \text{ rpm}}{\frac{1}{1,075}} = 1075 \text{ rpm}$$

Por lo tanto, la bomba hidráulica considerada es válida, porque las revoluciones necesarias de la misma, se encuentran dentro de los límites de la bomba comercial adquirida del catálogo del fabricante.

El caudal:

$$Q = \frac{q \cdot n_b}{1000} = \frac{46 \text{ cm}^3 / \text{rev} \cdot 1075 \text{ rpm}}{1000} = 49,45 \text{ l/min}$$

### 3.8.2 Cilindro hidráulico

Para la elección de un cilindro hidráulico comercial se necesita saber la máxima carga a la que va a estar sometido el mismo. Dicha carga se produce en el instante inicial de basculación, es decir, a vehículo parado y la caja basculante a  $0^\circ$  en el inicio de basculación de la misma.

$$F_{\max} = R_{2(\alpha=0^\circ)} = 9043 \text{ Kg} = 90430 \text{ N}$$

El esfuerzo que debe realizar el cilindro es el producto de su presión y sección del cilindro, el cual debe ser mayor que la reacción  $R_{2(\alpha=0^\circ)}$  para poder levantar la caja:

$$P \cdot S \geq R_{2(\alpha=0^\circ)}$$

Por lo tanto, la sección del cilindro, considerando la presión de la bomba hidráulica, será:

$$S \geq \frac{R_{2(\alpha=0^\circ)}}{P} = \frac{9043Kg}{200bar} = \frac{90430N}{200 \cdot 10^5 N/m^2} = 4,5215 \cdot 10^{-3} m^2 = 4521,5mm^2$$

El diámetro del cilindro ha de ser como mínimo:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \Rightarrow D \geq 75,87mm$$

En base a los resultados obtenidos, un cilindro válido sería el representado y dimensionalizado en la figura 35, cuyas características son:

#### Cilindro frontal

- Fabricante: Bezares
- Código: 4E28TT4540C
- Diámetro: 79mm
- Presión: 200bar
- Carrera: 4540mm
- Carga soportada: 28Tn

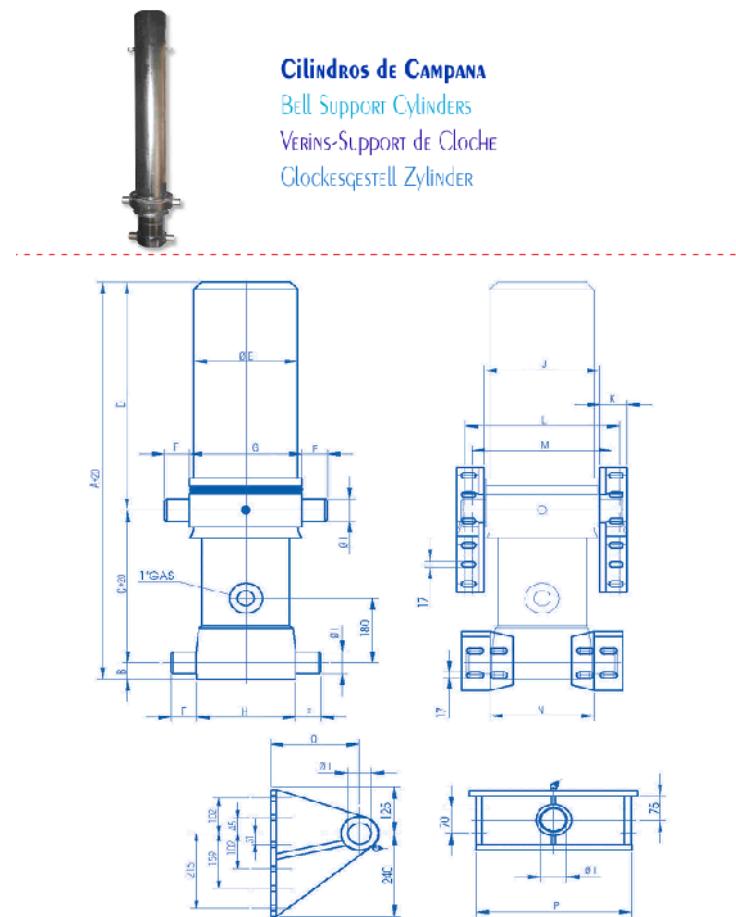


figura 35. Cilindro hidráulico de campana

## 3.9 Análisis dinámico

### 3.9.1 Deslizamiento y rodadura

Cuando un cuerpo reposa sobre una superficie, se opone a su desplazamiento una resistencia tangencial que tiende a impedir el resbalamiento; esta resistencia recibe el nombre de adherencia, rozamiento o frotamiento.

En el caso de un vehículo, las ruedas se apoyan sobre el terreno; la adherencia se puede representar como una fuerza entre ambas superficies de contacto de sentido contrario al del movimiento del vehículo (figura 36)

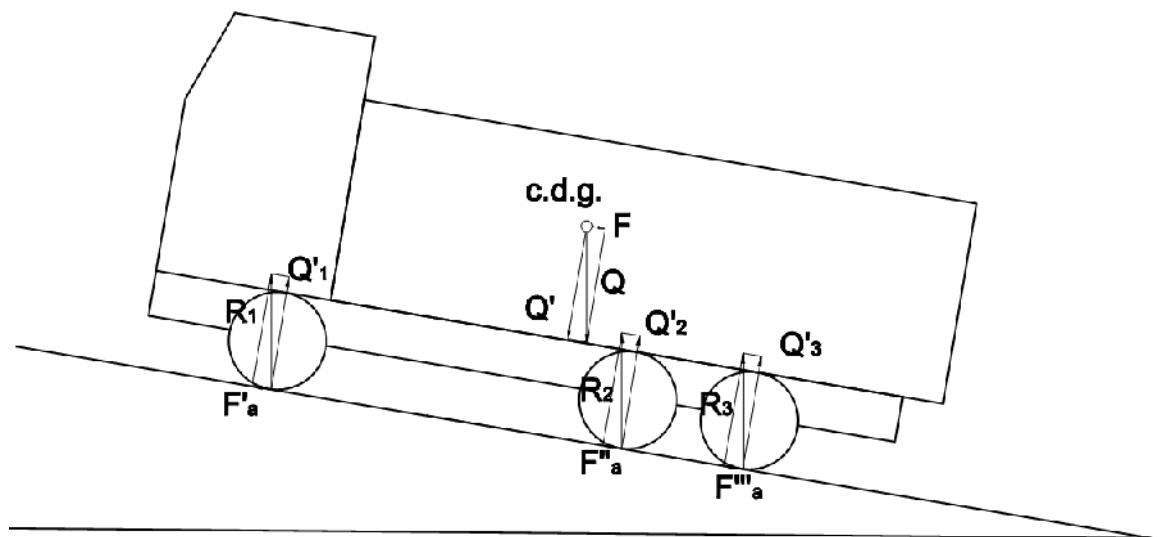


figura 36. fuerzas debidas a la adherencia

Al deslizamiento de un vehículo puede aplicarse la ley de Coulomb: “la resistencia al deslizamiento es proporcional a la carga normal que actúa sobre la superficie de contacto de ambos cuerpos”

Consideramos nuestro vehículo colocado sobre un plano inclinado y con sus ruedas blocadas. Sea  $\alpha$  el ángulo que forma este plano con respecto a la horizontal;  $Q$ , la carga

total del vehículo aplicada en su centro de gravedad;  $F$ , la componente que tiende a desplazar el vehículo;  $Q'$ , la carga normal al plano inclinado;  $F_a$ , la fuerza total de adherencia que se opone al deslizamiento. Aplicando la ley de Coulomb al vehículo y a cada uno de sus ejes, se verifica:

$$F_a = \mu_a \cdot Q' = \mu_a \cdot Q \cdot \cos \alpha \Rightarrow \mu_a = \frac{F_a}{Q \cdot \cos \alpha}$$

$$F'_a = \mu_a \cdot Q'_1 = \mu_a \cdot R_1 \cdot \cos \alpha \Rightarrow \mu_a = \frac{F'_a}{R_1 \cdot \cos \alpha}$$

$$F''_a = \mu_a \cdot Q'_2 = \mu_a \cdot R_2 \cdot \cos \alpha \Rightarrow \mu_a = \frac{F''_a}{R_2 \cdot \cos \alpha}$$

$$F'''_a = \mu_a \cdot Q'_3 = \mu_a \cdot R_3 \cdot \cos \alpha \Rightarrow \mu_a = \frac{F'''_a}{R_3 \cdot \cos \alpha}$$

La constante  $\mu_a$  recibe el nombre de coeficiente de adherencia.

Si  $F = Q \cdot \sin \alpha < F_a \rightarrow$  el vehículo no deslizará

Si  $F = Q \cdot \sin \alpha > F_a \rightarrow$  el vehículo deslizará

Si  $F = Q \cdot \sin \alpha = F_a \rightarrow$  el vehículo está en posición de equilibrio.

Si para un valor determinado del coeficiente de adherencia,  $\varphi$  es el valor particular del ángulo  $\alpha$  para el que  $F = F_a$ , se verificará:

$$\mu_a = \frac{Q \cdot \sin \varphi}{Q \cdot \cos \varphi} \cdot \tan \delta$$

Si el vehículo está sobre un plano horizontal,  $\alpha = 0$ ,  $\cos \alpha = 1$

$$\mu_a = \frac{F_a}{Q}$$

**Valores de coeficiente de adherencia:**

El coeficiente de adherencia es un número abstracto que se determina experimentalmente, puesto que depende de la naturaleza del terreno y del estado de los neumáticos del vehículo. La tabla que figura a continuación corresponde a vehículos con neumáticos en buen estado.

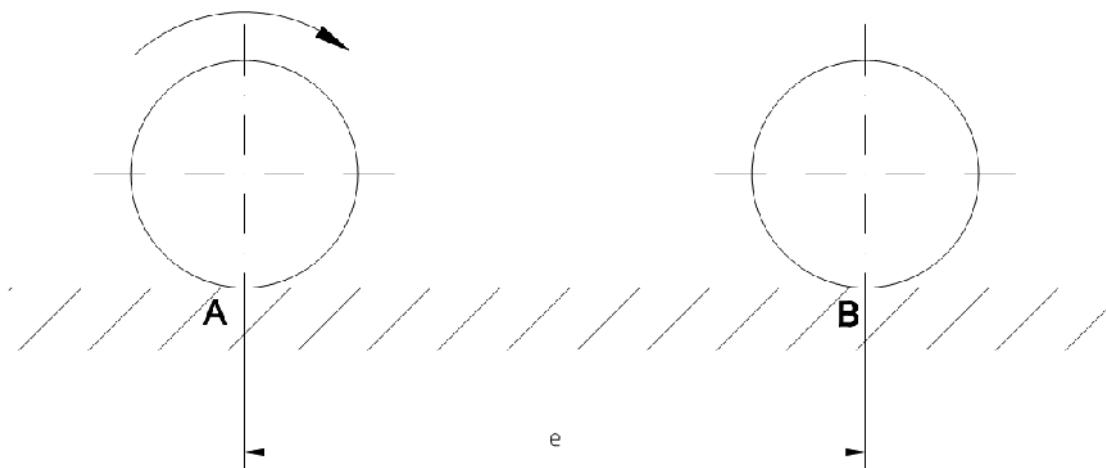
**tabla 33. Coeficientes de adherencia en función de la naturaleza del suelo**

<b>NATURALEZA DEL SUELO</b>	<b>COEFICIENTE DE ADHERENCIA (<math>\mu_a</math>)</b>
Carretera de cemento	0,8
Empedrado seco	0,7
Asfalto seco	0,6 a 0,75
Carretera húmeda	0,3 a 0,4
Carretera mojada	0,25
Carretera alquitranada y grasienta	0,15 a 0,20
Carretera con barro	0,15
Carretera con hielo	0,08 a 0,1

Para los cálculos se puede tomar un coeficiente comprendido entre 0,5 y 0,6.

**Rodadura (figura 37)**

Se dice que un vehículo rueda sobre un terreno cuando el espacio recorrido por sus ruedas es igual a su desarrollo, es decir, se verifica,  $e = 2\pi \cdot R \cdot n$ , siendo  $n$  el número de vueltas o fracción de vueltas que han dado las ruedas para recorrer el espacio  $e$  (figura 37). Si por el contrario las ruedas pasan de la posición A a la B sin girar, se dice que el recorrido ha sido por deslizamiento.

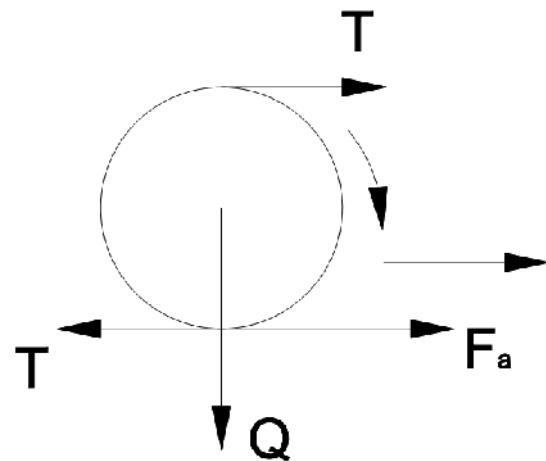


**figura 37. Rodadura**

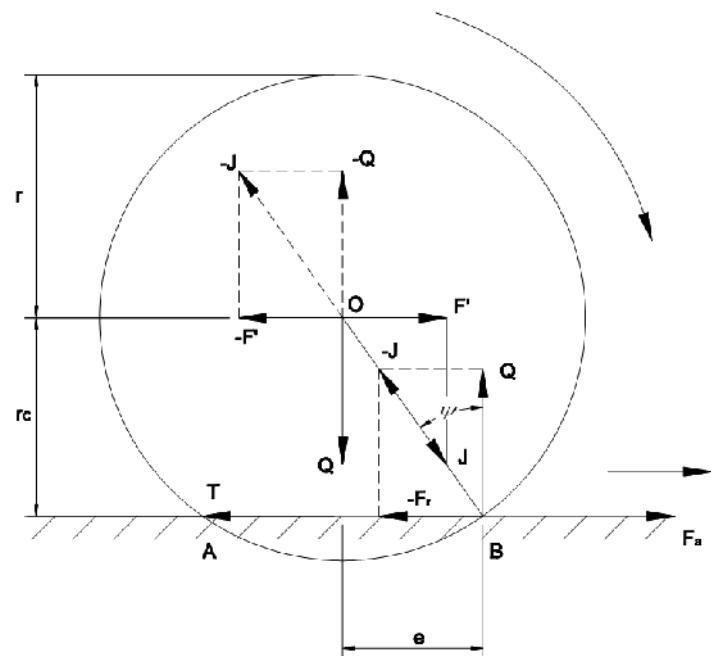
Se sabe que el par que desarrolla el motor llega con un valor mayor a las ruedas motrices, que depende de las desmultiplicaciones de la caja de cambios y del diferencial. A consecuencia de este par se crea en las citadas ruedas una fuerza tangencial,  $T$ , que hace que el vehículo se ponga en movimiento; si esta fuerza es mayor que la fuerza de adherencia  $F_a$  de las ruedas motrices, el vehículo se deslizará sobre el terreno.

En cambio, si, como es normal, la fuerza tangencial es menor que la de adherencia, el vehículo rodará, porque en las ruedas motrices se crea un par llamado de rodadura, que hacen que éstas se muevan en esta forma.

Las ruedas (neumáticos) en contacto con el terreno sufren una deformación de forma elíptica como consecuencia de la carga que gravita sobre ellas, y se apoyan en el terreno en una zona comprendida entre los puntos A y B (figura 38 y figura 39).



**figura 38. Fuerzas aplicadas sobre los neumáticos**



**figura 39. Deformación elíptica en el contacto neumático-suelo**

A la vista de la figura 39, en el punto A está aplicada la fuerza de adherencia  $F_a$  que impide el deslizamiento de las ruedas sobre el terreno; la línea de aplicación de la carga Q que gravita sobre la rueda pasa por el punto medio de AB. Como consecuencia de las fuerzas  $F_a$  y  $T$ , la carga Q toma el valor J, y su línea de aplicación pasa por el punto A. Esta fuerza J es la resultante de la carga Q y de otra fuerza  $F'$  aplicada en el centro de la rueda, que es la que vence la resistencia creada en A, y que recibe el nombre de fuerza motriz o de tracción.

Para que las fuerzas  $Q$ ,  $F'$  y  $J$  estén en equilibrio es preciso que a ellas se opongan otras fuerzas (reacciones) de sentido contrario,  $-Q$ ,  $-F'$ ,  $-J$ .

A la fuerza  $(-F')$  se le llama resistencia a la rodadura, por oponerse al movimiento de las ruedas, y se representa por  $F_r$ .

Las fuerzas  $-Q$ ,  $-F'$ ,  $-J$  se pueden considerar aplicadas en A. Como se sabe el momento de la resultante de un sistema de fuerzas respecto a un punto es igual a la suma de los momentos de sus componentes respecto a ese mismo punto; si las fuerzas están aplicadas en el centro de la rueda  $O$ , los momentos de todas las fuerzas son nulos. Cuando las fuerzas están aplicadas en A, se verifica, siendo  $e$  la mitad de la distancia AB, y  $r_c$  el radio de la rueda bajo carga estática (se considera  $r_c \approx 0,9 \cdot r$ , siendo  $r$  el radio de las ruedas sin carga):

$$\text{Momento de } (-Q) = +Q \cdot e$$

$$\text{Momento de } (-F') = -F_r \cdot r_c$$

Como el momento de la resultante  $-J$  es nulo, ha de serlo la suma de los momentos de las componentes.

$$Q \cdot e - F_r \cdot r_c = 0$$

$$\frac{F_r}{Q} = \frac{e}{r_c}$$

Pero en la figura 39 se ve que la relación entre  $F_r$  y  $Q$  es la tangente del ángulo  $\psi$ , llamado ángulo de rodadura; a la relación  $e/r_c$  se le denomina coeficiente de rodadura ( $\mu_r$ ). Por lo tanto:

$$\frac{F_r}{Q} = \frac{e}{r_c} \cdot \tan \psi = \mu_r$$

$$F_r = Q \cdot \mu_r$$

El coeficiente de rodadura es pues, la relación entre el valor del brazo de palanca  $e$  del par de rodadura y el radio bajo carga  $r_c$  de las ruedas, o sea que es un número adimensional. La resistencia a la rodadura es inferior a la resistencia al deslizamiento en los casos normales.

$$F_a = \mu_a \cdot Q$$

$$F_r = \mu_r \cdot Q$$

Al ser  $F_a$  mayor que  $F_r$ ,  $\mu_a$  es mayor que  $\mu_r$ , es decir que el coeficiente de adherencia es mayor que el coeficiente de rodadura.

Para que se produzca la rodadura es preciso que la fuerza de adherencia  $F_a$  sea mayor que la de rodadura  $F_r$  o sea que el coeficiente de adherencia ( $\mu_a$ ) sea mayor que el de rodadura ( $\mu_r$ ).

**Valores del coeficiente de rodadura:**

El coeficiente de rodadura se obtiene de la misma manera que el de adherencia, experimentalmente, pues depende de muchos factores, tales como presión del neumático y estado del mismo, naturaleza del terreno, velocidad del vehículo, etc.

Existen fórmulas prácticas deducidas por investigadores que lo determinan en cada caso; los valores normales del coeficiente de rodadura son los siguientes indicados en la tabla 34:

**tabla 34. Coeficientes de rodadura en función de la naturaleza del suelo**

NATURALEZA DEL SUELO	COEFICIENTE DE RODADURA ( $\mu_r$ )
Cemento	0,0125
Empedrado seco	0,015
Carretera asfaltada	0,02 – 0,03
Terreno natural duro	0,08
Terreno de consistencia media	0,110
Terreno arenoso	0,15 – 0,30

Para los cálculos se suele tomar un coeficiente de rodadura comprendido entre 0,02 y 0,03.

### 3.9.2 Resistencia al movimiento de un vehículo

Para que un vehículo se desplace con una cierta velocidad es necesario que la potencia del motor sea la suficiente para vencer todas las resistencias que se oponen al movimiento del citado vehículo.

Las más importantes son:

- Resistencia de rodadura
- Resistencia debida a la pendiente de la carretera
- Resistencia del aire

#### 3.9.2.1 Resistencia a la rodadura

Si  $Q$  es el peso total de un vehículo, y  $\mu_r$  el coeficiente de rodadura correspondiente, la resistencia al movimiento por rodadura será:

$$R_r = \mu_r \cdot Q$$

$\mu_r$  = Coeficiente de rodadura 0,02 a 0,03

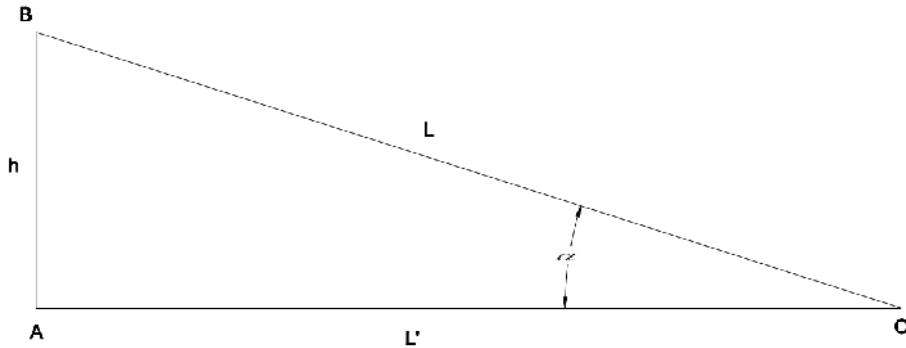
$Q$  = Peso total del vehículo (Kg)

En vencer esta resistencia se absorbe una potencia cuyo valor es (siendo  $V$  la velocidad del vehículo en Km/h):

$$N_r = \frac{R_r \cdot V}{75 \cdot 3,6} = \frac{\mu_r \cdot Q \cdot V}{270} (C.V.) = \frac{0,02 \cdot 26000 \cdot 13}{270} = 25C.V.$$

#### 3.9.2.2 Resistencia debida a la pendiente

Por definición se llama pendiente a la tangente del ángulo del plano inclinado que forma la carretera. (figura 40)



**figura 40. pendiente de terreno**

Para ángulos pequeños se verifica:

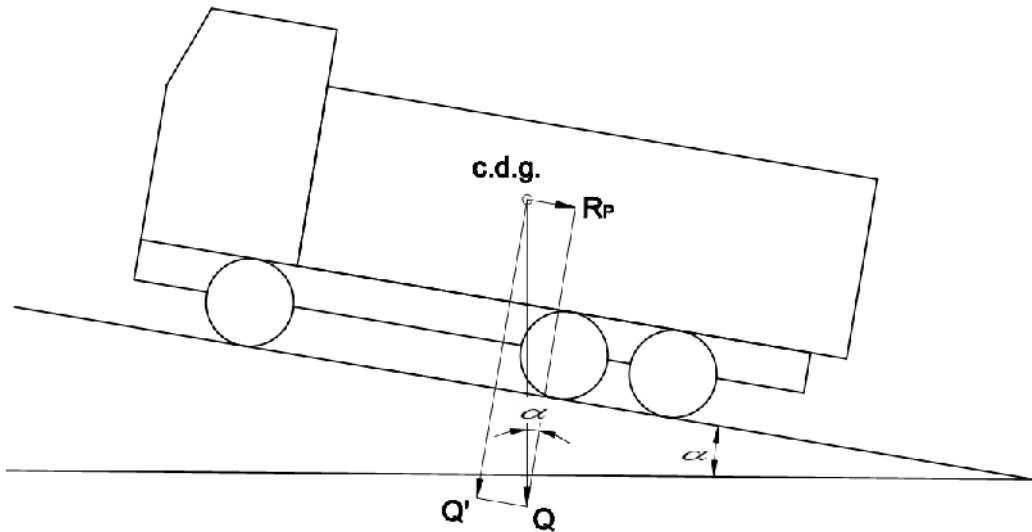
$$L' \approx L,$$

$$\tan \alpha \approx \operatorname{sen} \alpha ,$$

$$\cos \alpha \approx 1$$

En la práctica se suele expresar la pendiente en tanto por ciento, es decir para  $L = 100$ . Según la directiva 71/320 se toma pendiente del 18%

$$i = \operatorname{sen} \alpha = \frac{h}{100} = \frac{18}{100} = 18\%$$



**figura 41. Resistencia debida a la pendiente ( $R_p$ )**

Designando por  $R_p$  la resistencia debida a la pendiente de la carretera, se verifica partiendo de la figura 41:

$$R_p = Q \cdot \operatorname{sen} \alpha = Q \cdot i$$

Para vencer esta resistencia se absorbe una potencia,

$$N_p = \frac{R_p \cdot V}{270} = \frac{Q \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot V}{270} = \frac{Q \cdot i \cdot V}{270} (\text{C.V.}) = \frac{26000 \cdot 0,18 \cdot 13}{270} = 225 \text{C.V.}$$

### 3.9.2.3 Resistencia por rodadura y pendiente

La resistencia por rodadura viene expresada por:

$$R_r = \mu_r \cdot Q' = \mu_r \cdot Q \cdot \cos \alpha$$

La resistencia total por rodadura y pendiente es:

$$R_r + R_p = \mu_r \cdot Q \cdot \cos \alpha + Q \cdot \operatorname{sen} \alpha = Q \cdot \cos \alpha \cdot (\mu_r + \operatorname{tg} \alpha)$$

Como para ángulos pequeños se verifica:

$$i = \operatorname{tg} \alpha \approx \operatorname{sen} \alpha;$$

$$\cos \alpha \approx 1$$

$$R_r + R_p = Q \cdot (\mu_r + i)$$

La potencia absorbida por esta resistencia es:

$$N_{rp} = \frac{Q \cdot (\mu_r + i) \cdot V}{270} (\text{C.V.}) = \frac{26000 \cdot (0,02 + 0,18) \cdot 13}{270} = 250 \text{C.V.}$$

### 3.9.2.4 Resistencia del aire

Se ha comprobado experimentalmente que la resistencia  $R_a$  que ofrece el aire a un vehículo es proporcional a la superficie recta transversal  $S$  del vehículo (en  $m^2$ ) y al cuadrado de su velocidad  $V'$  (en  $m/s$ ), es decir:

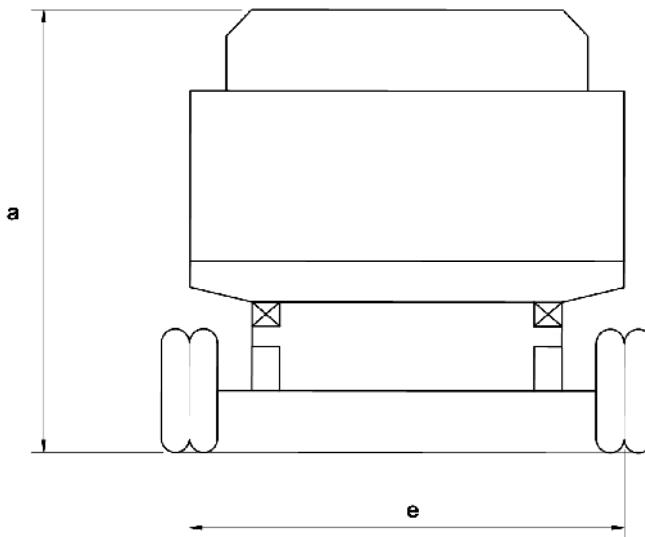
$$R_a = K \cdot S \cdot V'^2 (\text{Kg})$$

Donde  $K$  es un coeficiente de proporcionalidad que depende de la forma del vehículo y cuyos valores nominales son los siguientes:

**tabla 35. Valores del coeficiente de proporcionalidad (K) en función del tipo de vehículo**

Camiones	0,050
Autobuses	0,095
Autobuses normales	0,038
Autobuses de perfil aerodinámico	0,019
Coches	0,022 a 0,035
Coches de perfil aerodinámico	0,010 a 0,019

La sección transversal S del vehículo se obtiene tomando por base la vía del vehículo  $e$  y por altura la máxima de ésta  $a$ , es decir,  $S = a \cdot e$  (figura 42)

**figura 42. Sección transversal del vehículo**

Como esta sección es por exceso, para que el error cometido sea lo menor posible se le afecta de un coeficiente  $c$ , cuyo valor varía entre 0,85 y 0,95.

Por tanto:

$$S = c \cdot a \cdot e = 0,85 \cdot 4000 \cdot 2034 = 6915600 \text{ mm}^2 = 6,9156 \text{ m}^2$$

Si se expresa la velocidad del vehículo en  $\text{Km/h}$ , se tiene:

$$V' \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{V'/1000}{1/3600} = 3,6 \cdot V' = V(\text{Km/h})$$

$$V' = \frac{V}{3,6};$$

$$V'^2 = \frac{V^2}{13}$$

La resistencia del aire en función de la velocidad en  $\text{Km/h}$  es, por lo tanto:

$$R_a = K \cdot S \cdot \frac{V^2}{13} (\text{Kg})$$

La potencia consumida por esta resistencia es:

$$N_a = \frac{R_a \cdot V}{270} = \frac{K \cdot S \cdot \frac{V^2}{13} \cdot V}{270} = \frac{K \cdot S \cdot V^3}{3510} = \frac{0,05 \cdot 6,91 \cdot 13^3}{3510} = 0,216 \text{ C.V.}$$

Resistencia total que se opone al movimiento del vehículo:

$$T_r = R_r + R_p + R_a = Q \cdot (\mu_r + i) + K \cdot S \cdot \frac{V^2}{13} (\text{Kg})$$

La potencia necesaria para vencer esta resistencia es:

$$N_t = N_{rp} + N_a = \frac{R \cdot V}{270} = \frac{1}{270} \cdot \left[ Q \cdot V \cdot (\mu_r + i) + K \cdot S \cdot \frac{V^3}{13} \right] (C.V.) =$$

$$\frac{1}{270} \cdot \left[ 26000 \cdot 13 \cdot (0,02 + 0,18) + 0,05 \cdot 6,91 \cdot \frac{13^3}{13} \right] = 250 C.V.$$

Esta potencia es la necesaria en las ruedas motrices; la potencia del motor ha de ser mayor, ya que como se sabe, existen pérdidas por rozamiento en los distintos órganos que integran la transmisión; por tanto la expresión anterior hay que afectarla de un coeficiente  $\rho$  menor que la unidad (rendimiento de la transmisión).

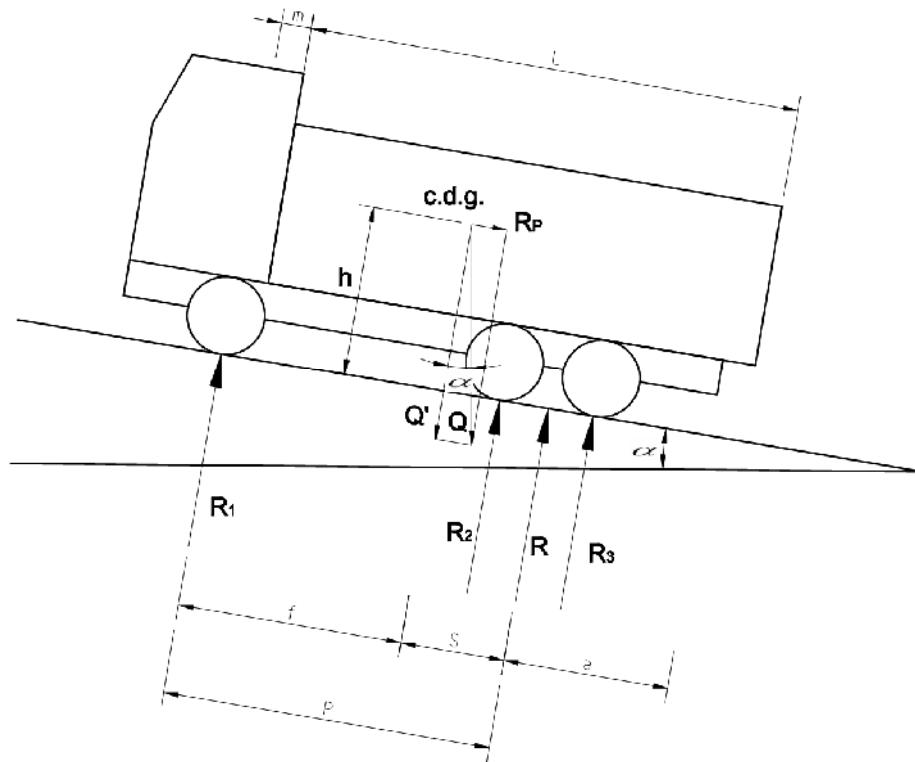
$$N = \frac{N_t}{\rho} = \frac{V}{270 \cdot \rho} \cdot \left[ Q \cdot (\mu_r + i) + K \cdot S \cdot \frac{V^2}{13} \right] (C.V.) =$$

$$= \frac{13}{270 \cdot 0,85} \cdot \left[ 26000 \cdot (0,02 + 0,18) + 0,05 \cdot 6,91 \cdot \frac{13^2}{13} \right] = 295 C.V.$$

Por lo que se ha verificado que el vehículo es capaz de superar una pendiente del 18% a una velocidad de 13 km/h, para lo cual es necesario una potencia del motor de 295 C.V., potencia inferior a la indicada en las prestaciones del vehículo (230 kW = 312,8 C.V.).

### 3.9.3 Influencia de la situación del centro de gravedad del vehículo en su capacidad de subida

No basta que el motor de un vehículo tenga la potencia suficiente para que supere una determinada pendiente, pues existen otros factores que la limitan, en especial la posición de su centro de gravedad.



**figura 43. Influencia del c.d.g en pendiente de subida**

En nuestro caso (vehículo con doble tracción trasera), la adherencia de las ruedas motrices vendrá dada por:

$$(R_2 + R_3) \cdot \mu_a = R \cdot \mu_a$$

Para que el vehículo pueda subir la pendiente se ha de verificar que:

$$R \cdot \mu_a > R_p + R_r$$

Tomando momentos respecto al eje delantero (punto de apoyo de la rueda) según la figura 43:

$$R \cdot p - Q' \cdot f - R_p \cdot h = 0$$

$$R = Q' \cdot \frac{f}{p} + R_p \cdot \frac{h}{p} = Q \cdot \left( \frac{f}{p} \cdot \cos \alpha + \frac{h}{p} \cdot \operatorname{sen} \alpha \right)$$

$$Q \cdot \left( \frac{f}{p} \cdot \cos \alpha + \frac{h}{p} \cdot \operatorname{sen} \alpha \right) \cdot \mu_a > Q \cdot (\operatorname{sen} \alpha + \mu_r \cdot \cos \alpha)$$

$$\frac{f}{p} \cdot \mu_a + \frac{h}{p} \cdot \mu_a \cdot \operatorname{tg} \alpha > \operatorname{tg} \alpha + \mu_r$$

$$i < \frac{f \cdot \mu_a - p \cdot \mu_r}{p - h \cdot \mu_a} = \frac{2992 \cdot 0,6 - 4575 \cdot 0,025}{4575 - 2670 \cdot 0,6} = 0,565 = 56,5\%$$

### 3.9.4 Reparto de cargas en el arranque y frenado

Al frenar o arrancar un vehículo, aparece una fuerza de inercia que se opone a la fuerza que tiende a poner en movimiento o a detener el mismo, y que modifica las cargas sobre ejes.

#### Determinación del esfuerzo de inercia I debida a la carga del vehículo:

En el estudio de la velocidad de un vehículo se deduce que el esfuerzo tangencial  $T$  en las ruedas motrices viene dado por la expresión:

$$T = \frac{M_m \cdot \eta \cdot 2\xi_1 \cdot \xi_2}{D_R}$$

$M_m$  es el par motor,  $\xi_1$  y  $\xi_2$  son las reducciones de la caja de cambios y diferencial respectivamente,  $D_R$  es el diámetro de las ruedas y  $\eta$  es el rendimiento de la transmisión.

Cuyos valores son:

$$M_m = 1650 N \cdot m$$

$$\eta = 0,85$$

$$\xi_1 \cdot \xi_2 = 5,333$$

$$D_R = 1072 \cdot 10^{-3} m$$

Tomando momentos respecto al centro de gravedad, se tiene:

$$R'_M \cdot \left( \frac{L}{2} - a \right) - T \cdot h - R'_A \cdot \left( \frac{L}{2} + m \right) = 0$$

Sustituyendo  $R'_A$  por su valor,  $Q - R'_M$ , resulta:

$$R'_M \cdot \left( \frac{L}{2} - a \right) - T \cdot h - (Q - R'_M) \cdot \left( \frac{L}{2} + m \right) = 0$$

$$R'_M = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} + m \right)}{P} + \frac{T \cdot h}{P} = R_M + \frac{T \cdot h}{P}$$

$$R'_A = Q - R'_M = R_A - \frac{T \cdot h}{P}$$

Comparando con los valores antes obtenidos de  $R'_A$  y  $R'_M$  se deduce:

$$\frac{I \cdot h}{P} = \frac{T \cdot h}{P};$$

por tanto;

$$I = T$$

$$I = T = \frac{M_m \cdot \eta \cdot 2\xi_1 \cdot \xi_2}{D_R} = \frac{1650N \cdot m \cdot 0,85 \cdot 2 \cdot 5,333}{1072 \cdot 10^{-3} m \cdot 0,9} = 15505N$$

### 3.9.4.1 Reparto de cargas en el arranque

Al arrancar un vehículo, la fuerza de inercia  $I$  da origen a que sobre el eje trasero grava más carga que cuando el vehículo está parado. Lo contrario ocurre sobre el eje delantero, puesto que el peso que se traspasa sobre el eje trasero reduce el que grava sobre el eje delantero.

#### Reacciones debidas a la carga:

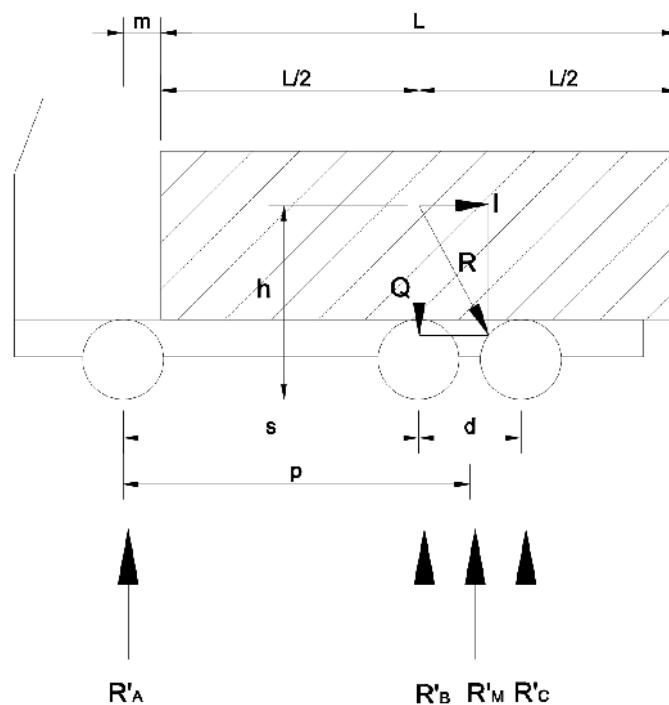


figura 44. Reparto de cargas en el arranque considerando la carga

Tomando momentos respecto a los ejes delantero y trasero a partir de la figura 44:

$$R'_M \cdot P - Q \cdot \left( \frac{L}{2} + m \right) - I \cdot h = 0$$

$$R'_M = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} + m \right)}{P} + \frac{I \cdot h}{P} = R_M + \frac{I \cdot h}{P}$$

$$R'_A \cdot P - Q \cdot \left( \frac{L}{2} - a \right) + I \cdot h = 0$$

$$R'_A = \frac{Q \cdot \left( \frac{L}{2} - a \right)}{P} - \frac{I \cdot h}{P} = R_A - \frac{I \cdot h}{P}$$

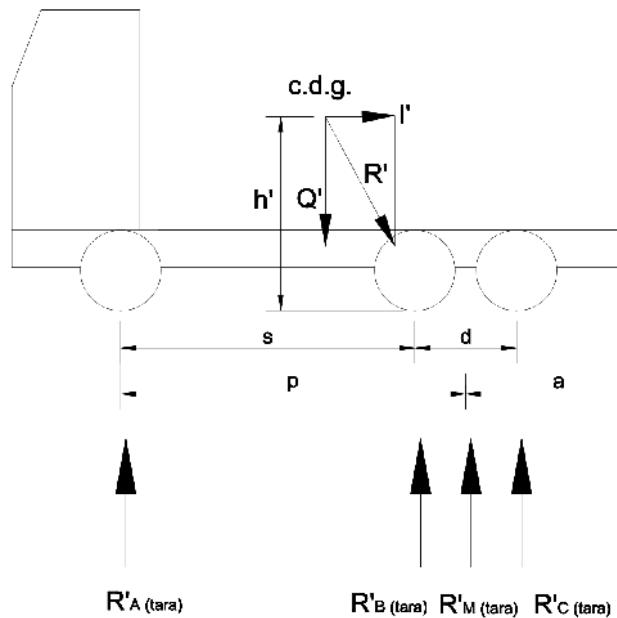
El eje trasero sufre un incremento de carga  $\frac{I \cdot h}{P}$  respecto a la del vehículo parado, y el eje delantero queda descargado en el mismo peso.

$$R'_M = R_M + \frac{I \cdot h}{P} = 151260N + \frac{15505N \cdot 2670mm}{4575mm} = 160308,82N$$

$$R'_A = R_A - \frac{I \cdot h}{P} = 25839N - \frac{15505N \cdot 2670mm}{4575mm} = 16790,18N$$

$$R'_B = R'_C = \frac{R'_M}{2} = 80154,4N$$

### Reparto de carga debido al peso propio del vehículo



**figura 45. Reparto de cargas en el arranque considerando el peso propio (TARA)**

El centro de gravedad no es el mismo que el caso anterior.

Tomando momentos respecto a los ejes delantero y traseros respectivamente partiendo de la figura 45:

$$R'_{M(tara)} \cdot P - Q' \cdot f - I' \cdot h' = 0$$

$$R'_{M(tara)} = \frac{Q' \cdot f}{P} + \frac{I' \cdot h'}{P} = R_{M(tara)} + \frac{I' \cdot h'}{P}$$

$$R'_{M(tara)} \cdot P - Q' \cdot s + I' \cdot h' = 0$$

$$R'_{A(tara)} = \frac{Q' \cdot s}{P} - \frac{I' \cdot h'}{P} = R_{A(tara)} - \frac{I' \cdot h'}{P}$$

$$R'_{B(tara)} = R'_{C(tara)} = \frac{R'_{M(tara)}}{2}$$

La carga sobre el eje trasero aumenta en  $I' \cdot h' / P$ , y por consiguiente el eje delantero queda descargado en el mismo peso. Como el valor de  $I' \cdot h' / P$  suele ser generalmente muy pequeño, en la práctica no se tiene en cuenta, es decir, se considera a efectos prácticos que las reacciones  $R'_{A(tara)}$ ,  $R'_{B(tara)}$  y  $R'_{C(tara)}$  son iguales a las  $R_{A(tara)}$ ,  $R_{B(tara)}$  y  $R_{C(tara)}$ :

$$R'_{A(tara)} = R_{A(tara)} = 45600N$$

$$R'_{B(tara)} = R_{B(tara)} = 18650N$$

$$R'_{C(tara)} = R_{C(tara)} = 18650N$$

Se comprueba que no superan las MTMA:

$$R'_A + R'_{A(tara)} \leq MTMA_A \Rightarrow 62390N \leq 90000N$$

$$R'_B + R'_{B(tara)} \leq MTMA_B \Rightarrow 98804,4N \leq 130000N$$

$$R'_C + R'_{C(tara)} \leq MTMA_C \Rightarrow 98804,4N \leq 130000N$$

Por lo tanto, las cargas sobre los ejes en el vehículo parado son las siguientes (tabla 36):

**tabla 36. Reparto de cargas a vehículo parado**

<b>REACCIONES</b>	<b>1º EJE</b>	<b>2º EJE</b>	<b>3º EJE</b>
Debido a la carga del vehículo	$R_A = 25839N$	$R_B = 75630N$	$R_C = 75630N$
Debido al peso propio del vehículo	$R_{A(tara)} = 45600N$	$R_{B(tara)} = 18650N$	$R_{C(tara)} = 18650N$

En el momento de arrancar, estas cargas se transforman en otras (tabla 37).

**tabla 37. Reacciones en ejes en el momento de arrancar**

<b>REACCIONES</b>	<b>1º EJE</b>	<b>2º EJE</b>	<b>3º EJE</b>
Debido a la carga del vehículo	$R'_A = 16790N$	$R'_B = 80154N$	$R'_C = 80154N$
Debido al peso propio del vehículo	$R'_{A(tara)} = 45600N$	$R'_{B(tara)} = 18650N$	$R'_{C(tara)} = 18650N$

### 3.9.4.2 Frenado

En este caso la fuerza de inercia actúa en sentido contrario al caso anterior; el eje delantero experimenta un incremento de carga con respecto al vehículo parado, y ocurre lo contrario sobre el eje trasero

#### Determinación del esfuerzo de inercia $I$ debido a la carga del vehículo:

Se sabe que la ecuación de un movimiento uniforme retardado es la siguiente:

$$V = V_o - J \cdot t$$

Donde  $V$  es la velocidad final,  $V_o$  la velocidad inicial,  $J$  la deceleración, y  $t$  el tiempo que tarda en detenerse el vehículo.

En la detención de un vehículo se verifica:

$$V = 0 ;$$

$$V_o = J \cdot t ;$$

$$J = \frac{V_o}{t}$$

El valor de la fuerza de inercia en función de la deceleración y de la carga es:

$$I = \frac{Q}{g} \cdot J$$

La máxima fuerza de inercia que aparecerá durante la maniobra de frenado (bloqueo de las ruedas) viene dada por la siguiente expresión:

$$I = Q \cdot \mu_s$$

Donde  $Q$  representa la carga total (peso de caja más la carga) y  $\mu_s$  el coeficiente de adherencia para asfalto seco ( $\mu_s = 0.8$ ).

$$F_I = Q \cdot \mu_s = 177100N \cdot 0,8 = 141680N$$

$$F_I = \frac{Q}{g} \cdot x = \frac{177100N}{9,81m/s^2} \cdot x \Rightarrow x = 141680 \cdot \frac{9,81}{177100} = 7,848m/s^2$$

El valor correspondiente a la deceleración de frenado calculado supera el valor mínimo exigido ( $5m/s^2$ ), con lo que el vehículo cumple con las normas de seguridad para el caso de frenado.

## 3.10 Estabilidad

### 3.10.1 Estabilidad longitudinal

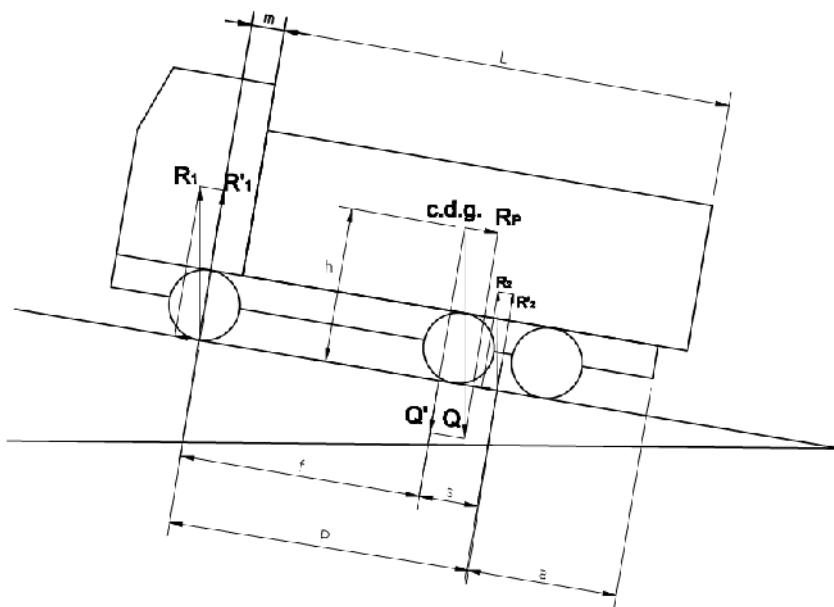


figura 46. Estabilidad longitudinal

Se considera al vehículo con todas las ruedas frenadas.

$$Q = \text{carga} + \text{tara}$$

$R_1$  y  $R_2$ , reacciones de la carga total sobre los ejes delantero y punto medio entre los dos traseros en un plano horizontal.

$R'_1$  y  $R'_2$ : reparto de carga total sobre los ejes delantero y punto medio entre los dos traseros en un plano inclinado, el cual se reparte a mitad su valor entre los ejes 2º y 3º por aproximación de cálculos.

$f$  : distancia de eje delantero a centro de gravedad del vehículo

$s$  : distancia del punto medio entre los ejes traseros a centro de gravedad del vehículo

$h$  : altura del centro de gravedad del vehículo

$R_p$  : resistencia al movimiento del vehículo debido a la pendiente.

Para que el vehículo se encuentre en posición estable es necesario que se verifique:

$$R'_1 > 0$$

Tomando momentos respecto a la línea de unión de los puntos de apoyo de las ruedas traseras partiendo de la figura 46:

$$R'_1 \cdot p + R_p \cdot h - Q' \cdot s = 0$$

$$R'_1 = Q' \cdot \frac{s}{p} - R_p \cdot \frac{h}{p}$$

$$Q' = Q \cdot \cos \alpha$$

$$R_p = Q \cdot \sin \alpha$$

$$R'_1 = Q \cdot \cos \alpha \cdot \frac{s}{p} - Q \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h}{p} = \frac{Q \cdot \cos \alpha}{p} \cdot (s - h \cdot \tan \alpha)$$

Para que  $R'_1$  sea mayor de cero, se ha de cumplir:

$$s - h \cdot \tan \alpha > 0 ;$$

$$h < \frac{s}{\tan \alpha} ;$$

$$\tan \alpha < \frac{s}{h}$$

### Capítulo 3: Cálculos justificativos de la reforma realizada

En cuanto a la adherencia, se sabe que para que un vehículo no deslice es preciso que la pendiente sea menor que el coeficiente de adherencia, o sea:

$$\operatorname{tg} \alpha < \mu_a$$

Por tanto para que un vehículo no bascule ni deslice es preciso que se verifique:

$$\mu_a > \operatorname{tg} \alpha < \frac{s}{h}$$

En la práctica se suele tomar como coeficiente de adherencia  $\mu_a = 0,6$ , y como pendiente máxima de utilización,  $\operatorname{tg} \alpha = 0,3$ , es decir,  $\alpha_{\max} = 16,7^\circ$ . Por lo tanto en los casos normales no se producen deslizamientos, ya que  $\mu_a$  es mayor que  $\operatorname{tg} \alpha$ .

En cuanto a la estabilidad, se ha de cumplir la condición:

$$h < \frac{s}{0,3}$$

Para determinar los valores límites de  $h$  en función de  $p$ , basta saber que el reparto de cargas ideal de un vehículo normal es el siguiente:

$$R_2 = (0,65 \div 0,75) \cdot Q \Rightarrow \text{Camiones con tracción trasera}$$

$$R_2 = (0,55 \div 0,6) \cdot Q \Rightarrow \text{Turismo con tracción trasera}$$

$$R_2 = 0,50 \cdot Q \Rightarrow \text{Turismo con tracción delantera}$$

En los camiones de tracción trasera, si se admite  $R_2 = 0,65 \cdot Q$ , y por lo tanto  $R_1 = 0,35 \cdot Q$  resulta:

$$s = 0,35 \cdot p$$

$$f = 0,65 \cdot p$$

El valor máximo de  $h$  en casos normales es el siguiente:

$$h < \frac{s}{0,3} = \frac{0,35}{0,3} \cdot p = 1,16 \cdot p = 5307 \text{ mm}$$

$$h < 5307 \text{ mm}$$

En la práctica, y salvo en algún caso muy especial, el centro de gravedad nunca queda tan alto que  $h$  sea superior a  $1,16 \cdot p$ . Además la altura total del vehículo es de 4000 mm, valor muy inferior a la altura máxima y crítica del centro de gravedad para una pendiente máxima permitida de 16,7°, por lo tanto se cumple la condición de estabilidad.

Para calcular la pendiente máxima admisible en el vehículo, calculamos las distancias al centro de gravedad del vehículo desde el primer eje (f) y desde el centro de los ejes traseros (s), tomando momentos en el centro de los dos ejes traseros:

$$0 = Q \cdot s - R_{AT} \cdot p$$

$$s = \frac{R_{AT} \cdot p}{Q} = \frac{9000 \cdot 4575}{26000} = 1583 \text{ mm}$$

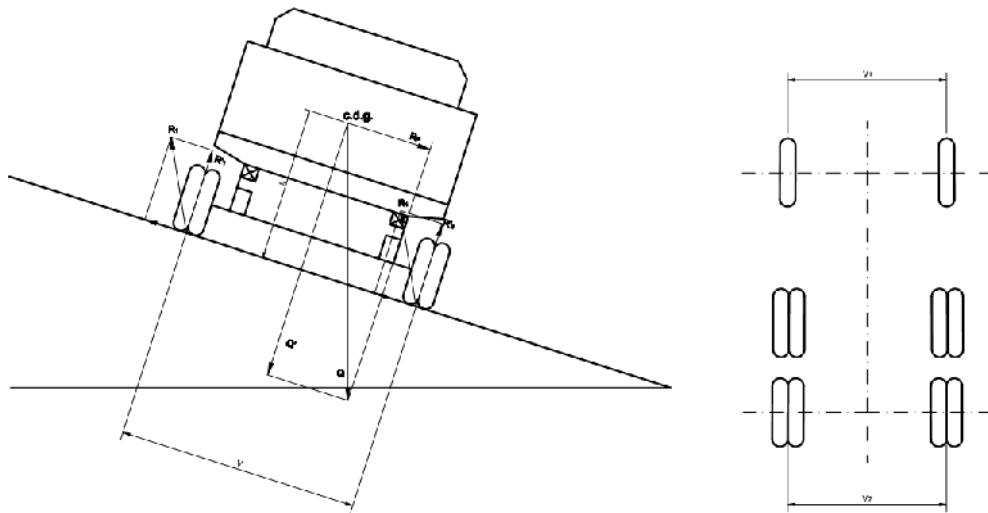
$$f = p - s = 4575 - 1583 = 2992 \text{ mm}$$

La pendiente máxima permitida y límite para que no se produzca vuelco, es:

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{s}{h} = \frac{1583}{2670} = 0,592 \Rightarrow 59,2\%$$

### 3.10.2 Estabilidad transversal

Se considera el vehículo con todas las ruedas frenadas.



**figura 47. Estabilidad transversal**

$R_1$  y  $R'_1$ : carga total en las ruedas del lateral izquierdo del vehículo, sobre un plano horizontal inclinado respectivamente.

$R_2$  y  $R'_2$ : carga total en las ruedas del lateral derecho del vehículo, sobre un plano horizontal e inclinado respectivamente.

$V_1$ : vía anterior

$V_2$ : vía posterior

$V$  : vía para el cálculo

$$Q = R_1 + R_2$$

$$Q' = R'_1 + R'_2$$

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Tomando momentos respecto a la línea  $O$  de apoyo en el terreno de las ruedas más bajas según figura 47.

$$R'_1 \cdot V - Q' \cdot \frac{V}{2} + R_p \cdot h = 0$$

$$R'_1 = \frac{Q' \cdot V - 2 \cdot R_p \cdot h}{2 \cdot V}$$

Pero:

$$Q' = Q \cdot \cos \alpha$$

$$R_p = Q \cdot \sin \alpha$$

$$R'_1 = \frac{Q \cdot \cos \alpha \cdot V - 2 \cdot Q \cdot \sin \alpha \cdot h}{2 \cdot V} = \frac{Q \cdot \cos \alpha}{2 \cdot V} \cdot (V - 2 \cdot h \cdot \tan \alpha)$$

Para que el vehículo no vuelque es preciso que se verifique :

$$R'_1 > 0$$

$$V - 2 \cdot h \cdot \tan \alpha > 0;$$

$$\tan \alpha < \frac{V}{2 \cdot h};$$

$$h < \frac{V}{2 \cdot \tan \alpha}$$

Teniendo en cuenta que el coeficiente de adherencia transversal  $\mu_t$  se puede considerar aproximadamente igual al coeficiente de adherencia longitudinal  $\mu_a$

(generalmente  $\mu_t > \mu_a$ ), para que un vehículo colocado transversalmente no bascule ni deslice es necesario que se verifique:

$$\mu_a > \operatorname{tg} \alpha < \frac{V}{2 \cdot h}$$

Al igual que en el estudio de la estabilidad longitudinal, el peralte máximo de una carretera suele ser de un 10%, pero en los cálculos se toma 30% con objeto de tener un margen de seguridad. Si por otra parte se toma como coeficiente de adherencia transversal  $\mu_t = 0,6$  no se producirá deslizamiento en los casos normales, ya que:

$$\mu_a(0,6) > \operatorname{tg} \alpha(0,3)$$

En cuanto al basculamiento lateral es muy difícil que se produzca pues la condición:

$$h < \frac{V}{0,6} = 1,66 \cdot V$$

$$h < 1,66 \cdot \frac{V_1 + V_2}{2} = 1,66 \cdot \frac{2034 + 1804}{2} = 3185,54 \text{ mm}$$

$$h < 3185,54 \text{ mm}$$

La altura del centro de gravedad no deberá sobrepasar los 3185,54 mm, caso que para una pendiente máxima permitida de 16,7°, está muy alejado de la realidad en el vehículo de estudio cuya altura del centro de gravedad real (2670 mm) es inferior a dicho máximo impuesto. De modo que cumple el criterio de estabilidad transversal.

La pendiente máxima permitida para el vehículo para que no se produzca vuelco es:

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{V}{2 \cdot h} = \frac{1919}{2 \cdot 2670} = 0,359 \Rightarrow 35,9\%$$





# **Capítulo 4**

## **Características del volquete**

### **4.1 Concepto**

El montaje de un volquete de carga supone la realización de un estudio adicional frente al montaje de una caja ordinaria. En este caso el bastidor del chasis estará sometido a unos esfuerzos puntuales en la unión del cilindro hidráulico y en el cojinete de giro del contenedor. La situación de los ejes de apoyo delantero y basculante trasero del volquete, responde a la vez a un criterio de diseño estructural y dimensional. El volquete se ha de adecuar a las dimensiones del vehículo y al resto de los requisitos inicialmente preestablecidos.

## 4.2 Descripción y diseño del volquete

El diseño del volquete trata de conseguir un vehículo optimizado para las condiciones de utilización.

Los volquetes pueden ser de varios tipos. Actualmente se impone el diseño de volquete elevado por uno o varios cilindros en el extremo delantero de la caja. Este diseño está completado con un mecanismo de estabilización intermedio entre el eje del cilindro y el eje de basculamiento. La otra alternativa más utilizada consiste en uno o varios cilindros que empujan a la caja en un punto centrado de ésta según el sentido longitudinal. El estabilizador forma parte del mismo mecanismo.

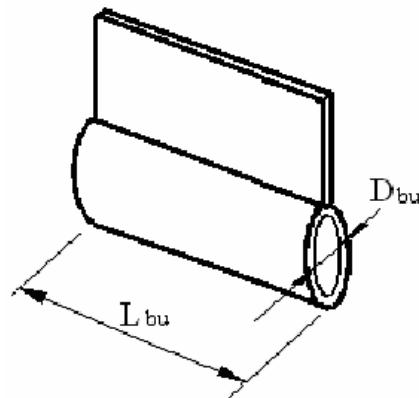
Para el montaje del volquete se han hecho las siguientes consideraciones:

- La distribución uniforme de la carga se supone invariable hasta el mismo instante en que se inicia la descarga. A continuación, tras la apertura del portón, la carga desliza sobre el suelo de la caja.
- El apoyo del cilindro de elevación, ha de estar por delante del centro de gravedad de la caja más la carga.
- El centro de gravedad de la caja más la carga quedará por delante de la mitad de los ejes traseros.
- Se han de reconsiderar los esfuerzos sobre los ejes traseros.
- Los ejes de basculación y de empuje irán instalados en el sobrebastidor con los refuerzos oportunos.

## 4.3 Dimensionamiento de los bulones

Los bulones, tanto del cilindro actuador como el eje de giro de la caja basculante, pueden romper principalmente por dos efectos principales: por cortadura de la sección, o por aplastamiento del material.

El número de apoyos del bulón o bulones del cilindro actuador suelen ser dos, los correspondientes con los extremos en contacto con el bastidor, y tienen su máxima solicitud ( $F = F_{\max}$ ) en el inicio de basculamiento, para  $\alpha = 0$ .



**figura 48. Esquema de un bulón**

Tanto el eje basculante de la caja como el punto de fijación del cilindro al bastidor tienen bulones de fijación. Un eje de articulación en el primer caso (figura 49), y un bulón centrado en el segundo (figura 48). Ambos bulones están construidos con material F1140 con un límite elástico  $\sigma_e = 2600Kg/cm^2$ .

Conocidos los máximos esfuerzos cortantes que se dan en cada punto, se han dimensionado los bulones en los apartados 4.3.1 y 4.3.2

### Restricciones de utilización

Dado que el vehículo está provisto de suspensión neumática, han de evitarse los movimientos bruscos a fin de no dañar el amortiguador y la barra de reacción. Es

imprescindible drenar el aire de los fuelles antes de elevar la caja, esto ha de hacerse con el vehículo en posición de regulación mínima. Así quedará sobre los topes dentro de los fuelles facilitando la estabilidad en la descarga.

### 4.3.1 Cálculo del eje de articulación de la caja basculante

El eje no se deberá emplear como travesaño del bastidor, ya que la carga correspondiente a la inclinación máxima le produciría una flecha en su punto medio no permisible para el buen funcionamiento en sus articulaciones. Por esto es imprescindible que junto al eje se coloque un travesaño capaz de soportar esta carga máxima, consigiéndose con ello que la flecha del eje sea nula.

En la figura 49 se indican las cotas del eje en sus articulaciones, en la que  $d$  es el diámetro y  $l$  la longitud del cojinete de bronce o de apoyo de la caja en su articulación con el eje.

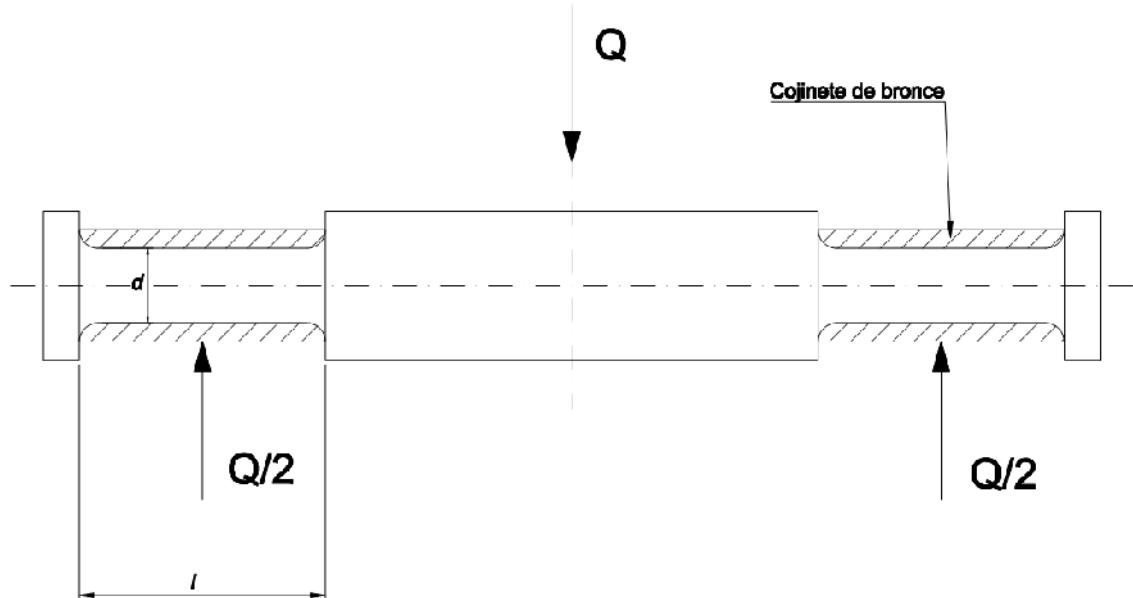


figura 49. Eje de articulación de la caja basculante

El momento flector máximo que produce la carga  $Q/2$  entre los extremos del apoyo, es:

$$M_{f_{\max}} = Q \cdot \frac{l}{2} = \frac{Q \cdot l}{4}$$

La ecuación de resistencia viene dada por:

$$\sigma_f = \frac{M_{f_{\max}}}{W}$$

En la que:

$$\sigma_f = \text{Tensión de trabajo}$$

$$W = \text{Momento resistente de la sección del eje}$$

$$W = \frac{I_{xx}}{d/2} = \frac{\frac{\pi \cdot d^4}{64}}{d/2} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 0,1 \cdot d^3$$

Siendo  $I_{xx}$  el momento de inercia de la sección del eje

Luego:

$$\sigma_f = \frac{M_{f_{\max}}}{0,1 \cdot d^3};$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{f_{\max}}}{0,1 \cdot \sigma_f}} = \sqrt[3]{\frac{Q \cdot l / 4}{0,1 \cdot \sigma_f}} \quad (1)$$

Pero por otra parte se ha de cumplir que la presión específica que actúa sobre el cojinete de bronce no ha de exceder de un cierto valor que más adelante se indica, por lo que es imprescindible que intervenga en el cálculo del diámetro del eje.

$$p = \frac{Q/2}{\Omega} = \frac{Q/2}{l \cdot d} \quad (2)$$

$$l \geq \frac{Q}{2 \cdot p \cdot \sigma_f}$$

Siendo:

$\Omega$  = Superficie proyectada del cojinete de bronce sobre el eje.

$p$  = Presión específica

De la ecuación (1), se tiene:

$$d^3 = \frac{Q \cdot l}{0,4 \cdot \sigma_f}$$

De la ecuación (2), se tiene:

$$Q = 2 \cdot p \cdot l \cdot d$$

Por consiguiente:

$$d^3 = \frac{2 \cdot p \cdot l \cdot d \cdot l}{0,4 \cdot \sigma_f} = \frac{2 \cdot p \cdot l^2 \cdot d}{0,4 \cdot \sigma_f}$$

$$d^2 = \frac{2 \cdot p \cdot l^2}{0,4 \cdot \sigma_f};$$

$$\frac{l^2}{d^2} = \frac{0,4 \cdot \sigma_f}{2 \cdot p};$$

$$\frac{l}{d} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sigma_f}{p}};$$

$$\begin{aligned}
d &= \frac{l}{\sqrt{\frac{0,2 \cdot \sigma_f}{p}}} = \frac{l \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sigma_f}{p}}}{0,2 \cdot \sigma_f} = 2,23 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_f}} = \\
&= 2,23 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_f}} = 2,23 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{Q}{2 \cdot d \cdot l \cdot \sigma_f}} = 1,58 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot l}{d \cdot \sigma_f}} = 1,58 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot (l/d)}{\sigma_f}} \\
&= 1,58 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\sigma_f}} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sigma_f}{p}} \\
d &= 1,58 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\sigma_f}} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sigma_f}{p}}
\end{aligned}$$

### Espesor del cojinete de bronce

En la práctica se suele tomar:

$$e = \frac{1}{16} \cdot d + 0,5 \text{ cm}$$

### Limitación de la presión específica:

En la práctica debe limitarse para que:

$$p \leq 25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$l = 1,5 \cdot d \div 1,8 \cdot d$$

### Dimensiones del eje de articulación

El material del eje es acero F1140, con un límite elástico de valor  $\sigma_e = 2600 \text{ Kg/cm}^2$ .

La tensión de trabajo  $\sigma_f$  se calcula en función de obtener un límite de seguridad de coeficiente 3.

$$C.S. = \frac{\sigma_e}{\sigma_f} = 3$$

$$\sigma_f = \frac{\sigma_e}{C.S.} = \frac{2600 \text{Kg/cm}^2}{3} = 866,7 \text{Kg/cm}^2$$

En base a las consideraciones anteriores, el diámetro del eje es el siguiente

$$d = 1,58 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\sigma_f} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sigma_f}{p}}} = 1,58 \cdot \sqrt{\frac{13522 \text{Kg}}{866,7 \text{Kg/cm}^2} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot 866,7 \text{Kg/cm}^2}{25 \text{Kg/cm}^2}}} = 10 \text{cm} = 100 \text{mm}$$

El espesor de bronce:

$$e = \frac{1}{16} \cdot d + 0,5 \text{cm} = \frac{1}{16} \cdot 10 + 0,5 = 1,125 \text{cm}$$

Y la longitud del cojinete:

$$l = 1,8 \cdot d = 1,8 \cdot 10 = 18 \text{cm}$$

Debido a la responsabilidad que tiene este tipo de articulación, es preciso que se cumpla las siguientes condiciones que se han llevado a cabo para el dimensionamiento:

- Que el eje trabaje con un coeficiente de seguridad no inferior a 3
- Que la presión específica no sea, en el peor de los casos, superior a  $25 \text{ Kg/cm}^2$
- Que la longitud del cojinete de bronce esté dentro de lo establecido  

$$1,5 \cdot d \leq l \leq 1,8 \cdot d$$
- Que el engrase entre el eje y el cojinete sea el adecuado

### 4.3.2 Bulón de articulación del cilindro elevador

Para el diseño del bulón del punto de articulación del cilindro hidráulico (figura 48) consideramos el caso más desfavorable, el cual coincide en el inicio de basculación del volquete ( $\alpha = 0^\circ$ ). El esfuerzo que actúa sobre el bulón es;

$$Q = 9043Kg = 90430N$$

Empleando el mismo procedimiento seguido en el apartado 4.3.1, el diámetro para el bulón de articulación del cilindro es:

$$d = 1,58 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\sigma_f} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sigma_f}{p}}} = 1,58 \cdot \sqrt{\frac{9043Kg}{866,7Kg/cm^2} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot 866,7Kg/cm^2}{25Kg/cm^2}}} = 8,3cm = 83mm$$

Y el ancho de apoyo es:

$$l = 1,8 \cdot d = 1,8 \cdot 8,3 = 14,94cm$$



# **Capítulo 5**

## **Pliego de condiciones**

### **5.1 Objeto**

Para la realización de las reformas tratadas, se seguirán las siguientes normas y prescripciones:

El objetivo del falso chasis es garantizar una distribución uniforme de las cargas sobre el chasis del vehículo y la colaboración necesaria a efectos de resistencia y rigidez, en función del uso específico del vehículo mismo.

## 5.2 Falso chasis y superestructura

Para su realización tener en cuenta:

### 5.2.1 Material

El material empleado será acero Fe52. Pero, en general, si los esfuerzos del falso chasis no son grandes, el material usado para su realización podrá tener características inferiores a las del chasis del vehículo. Deberá tener buenas características de soldabilidad y límites no inferiores a:

$$\sigma_e \geq 360 \text{ N/mm}^2$$

En los casos en que los límites de los esfuerzos lo requieran, o si se desea evitar grandes alturas de las secciones, se podrán utilizar materiales con características mecánicas superiores. Sin embargo, se tendrá en cuenta que la reducción del momento de inercia del perfil de refuerzo supondrá flexiones y esfuerzos mayores en el chasis principal.

## 5.3 Taladros

Se prohíbe terminantemente taladrar las alas de los largueros del vehículo. Tras su ejecución, deberá protegerse con pintura especial contra la corrosión.

### 5.3.1 Taladros en el chasis

Cuando se apliquen al chasis grupos u órganos auxiliares, normalmente se procurará usar los orificios ya existentes y realizados en la fábrica.

En los casos (aplicación de escuadras, angulares, etc.) donde sea necesario realizar nuevos orificios, éstos se realizarán en el alma del larguero, se eliminarán las rebabas y se rectificarán cuidadosamente.

### 5.3.2 Colocación y dimensiones

No se efectuarán orificios en las zonas que estén sometidas a mayor esfuerzo (por ejemplo los soportes de los muelles) y de variación de la sección del larguero.

El diámetro de los orificios deberá ser adecuado al espesor de la chapa; en ningún caso podrá superar los 15 mm (a no ser que se indique otra cosa). La distancia que va desde el eje de los orificios a los bordes del larguero no deberá ser inferior a 40 mm; en cualquier caso, los ejes de los orificios no deberán estar entre sí, o con respecto a los ya existentes, a una distancia inferior a 45 mm. Los orificios deberán desfasarse como se indica en la figura 50. Cuando se desplacen soportes de muelles o de travesaños, se mantendrán los propios esquemas de perforación.

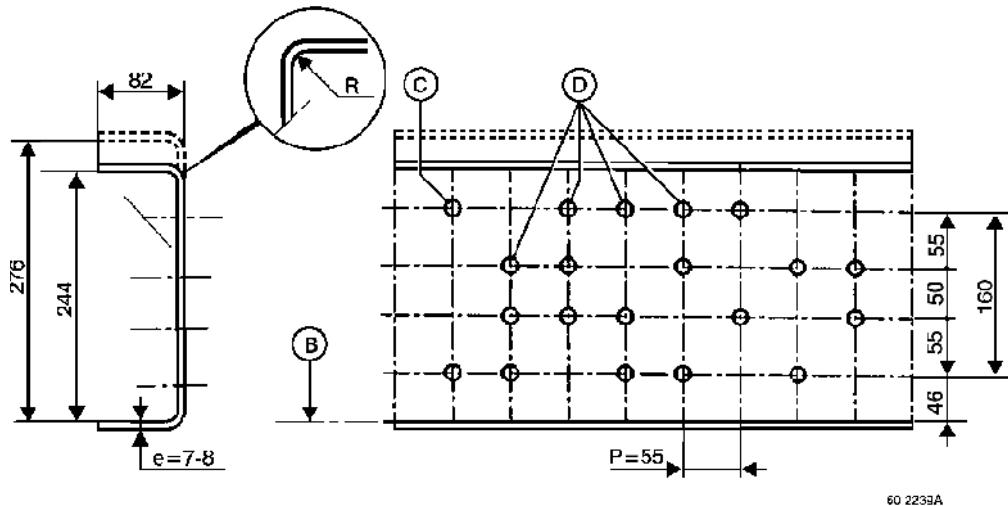


figura 50. Pliego de condiciones. Taladro

e: espesor del larguero.

P: distancia entre los ejes de dos taladros.

R: radio interno de curvatura del larguero (11mm).

C: diámetro del taladro máximo autorizado.

13 mm para un tornillo de 12

15 mm para un tornillo de 14

D: alineación de 3 orificios máximo en un mismo eje vertical.

### 5.3.3 Tornillos y remaches

Utilizar en general los sistemas de fijación del mismo tipo y clases previstos para fijaciones idénticas en el vehículo original. Para las fijaciones de fuerza (por ej. soportes de los muelles, acoplamiento de las barras, amortiguadores, etc.) utilizar tornillos de clase 10.9. Si los volúmenes lo permiten, usar tornillos y tuercas de cabeza con brida.

## 5.4 Soldadura

Sólo personal especializado y preparado podrá realizar soldaduras, utilizando las herramientas adecuadas y ejecutándolas a la perfección.

Se admiten soldaduras:

- En el acoplamiento de los largueros, en caso de alargar o acortar los mismos.
- Al aplicar refuerzos angulares en la zona afectada por la modificación del larguero, como se especifica a continuación.

Durante la operación de soldadura, con el fin de proteger los órganos eléctricos (alternador, baterías), conectar la masa del soldador directamente en la pieza a soldar y desconectar el borne negativo de la batería.

Las tuberías de material plástico deberán estar protegidas contra las fuentes de calor y contra las salpicaduras de material durante las fases de elaboración; proceder al desmontaje de las mismas si fuera necesario.

Proteger de modo análogo las superficies de las ballestas y de los muelles de aire contra las salpicaduras de soldadura. Evitar contactos entre electrodos o pinzas y las hojas de las ballestas.

Durante la operación deberá eliminarse totalmente la pintura y se desoxidarán perfectamente tanto las partes del chasis sujetas a soldadura como las que deberán estar cubiertas por eventuales refuerzos. Al acabar la operación, la parte modificada deberá ser protegida eficazmente con antioxidante.

Se soldará con electrodo de calidad E-512R12, según norma UNE, con hilo continuo en atmósfera de gas protector (Argón) para los cordones de longitud media o grande (SG-2 para espesor de capa entre 1.5 y 5mm).

La intensidad de la corriente será de un máximo de 40 A por mm. de diámetro del electrodo. No se soldará en los bordes de ala de largueros ni en la zona de radio entre ala

## Capítulo 5: Pliego de condiciones

y alma, tampoco se soldará sobre el bastidor original en la zona de distancia entre ejes. La soldadura seguirá las normas E-02008 y E-02003 para una buena unión, y para una buena calidad, se adaptará a la norma DIN 85631111 nivel BK para soldadura en Angulo y nivel CS para soldadura a tope. Tras este proceso se eliminarán las posibles escorias y se pintará para evitar la posible corrosión.

## 5.5 Pintura

Las zonas mecanizadas deberán protegerse contra la oxidación, para lo cual se emplearán productos y procesos adecuados. Las zonas de solapamiento, que no puedan pintarse al final, deberán protegerse antes de montar y en las dos caras de contacto. El acabado será de optima calidad, no admitiéndose defectos como opacidad, cráteres, ni descolgamiento. Tratándose del acero, el proceso deberá ser el siguiente:

- Tras desengrasar la superficie y usar un agente decapante adecuado, se aplicará un aparejo hasta lograr un espesor mínimo de película de 0.02 mm.
- Tras ello, se dará imprimación con pistola hasta lograr un espesor mínimo de película de 0.025 mm. Se lijará al agua con papel abrasivo de grado 400.
- Por ultimo, se aplicará a pistola una mano de pintura hasta alcanzar un mínimo de película seca de 0.025 mm

## **5.6 Estudio básico de seguridad y salud**

Tiene por objeto dar unas directrices básicas al taller que realiza la reforma, para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales. Todo ello en aplicación del RD 1627/97

### **5.6.1 Riesgos**

#### **5.6.1.1 Riesgos en nave taller**

- Atropellos o atrapamientos por vehículos.
- Polvo, ruido, humos.
- Salpicaduras por soldaduras u otros elementos.

#### **5.6.1.2 Riesgos en estructuras**

- Golpes contra objetos.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de objetos.
- Heridas punzantes en pies y manos.
- Erosiones y contusiones en manipulación.
- Heridas por máquinas cortadoras o plegadoras.
- Impactos por limitación de gálibos.

#### **5.6.1.3 Riesgos eléctricos**

Electrocución contactos directos e indirectos por:

- Trabajos con tensión.
- Intentar trabajar sin tensión pero sin asegurarse de que los circuitos están interrumpidos o que no se pueden reconectar.
- Mal funcionamiento de mecanismos y sistemas de protección.
- Uso de equipos inadecuados o deteriorados.
- Mal comportamiento o incorrecta instalación del sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos en general y de tomas de tierra en particular.

#### **5.6.1.4 Riesgos de incendios**

- Soldaduras oxiacetilénica y oxicorte.
- Soldadura eléctrica.
- Cortocircuitos.

### **5.6.2 Prevención de riesgos**

#### **5.6.2.1 Protección individual**

- Guantes de uso general para manejo de materiales agresivos mecánicamente
- Cargas y descargas, manipulación de piezas, tubos, etc.
- Guantes de soldador.
- Botas de seguridad para los trabajos de carga y descarga, manejo de piezas y trabajos de apoyo.
- Mono de trabajo.

- Gafas de oxicorte.
- Protectores auditivos.
- Gafas contra impactos para trabajos donde puedan proyectarse partículas por uso de radiales, taladros, martillos, etc.
- Mascarilla antipolvo, para trabajos de pintura.
- Pantalla de soldador.

### **5.6.2.2 Protecciones colectivas**

- Extintores para almacenes, zonas con combustibles, etc.
- Extractores en zonas donde se generan humos.
- Interruptores diferenciales en cuadros y máquinas eléctricas.
- Válvulas anti-retroceso para equipos de soldadura oxiacetilénica.
- Botiquín de primeros auxilios, conteniendo el material y productos especificados en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Información sobre el Centro Médico a acudir en el supuesto de traslados de un accidentado.

### **5.6.2.3 Protección a terceros**

- Señalizar los movimientos de vehículos de acuerdo con las Normas de Seguridad Vial.

# **Capítulo 6**

## **Presupuesto**

En este capítulo se procede a dar un presupuesto aproximado de lo que podría costar la transformación del vehículo, con los datos del presupuesto indicados en la tabla 38.

**tabla 38. Presupuesto**

CONCEPTO	TOTAL EUROS
<b>VOLQUETE BASCULANTE</b>	
Toma de fuerza	550
Bomba hidráulica	600
cilíndro hidráulico	2.000
sobrebastidor y fijaciones	1.500
<b>total</b>	<b>4.650</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	
Carrocero caja	2.100
Pintura caja	720
- Imprimación anticorrosiva	40
- Pintura de caja	680
Materiales de pintura e imprimación	252
1 plancha de acero 5m x 2.3m	
2 planchas de acero 5m x 1.1m	552
2 planchas de acero 2.3m x 1.1m	
<b>Total</b>	<b>4.344</b>
<b>GASTOS ADMINISTRACIÓN</b>	
Registro de la propiedad intelectual	20
Certificado fin de obra	40
Certificado de taller	150
Informe de laboratorio	360
Tramitación ITV y tasas	250
Proyecto técnico	500
<b>Total</b>	<b>1.320</b>
<b>TOTAL</b>	<b>10.314</b>

# Capítulo 7

## Conclusiones

A la vista de todos los cálculos realizados en el presente proyecto, se concluye que el vehículo está correctamente dimensionado desde el punto de vista de medidas, cargas, transmisión, frenos, dirección, estabilidad, etc.

Además, se ha demostrado que todos los elementos extra añadidos al vehículo tales como sobrebastidor, caja de carga, eje de basculación, bulón de articulación de cilindro de elevación y sistema hidráulico son apropiados para el vehículo.

## Capítulo 7: Conclusiones

# Capítulo 8

## Bibliografía

### 8.1 Libros

**FRANCISCO MUÑOZ GRACIA.** “El vehículo industrial y automóvil. Cálculo teórico práctico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil”.

**SANTIAGO BASELGA ARIÑO.** “Bases teóricas sobre reformas de importancia de vehículos”.

**MANUEL CASCAJOSA SORIANO.** “Ingeniería de vehículos: Sistemas y cálculos”.

## 8.2 Manuales

**Manual de carroceros. Gama Euro:** Instrucciones para la transformación y los equipamientos.

**Manual de reformas de importancia.** Guía de referencia.

**Manual de superestructuras.** Mercedes Benz: Daimler-Chrysler AG 2000

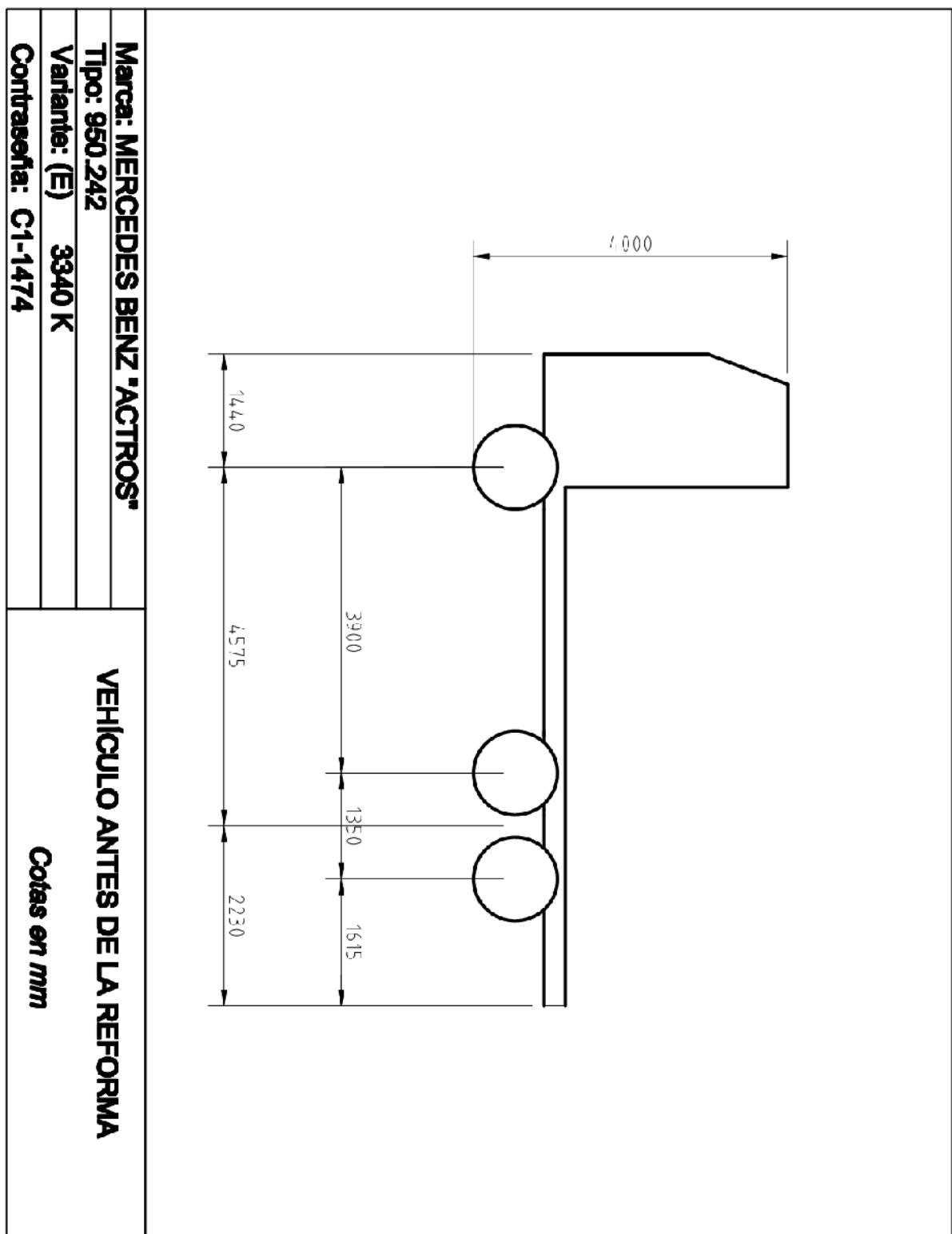
## 8.2 Manuales



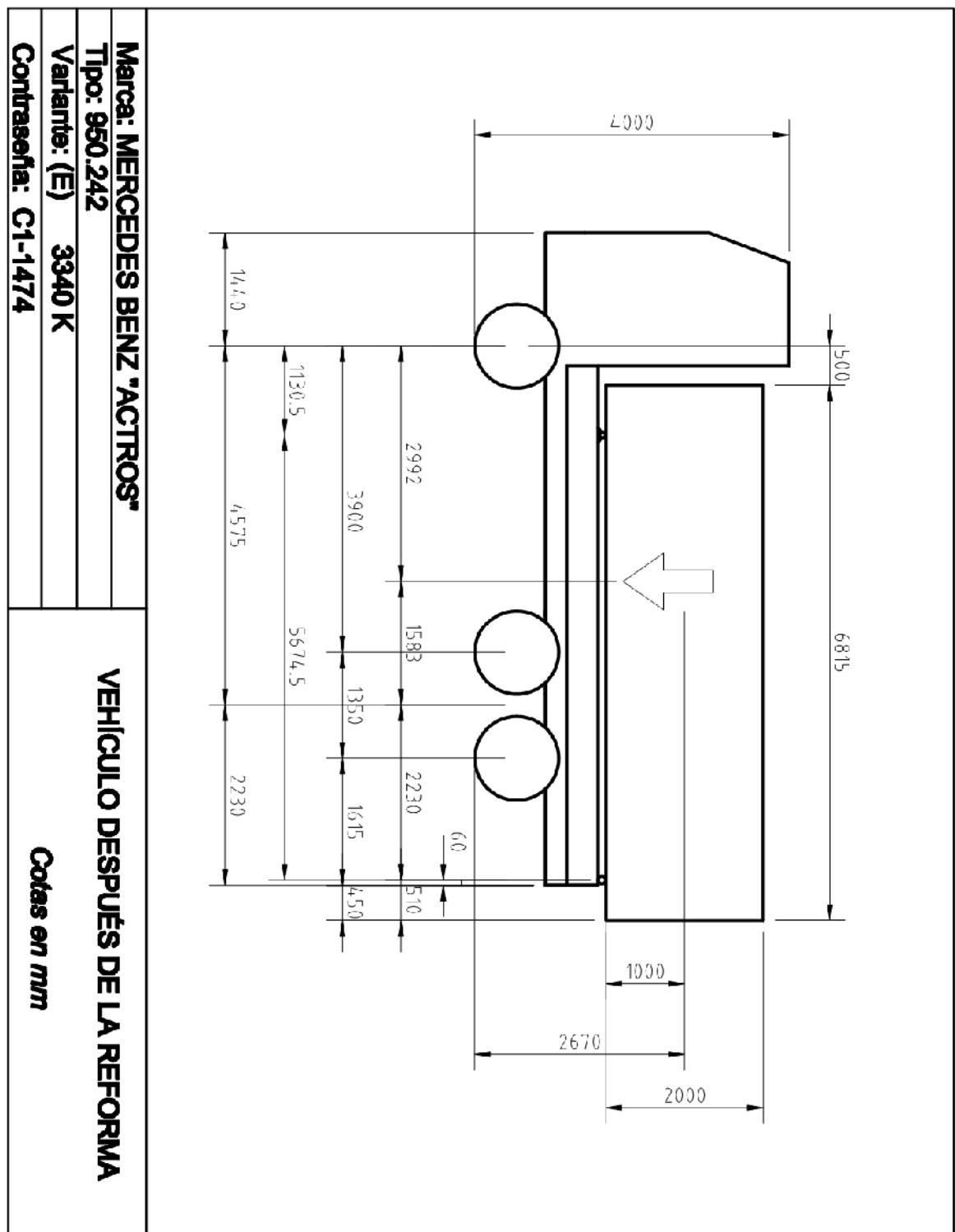
# **Capítulo 9**

## **Anexo I. Planos**

### **9.1 Planos del vehículo antes y después de la reforma**



## 9.1 Planos del vehículo antes y después de la reforma





# **Capítulo 10**

## **Anexos II. Hidráulica**

### **10.1 Tomas de fuerza**

**TOMAS DE FUERZA A MOTOR**  
Pto ENGINES

Catálogo Técnico/Technical Catalogue



RECOMENDAMOS

**CALP** Lubricantes

**BZ**  
Bezares S.A.



CÓDIGO/CODE 700704

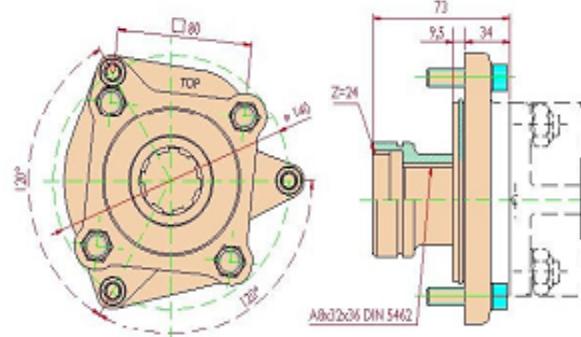
**Kit Adaptador/Adapter Kit**  
**MERCEDES V6, V8 ENGINE/F1**
**MOTORES MB (SERIE ACTROS)/MB ENGINES (ACTROS SERIES)**
**DATOS Principales/Main Data**
**Par nominal / Torque (Nm)**

Continuo / Continous	390
Intermitente / Intermittent	470
Sentido de giro / Rotation.	DERECHO / Right hand
Relación motor-bomba / Engine to pump ratio.	1: 1.075

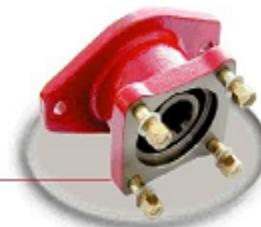
**NOTAS/NOTES**

Con este kit adaptador, puede instalarse una bomba hidráulica con norma ISO estándar sobre los motores Mercedes V6 y V8.

With the adapter kit, an hydraulic pump that meets the ISO standard can be installed on the PTO of the Mercedes V6 and V8 engines.


**Kit Adaptador/Adapter Kit**  
**MERCEDES V12, ENGINE/F1**

CÓDIGO/CODE 706404

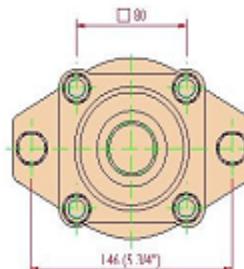
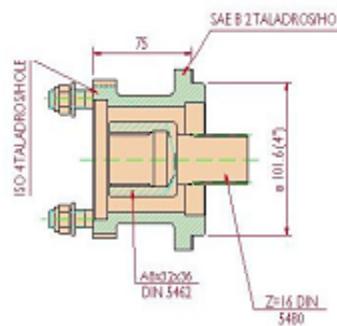

**DATOS Principales/Main Data**
**Par nominal / Torque (Nm)**

Continuo / Continuous	500
Intermitente / Intermittent	700
Potencia / Power: 1000 rpm.	70 CV // 52 Kw

**NOTAS/NOTES**

Con este kit adaptador, puede instalarse una bomba hidráulica con norma ISO estándar sobre los motores Mercedes V12.

With the adapter kit, an hydraulic pump that meets the ISO standard can be installed on the PTO of the Mercedes V12 engines.





 <p><b>Bombas de Engranajes</b> GEAR PUMPS</p>	 <p><b>Bombas de Pistones</b> PISTON PUMPS</p>	
 <p><b>Multiplicadora para Tractor</b> TRAC POWER</p>	 <p><b>Tomas de Fuerza</b> POWER TAKE OFF'S</p>	
 <p><b>Minicentrales</b> MINI POWER PACKS</p>	 <p><b>Racores Hidráulica</b> HYDRAULIC CONNECTORS</p>	 <p><b>Monomandos de Control</b> PNEUMATIC CAB CONTROLS</p>
 <p><b>Depósitos</b> OIL TANKS</p>	 <p><b>Válvulas Hidráulicas</b> HYDRAULIC VALVES</p>	

**AYDA. CÁMARA DE LA INDUSTRIA, 12  
28998 MOSTOLES (Madrid) Spain  
Tel.: +34 902 389 38  
Fax: +34 91 647 42 92  
http://www.bezares.com  
E-MAIL: bezares@bezares.com**

**ASINOR  
Sistemas de Producción  
Excellence**

**IONET  
CERTIFIED  
QUALITY SYSTEM**

**BL  
Bezares S.A.**

**CRTA. NAC. 152 (Barri-Pratcedo) km. 25.  
08110 Paürs del Vallès (Barcelona)  
Tel.: +34 93 573 01 50  
Fax: +34 93 562 06 55  
E-MAIL: bezaresbezares@bezares.com**

## 10.2 Bombas hidráulicas

## Bombas y Motores Hidráulicos

Hydraulic Pumps and Motors

Pompes et Moteurs Hydrauliques

Hydraulikpumpen und Motoren

Catálogo Técnico / Technical Catalogue / Catalogue Technique / Technisch Katalog



**Bz**  
Bezares s.a.



## Índice / Index / Sommaire / Index

## Bombas de Engranajes / Gear Pumps / Pompe à Engrenages / Zahnradpumpe

## Serie

## Pág.

- BEA / BEAU 8/12/16/19 ..... 4
- BEA SF 4.2/5.0/6.1/7.1 ..... 5
- BE / BEU 15/20/25/30/35/40/45 ..... 6
- BE L 50/60/70/80/100 - BE L RA 19.2/15.9/18.5/21.1/RB 28.4 ..... 7
- BE XL 85/100/115/130/150 - BE XL RB 23.4/27.3/31.2/33/39 ..... 8

## Bombas de Paletas/ Vane Pumps/ Pompes à Palettes / Flügelradpumpen

- BP ..... 18

## Bombas de Pistones/ Piston Pump / Pompe à Pistons / Kolbenpumpe

## Serie

## Pág.

- BZ 12/20/30/40/50/58/65/75/85/100 ..... 9
- BZT 50+50/60+40/60+30 ..... 10
- F1 ..... 11
- T1 ..... 12
- P2 ..... 13

Bombas de Caudal Variable / Variable Flow Pumps / Pompe à cylindrée Variable  
Variablem Verdürgungsvolumen Pumpen

- VP1 ..... 14

## Motores Hidráulicos / Hydraulic Motors / Moteurs Hydrauliques / Hydraulikmotoren

## Serie

## Pág.

- BZM ..... 15
- FIM ..... 16
- F11 ..... 17
- F12 ..... 17

## Comparativa/ Comparative / Comparatif / Vergleichsdare

## Comparativa

## Pág.

- Caudal-Velocidad/Flow-Speed/Debit-Vitesse/Durchflümenge-Drehzahl ..... 19,20
- Par-Presión/Couple-Pression/Vergleichbare Drehmoment-Druck ..... 21,22

## Racores de Aspiración/Suction Pipes / Raccords D'Aspiration / Saugstutzen

## Racores

## Pág.

- Codo/Elbow/Code/Abgewinkelt 45° ..... 23
- Recto / Straight / Droite / Gerade ..... 23
- Codo/Elbow/Code/Abgewinkelt 90° ..... 23





**Bombas de Engranajes**  
Gear Pumps / Pompe à Engrenages / Zahnradpumpe



**SERIE**

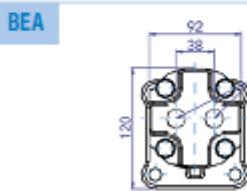
**BEA / BEAU 8/12/16/19**

Bomba de engranajes con sentido de giro reversible y drenaje interno.  
Construida con cuerpo de aluminio, más ligera y que permite trabajar a altas presiones con un bajo nivel de ruido.

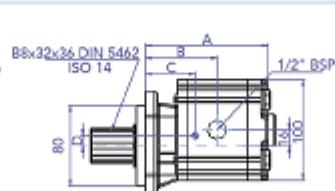
Gear pump with reversible sense of rotation and internal drainage. Built in aluminum body, lighter than casting pumps, permits to work at high pressures with a low level of noise.

Pompe à engrenages avec sens de rotation réversible et drainage interne.  
Construite avec un corps en aluminium, elle est plus légère et permet de travailler à de hautes pressions avec un faible niveau de bruit.

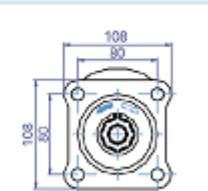
Zahnradpumpe mit umkehrbarer Drehrichtung und interner Dränage.  
Mit Aluminiumkörper, geringeres Gewicht, arbeitet mit hohen Drücken und niedrigem Geräuschepegel.



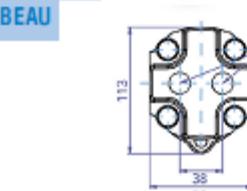
**BEA**



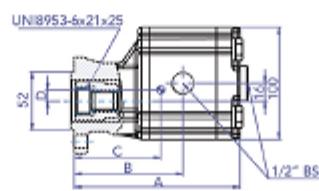
**BEA**



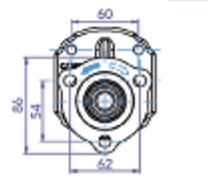
**BEA**



**BEAU**



**BEAU**



**BEAU**

Dimensiones / Dimensions / Dimensions/ Maße (mm)	BEA 8	BEAU 8	BEA 12	BEAU 12	BEA 16	BEAU 16	BEA 19	BEAU 19
<b>A</b>	125	150	132	157	138	163	143	168
<b>B</b>	69	94	72	97	75	100	77	102
<b>C</b>	55.7	83.9	58.8	87.8	61.9	91.7	64.2	94.7
<b>D</b>	10.7	11.8	10.9	12.1	11.1	12.4	11.2	12.7

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	BEA 8	BEA 12	BEA 16	BEA 19
Código / Code Référence / B - Nummer	5024006	5024106	5024206	5024306
Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	BEAU 8	BEAU 12	BEAU 16	BEAU 19
Código / Code Référence / B - Nummer	5025006	5025106	5025206	5025306
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm <sup>3</sup> /rev)	8	12	16	19
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m)	min. (P1) máx. (P1)	500 2000	500 2000	500 2000
Presión máxima continua / Maximum continuous pressure Pression maxi continu / Maximaler dauerdruck (P1) (Bar)	250	250	250	230
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (Bar)	290	290	290	270
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	4.6	4.8	5.1	5.2

4





## Bombas de Engranajes

Gear Pumps / Pompe à Engrenages / Zahnradpumpe

**SERIE**

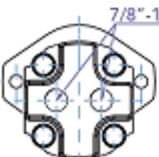
**BEA SF 4.2/ 5.0/ 6.1/ 7.1/ 8.2/ 8.7**

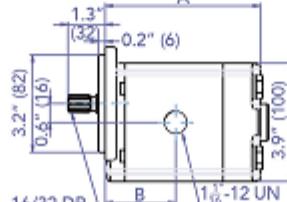
**Bomba de engranajes con sentido de giro reversible y drenaje interno.**  
Construida con cuerpo de aluminio, más ligera y que permite trabajar a altas presiones con un bajo nivel de ruido.  
Con Banda SAE "A" 9 dientes.

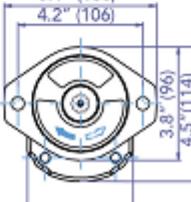
**Gear pump with reversible sense of rotation and internal drainage.** Built in aluminium body, lighter than casting pumps, permits to work at high pressures with a low level of noise.  
With SAE "A" bolt.

**Pompe à engrenages avec sens de rotation réversible et drainage interne.** Construite avec un corps en aluminium, elle est plus légère et permet de travailler à de hautes pressions avec un faible niveau de bruit.

**Zahnradpumpe mit umkehrbarer Drehrichtung und interner Dränage.** Mit Aluminiumkörper, geringeres Gewicht, arbeitet mit hohen Drücken und niedrigem Geräuschpegel.







Dimensiones / Dimensions / Dimensions/ Maße (Im)		BEA SF 4.2	BEA SF 5.0	BEA SF 6.1	BEA SF 7.1	BEA SF 8.2	BEA SF 8.7
<b>A</b>		4.51	4.69	4.95	5.20	5.44	5.56
<b>B</b>		2.03	2.12	2.25	2.37	2.50	2.56

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe		BEA SF 4.2	BEA SF 5.0	BEA SF 6.1	BEA SF 7.1	BEA SF 8.2	BEA SF 8.7
Código / Code Référence / B - Nummer		5027206	5027306	5027406	5027506	5027606	5027706
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cu in /rev)		0.976	1.159	1.403	1.647	1.891	2.013
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m)	min.(P1)	500	500	500	500	500	500
	máx.(P1)	1800	1500	1200	1100	900	850
Presión máxima continua / Maximum continuous pressure Pression maxi continu / Maximaler dauerdruck (P1) (Bar)		3600	3350	3200	2700	2400	2250
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (Bar)		4200	3900	3600	3200	2900	2700
Peso / Weight Masse / Gewicht (LB)		8.3	8.6	8.9	9.3	9.6	9.8


5



**Bombas de Engranajes**

Gear Pumps / Pompe à Engrenages / Zahnradpumpe

**SERIE**

**BE/BEU 15/ 20/ 25/ 30/ 35/ 40/ 45**



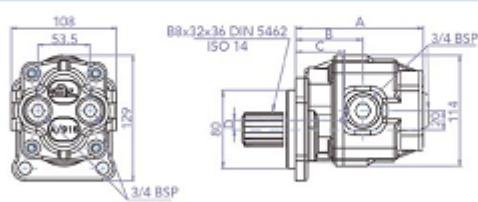
Bomba de engranajes con sentido de giro reversible y drenaje interno. Puertos traseros y laterales.

Gear pump with reversible sense of rotation and internal drainage. Rear and side ports.

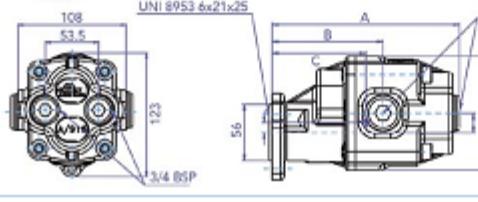
Pompe à engrenages avec sens de rotation réversible et drainage interne. Accès latéral et arrière.

Zahnradpumpe mit umkehrbarer Drehrichtung und interner Dränage. Hinter und seitl. port.

**BE**



**BEU**



Dimensiones / Dimensions / Dimensions/ Maße (mm)

	BE 15	BEU 15	BE 20	BEU 20	BE 25	BEU 25	BE 30	BEU 30	BE 35	BEU 35	BE 40	BEU 40	BE 45	BEU 45
<b>A</b>	121	156	125	160	131	166	136	170	146	180	149	183	141	196
<b>B</b>	69	104	73	108	67	102	74	109	74	109	80	114	84	119
<b>C</b>	52.2	87.3	54.4	89.3	56.8	92	60.7	96	65.3	100.6	68.5	104	71.8	107.3
<b>D</b>	16.1	16.8	16.2	16.9	16.3	17	16.5	17.2	16.8	17.4	16.9	17.5	17.1	17.7

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe

	BE 15	BE 20	BE 25	BE 30	BE 35	BE 40	BE 45
Código / Code Référence / B - Nummer	5022806	5022906	5021506	5023006	5021006	5023104	5021106

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe

	BEU 15	BEU 20	BEU 25	BEU 30	BEU 35	BEU 40	BEU 45
Código / Code Référence / B - Nummer	5025406	5025506	5025606	5025706	5025806	5025906	5026006

Desplazamiento / Displacement  
Déplacement / Verschiebung (cm³/rev)

	16	19	23	29	36	41	46
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m)	min.(P1) máx.(P1)	500 2000	500 2000	500 2000	500 2000	500 2000	500 2000

Presión máxima continua / Maximum continuous pressure  
Pression maxi continu / Maximaler dauerdruck (P1) (Bar)

	270	260	250	240	230	210	200
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spärendruck (P3) (Bar)	300	300	300	290	270	260	250

Peso / Weight  
Masse / Gewicht (Kg)

	BE	6	6.3	6.7	7.1	7.5	7.8
	BEU	6.4	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3

6



**Bombas de Engranajes**  
Gear Pumps / Pompe à Engrenages / Zahnradpumpe

**SERIE** BE L 50/ 60/ 70/ 80/ 100      **SERIE** BE L RA 13.2/ 15.9/ 18.5/ 21.1/ RB 26.4

Bombas de engranajes con puertos laterales y traseros, disponibles con bridas ISO 4 taladros y SAE 2/4 taladros.

Gear pumps with side and rear ports, available for ISO 4 bolts and SAE 2/4 bolts.

Pompes d'engrenages avec ports latéraux et arrière, disponibles pour ISO 4 trous et SAE 2/4 trous.

ZahnradPumpen mit seitliche und hintere einganganschluß, vorhanden für ISO 4 bohrungen und SAE 2/4 bohrungen.

**BE L**

**BE L RA**

Dimensions/ Dimensions / Dimensions/ Maße L(mm)/LRA(in)

	BE L 50	BE L 60	BE L 70	BE L 80	BE L 100	BE L RA 13.2	BE L RA 15.9	BE L RA 18.5	BE L RA 21.1	BE L RA 26.4
<b>A</b>	168	175	181	188	201	7	7.27	7.51	7.77	8.26
<b>B</b>	96	103	101	108	111	4.16	4.44	4.36	4.63	4.71
<b>C</b>	83.6	86.7	89.7	92.8	99	3.36	3.51	3.63	3.78	4.03
<b>D</b>	21.6	21.7	21.9	22	22.3	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	BE L 50	BE L 60	BE L 70	BE L 80	BE L 100	BE L RA 13.2	BE L RA 15.9	BE L RA 18.5	BE L RA 21.1	BE L RA 26.4
Código / Code Référence / B - Nummer	5026306	5026406	5026506	5026606	5026706	5029106	5029206	5029306	5029406	5029506
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Vorschubung BE L (cm <sup>3</sup> /rev) / BE L RA (cu in/rev)	50	60	70	80	100	3.1	3.7	4.3	4.9	6.1
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m.)	min.(P1) min.(P2)	500 2000	500 1800	500 1700	500 1600	500 1400	500 2000	500 1800	500 1700	500 1600
Presión máxima continua / Maximum continuous pressure Pression maxi continu / Maximaler dauerdruck (BE L(P1)(Bar) / BE L RA (P1)(PSI))	290	270	240	200	180	4200	3900	3400	2900	2600
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic Maximaler Spitzendruck BE L (P3) (Bar) BE L RA (P3) (PSI)	320	310	280	230	210	4600	4400	4000	3300	3000
Peso / Weight Masse / Gewicht BE L (Kg) BE L RA (Lb)	12.6	13.3	14	14.7	16.1	30.1	31.7	33.2	34.8	37.9

**SERIE**

**BE XL 85/100/115/130/150** — **BE XL RB 23.4/27.3/30.4/34.3/39.6**

**SERIE**

Bombas de engranajes con cuerpo reforzado, puertos laterales y traseros. Doble rodamiento cónico de apoyo para el eje.

Gear pumps with heavy duty body, side and rear ports. Double support by taper roller bearings on the shaft.

Pompes d'engrenages avec corps renforcé, ports latéraux et arrière. Double roulement à galets coniques pour l'essieu.

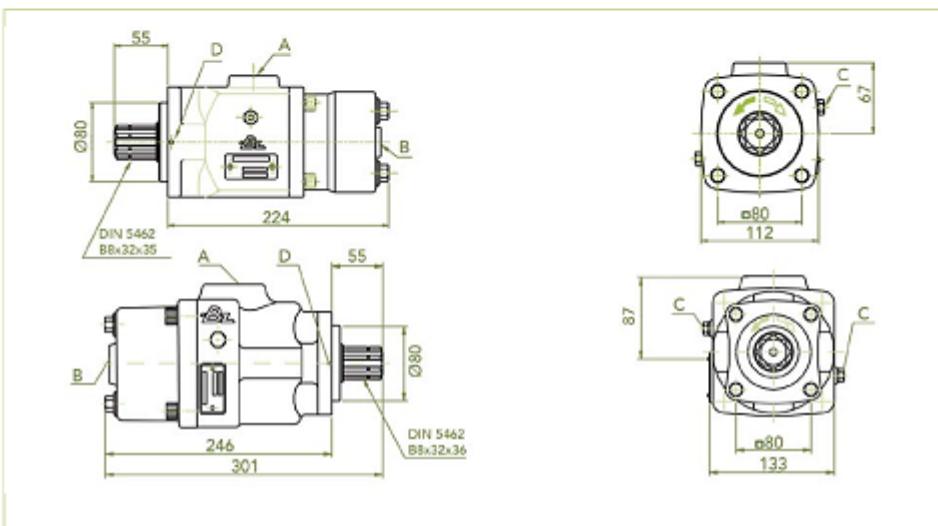
ZahnradPumpen mit Hochleistungskörper seitliche und hintere Einganganschluß. Doppel KegelRollenLager für wellen.

Dimensiones / Dimensions / Dimensions/ Maße XL(mm)/ XL RB(in)		BE XL 85	BE XL 100	BE XL 115	BE XL 130	BE XL 150	BE XL RB 23.4	BE XL RB 27.3	BE XL RB 30.4	BE XL RB 34.3	BE XL RB 39.6
<b>A</b>		228	234	240	246	253	9.1	9.3	9.5	9.8	10.1
<b>B</b>		142.5	148.5	144	150	155	5.7	5.9	5.8	6	6.2
<b>C</b>		118.5	121.5	124.6	127.7	130.7	4.7	4.8	5	5.1	5.2
<b>D</b>		23.1	23.5	23.9	24.3	24.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe		BE XL 85	BE XL 100	BE XL 115	BE XL 130	BE XL 150	BE XL RB 23.4	BE XL RB 27.3	BE XL RB 30.4	BE XL RB 34.3	BE XL RB 39.6
Código / Code Référence / B - Nummer		5028206	5028306	5026806	5026906	5027006	5029606	5029706	5029806	5029906	5030006
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung XL (cm <sup>3</sup> /rev) / XL RB(cu in/rev)		88.5	103.3	118	132.8	147.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m.)	min.(P1)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
máx.(P1)		2000	1800	1500	1300	1200	2000	1800	1500	1300	1200
Presión máxima continua / Maximum continuous pressure Pression maxi contiu / Maximaler dauerdruck BE XL (P1) (Bar) / BE XL RB (P1) (PSI)		250	250	250	230	210	3600	3600	3400	3000	2800
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic Maximaler Spitzendruck BE XL (P3) (Bar) BE XL RB (P3) (PSI)		290	290	290	270	250	4200	4000	3600	3200	3000
Peso / Weight Masse / Gewicht BE XL (Kg) BE XL RB (Lb)		20.21	21.26	21.50	22.40	23.45	46.9	49.2	49.8	51.7	54



Bomba de pistones en línea con sentido de giro reversible.      Piston pump with reversible sense of rotation.      Pompe à pistons en ligne, avec sens de rotation réversible.      Reihen-Kolbenpumpe mit umkehrbarer Drehrichtung.



#### Notas / Notes / Notes / Anmerkungen

<b>A</b>	Entrada de aceite / Oil inlet / Aspiration filetage / Druckölkanschub gewinde.
<b>B</b>	Salida de aceite rosca BSP 1/2" / Oil outlet, thread BSP 1/2" / Sortie d'huile, filetage BSP 1/2" / Ölaustritt, Gewinde BSP 1/2".
<b>C</b>	Tapón de drenaje del aceite / Oil drain plug / Bouchon de vidange d'huile / Abflablschraube.
<b>D</b>	Taladro testigo de la rotura de retenes / Drain hole (Between shaft seals) / Trou tampon de la rupture du joint détanchéité / Kontrollbohrung für Dichtringbruch (zwischen den Wellendichtungen).

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	BZ 12	BZ 20	BZ 30	BZ 40	BZ 50	BZ 58	BZ 65	BZ 75	BZ 85	BZ 100
Código / Code Référence / B - Nummer	506206	500106	500206	500306	500406	5011706	5010906	5011006	509706	5013806
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm³/rev)	11.7	21.5	32.4	40.5	48.5	58.3	64.5	74	83	99
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m)	2000	2000	1700	1600	1600	1500	1500	1450	1400	1300
Presión de trabajo / Working pressure Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck(P3) (Bar)	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	9.7	9.7	9.7	13.6	14	12.6	15.9	15.7	16	16.2





**Bombas de Pistones  
Doble Caudal**

Piston Pump / Pompe à Pistons / Kolbenpumpe

**SERIE**

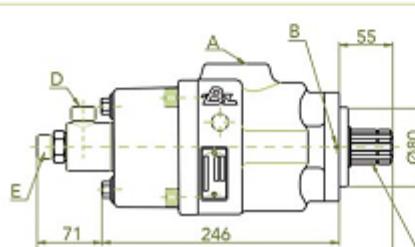
**BZT 50+50/ 60+40/ 60+30**

**Bomba de pistones en línea de doble caudal.** Esta unidad ofrece la posibilidad de contar con dos caudales diferentes y cuenta con evidentes ventajas como el reducido peso o la eliminación de otros elementos adicionales. BZ y BZT están disponibles en versión ISO y SAE.

BZ twin flow pump offers two different flows. In addition, we find several advantages such as lower weight or standardized system solutions. BZ and BZT are available in ISO and SAE version.

Nouvelle pompe à pistons en ligne à double débit. Cette unité offre la possibilité de disposer de deux débits différents et présente des avantages évidents tels que son poids réduit ou l'élimination d'éléments complémentaires. BZ et BZT sont disponibles dans les versions ISO et SAE.

Neue Reihen-Kolbenpumpe mit doppelter Fördermenge. Diese Einheit bietet zwei unterschiedliche Fördermengen und bietet auf diese Weise offensichtliche Vorteile wie geringeres Gewicht oder den Verzicht auf sonstige nicht benötigte Zusatzeile. Weiterhin sind die Pumpen BZ und BZT in Ausführungen ISO und SAE verfügbar.



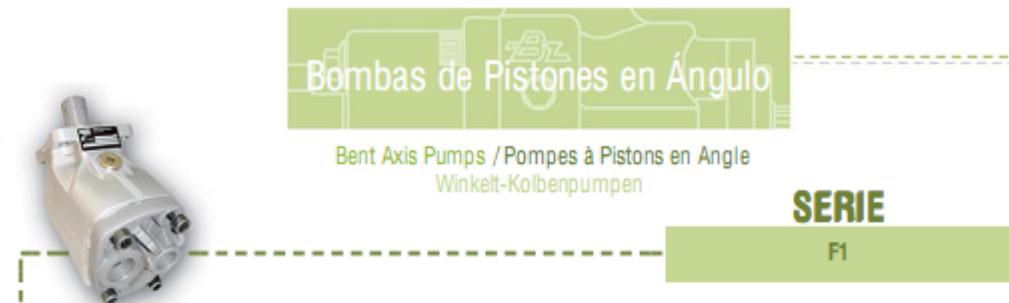
Notas / Notes / Notes/ Anmerkungen

<b>A</b>	Entrada de aceite BSP 1 1/2" / Oil inlet BSP 1 1/2" / Aspiration filetage BSP 1 1/2" / Druckölanlenschub gewinde BSP 1/2".
<b>B</b>	Taladro testigo de la rotura de retenes/ Drain hole (Between shaft seals) Troi tampon de la rupture du joint détanchéité/ Kontrollbohrung für Dichttringbruch (zwischen den Wälzendichtungen).
<b>C</b>	Tapón de drenaje del aceite/ Oil drain plug / Bouchon de vidange d'huile/ Ablababschraube.
<b>D</b>	Salida aceite primer caudal, rosca BSP 3/4" / Oil outlet (first flow), thread BSP 3/4" / Sortie d'huile premier débit, filetage 3/4" BSP / Öl austritt erste durchflussmenge, Gewinde 3/4" BSP
<b>E</b>	Salida de aceite rosca BSP 3/4" / Oil outlet, thread BSP 3/4" / Sortie d'huile, filetage BSP 3/4" / Ölaustritt, Gewinde BSP 3/4".

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	BZT 50+50	BZT 60+40	BZT 60+30
Código / Code Référence / B + Nummer	5011506	5016906	5017006
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm <sup>3</sup> /rev)	50+50	60+40	60+30
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m)	1300	1300	1300
Presión de trabajo / Working pressure Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	250	250	250
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (Bar)	350	350	350
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	16.5	16.5	16.3

10



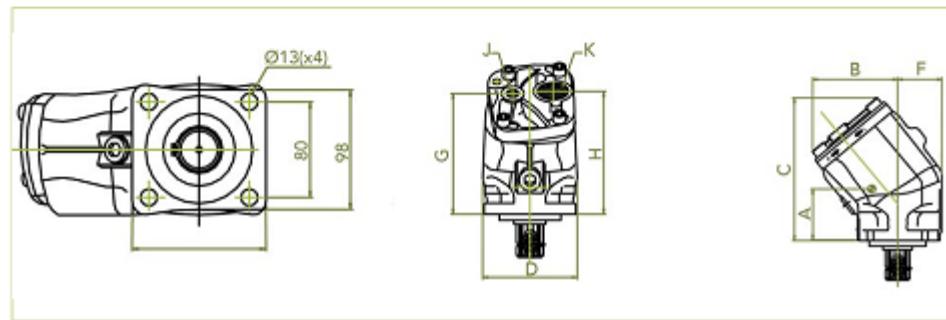


La nueva serie F1 es una versión perfeccionada de la "Bomba para camiones" Valvo, F1. Ofrece muchos valores añadidos a los operadores de grúas de carga, elevadores de contenedores, cargadores de gancho, grúas forestales, hormigoneras y otras aplicaciones sobre camión similares.

New F1 series is a further development of the well known "F1 truck pump". The new series offers many additional values for operators of cargo cranes, container lifts, skip loaders, forest cranes, concrete mixers and similar truck applications.

La nouvelle série F1 est une version perfectionnée de la « Pompe pour camions » de grande renommée F1. Elle offre de nombreuses valeurs ajoutées aux opérateurs de grues de charge, d'élévateurs de conteneurs, de chargeurs à crochet, de grues forestières, de bétonnières et d'autres applications de camion similaires.

Die neue Baureihe F1 ist eine weiter entwickelte Ausführung der bewährten "Lkw-Pumpe". Sie bietet den Bedienern von Ladekränen, Container-Hubgeräten, Ladehaken, forstwirtschaftlichen Kränen und ähnlichen Lkw-Anwendungen viele zusätzliche Vorteile.



Dimensiones / Dimensions / Dimensions/ Maße (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
<b>F1-25/41/51/61</b>	85	129.5	205	108	109	56.5	167.5	163.5	3/4"	1"
<b>F1-81/101</b>	119	144	259	118	110	63	217	213	1"	1 1/4"

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	F1-25	F1-41	F1-51	F1-61	F1-81	F1-101
Código / Code Référence / B + Nummer	5024606	5024706	5024806	5024406	5024506	5024906
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm³/rev)	24	38	49	61	80	98
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m)	2600	2400	2200	2200	2000	1800
Presión de trabajo / Working pressure Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	350	350	350	350	350	350
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (Bar)	400	400	400	400	400	400
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	8.5	8.5	8.5	8.5	12.5	12.5





**Bombas de Pistones en Ángulo**  
Bent Axis Pumps / Pompe à Pistons en Angle  
Winkel-Kolbenpumpen

**SERIE**

**T1**

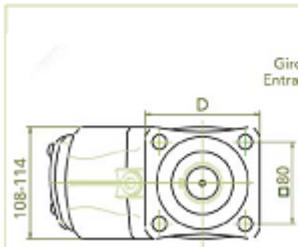


la bomba de desplazamiento fijo T1 ha sido construida para cumplir con los requerimientos en camiones ligeros con ciclos cortos y poco frecuentes. Su diseño es muy parecido a la serie F1, pero es algo más compacta.

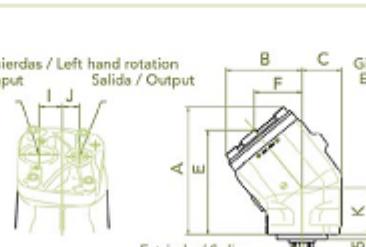
Axial piston pumps with fixed displacement have been developed to work in light trucks with short periods of time. Its design is very similar to F1 series.

La pompe à déplacement fixe T1 a été construite pour satisfaire les exigences des camions légers avec des cycles courts et peu fréquents. Sa conception est très semblable à la série F1, mais est un peu plus.

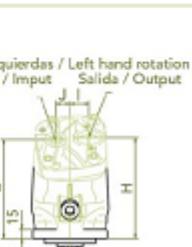
Die neue Baureihe F1 ist eine weiter entwickelte Ausführung der bewährten "Lkw-Pumpe". Sie bietet den Bedienern von Ladekränen, Container-Hubgeräten, Ladehaken, forstwirtschaftlichen Kränen und ähnlichen Lkw-Anwendungen viele zusätzliche Vorteile.



Giro a Izquierdas / Left hand rotation  
Entrada / Input  
Salida / Output  
108-114



Giro a Izquierdas / Left hand rotation  
Entrada / Input  
Salida / Output  
B C  
A I J  
F E  
G H  
K L  
Estriado / Spline  
80x32x36



Giro a Izquierdas / Left hand rotation  
Entrada / Input  
Salida / Output  
G I  
H J  
K L  
55 15

Dimensiones / Dimensions / Dimensions/ Maße (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
T1 - 51	182	101	54	108	167	80	167	158	24	24	71
T1 - 81	205	130	57	104	165.5	92	167.5	163.5	26	22	73
T1 - 121	259	144	63	114	217	103	217	213	28	25	112

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	T1-51	T1-81	T1-121
Código / Code Référence / B - Nummer	5017506	5017606	5017106
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm <sup>3</sup> /rev)	50	81.5	118.5
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m.)	2100	1700-2000	1150-1800
Presión de máxima continua / Maximum continuous pressure Pression maxi continu / Maximaler dauerdruck (bar)	200	200	200
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (bar)	350	350	350
Presión / Pressure Pression / Druck (BSP)	1/8"	1/8"	1/8"
Succión / Suction Entrée/ Eingang (BSP)	13/16"	13/16"	13/16"
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	7.2	8.5	12.5

**Bombas de Pistones en Ángulo**  
Bent Axis Pumps / Pompe à Pistons en Angle  
Winkel-Kolbenpumpen

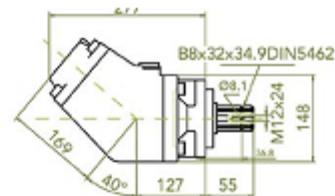
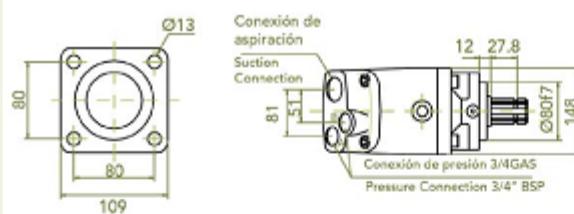
**SERIE**  
**F2**

**Bomba de pistones axiales de doble flujo.** Con funcionamiento fiable, directo y suave bajo cualquier condición, así como menos desgaste y más larga vida de todo el equipo. Por su configuración de doble flujo, permite una variedad de soluciones en aplicaciones que incluyen tres diferentes flujos en un mismo circuito. A todo esto hay que añadir un elevado rendimiento, larga vida, peso reducido, diseñada para trabajos continuos y con pocas piezas rotativas. Además es fácil de instalar puesto que al ser autoaspirante puede montarse encima del tanque.

**Axial piston twin flow pump** with reliable and soft working under any condition. Less wear and longer life for full equipment. Due to its twin flow configuration, permits a great variety of solutions in applications that includes three different flows in the same circuit. Also we have to know that its has a very high performance in all job conditions, reduced weight, designed for continuous working and with only a few rotary parts. This pump is a self-priming which allows to install the unit above the oil tank.

**Pompe à pistons axiaux à double flux**, avec un fonctionnement fiable, direct et en douceur dans n'importe quelles conditions, ainsi qu'une moindre usure et une plus longue durée de vie de l'ensemble de l'équipement. En raison de sa configuration à double flux, elle permet une grande variété de solutions dans des applications qui incluent trois flux différents dans un même circuit. À toutes ces qualités, il faut ajouter un haut rendement, une longue durée de vie, un poids réduit, et le fait que la pompe est conçue pour des travaux continus et avec peu de pièces rotatives. De plus, elle est facile à installer puisque du fait de sa nature auto-aspirante, elle peut être montée sur le réservoir.

**Doppelstrom-Axialkolbenpumpen.** Zuverlässiger, direkter und sanfter Betrieb unter allen Arbeitsbedingungen, geringerer Verschleiß und längere Lebensdauer des Aggregats. Auf Grund ihrer Doppelstrom-Konfiguration ermöglicht sie vielfältige Lösungen in Anwendungen unter Einschluss von drei unterschiedlichen Strömungen in einem Kreis. Hinzu kommen noch ein hoher Wirkungsgrad, lange Lebensdauer, geringes Gewicht, Auslegung für Dauerbetrieb und Ausführung mit wenigen rotierenden Teilen. Die Pumpen sind einfach zu installieren, da sie selbstansaugend sind und daher oberhalb des Tanks eingebaut werden können.



Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	F2-42/42	F2-55/28	F2-53/53	F2-70/35
Código / Code / Référence / B - Número (Sentido de giro a derechas / Right rotation Sens de rotation à droite / Drehrichtung nach rechts)	5028006	5027806	506106	505806
Código / Code / Référence / B - Número (Sentido de giro a izquierdas / Left rotation Sens de rotation à gauche / Drehrichtung nach links)	5028106	5027906	506006	505706
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm <sup>3</sup> /rev)	43/41	55/28	54/52	69/36
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m.)	1800	1800	1800	1800
Presión de trabajo / Working pressure Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	350	350	350	350
Presión / Pressure Pression / Druck (BSP)	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"
Succión / Suction Entrée/ Eingang (BSP)	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	19	19	19	19





**Bombas de Caudal Variable**

Variable Flow Pumps / Pompe à Cylindrée Variable  
Variablem Verdrängungsvolumen Pumpen

**SERIE**

**VP1**



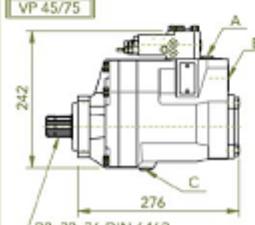
La VP1 es la primera bomba hidráulica de caudal variable del mundo para aplicaciones en camiones. Especialmente para grúas de camión con sistemas de detección de carga, proporcionando exactamente el caudal necesario en el momento preciso.

The VP1 is the first hydraulic pump of variable flow for truck applications in the world. Specially designed for truck cranes with load sensing system which is supplying the necessary flow in all times.

La VP1 est la première pompe hydraulique à débit variable au monde pour les applications sur camions. Spécialement conçue pour les grues de camion avec des systèmes de détection de charge, elle fournit exactement le débit nécessaire au moment opportun.

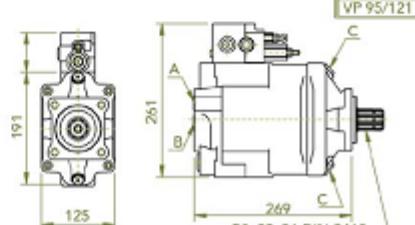
VP1 ist weltweit die erste Pompe für Anwendungen in Lkw mit veränderlicher Fördermenge. Speziell in Anwendungen in Lkw-Kränen mit Lasterkennung liefern sie jederzeit genau die erforderliche Fördermenge und tragen somit zu einer Senkung des Energieverbrauchs und der Wärmeentwicklung bei.

**VP 45/75**



242  
276  
88x32x36 DIN 6462

**VP 95/121**



191  
138  
261  
269  
88x32x36 DIN 5462

Notas / Notes / Notes/ Anmerkungen	
<b>A</b>	Conexión de presión 1" Gas / Pressure connection 1" BSP / Connection de pression 1" BSP / Druckausgang 1" BSP.
<b>B</b>	Conexión de aspiración / Suction connection / Connection de aspiration / Druckölschlauch.
<b>C</b>	Tapón de drenaje del aceite/ Oil drain plug/ Bouchon de vidange d'huile/ Ölablebschraube.

Bomb/ Pump / Pompe / Pumpe	VP1-45	VP1-75	VP1-95	VP1-120
Código / Code / Référence / B - Nummer (Sentido de giro a derechas / Right rotation Sens de rotation à droite / Drehrichtung nach rechts)	507706	507906	5031006	5026106
Código / Code / Référence / B - Nummer (Sentido de giro a izquierdas / Left rotation Sens de rotation à gauche / Drehrichtung nach links)	507806	508006	5031106	5026206
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm³/rev)	45	75	95	120
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m)	2400	2200	2200	1800
Presión de trabajo / Working pressure Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	350	350	400	300
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (Bar)	400	400	420	350
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	27	27	27	27

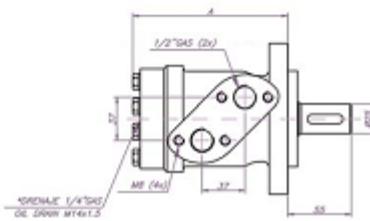
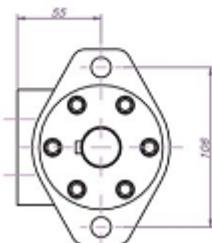


los motores orbitales de la serie BZM tienen una buena capacidad de carga tanto axial como radial y una elevada relación par-peso en el eje de salida, con altas prestaciones a baja velocidad. Además son de reducidas dimensiones, lo que nos permite utilizarlos en aplicaciones en las que no siempre se dispone de mucho espacio, como por ejemplo, en cabrestantes hidráulicos.

Orbital motors of BZM series have a very good load capacity as axial as radial, and a high ratio torque-weight in output shaft, with high performance at low speed. Also they have reduced dimensions, allowing use it in applications with less space than normal, like in hydraulic winches.

Les moteurs orbitaux de la série BZM ont une bonne capacité de charge tant axiale que radiale, et un rapport élevé couple-poids dans l'axe de sortie, avec de hautes prestations à faible vitesse. De plus, ils sont de dimensions réduites, ce qui nous permet de les utiliser dans des applications où on ne dispose pas toujours de beaucoup d'espace, comme par exemple, dans des cabestans hydrauliques.

Die Orbitalmotoren der Baureihe BZM weisen gute Belastbarkeit in axialem und radialem Richtung auf und zeichnen sich durch ein hohes Verhältnis von Drehmoment zu Gewicht an der Antriebsachse und sehr guten Eigenschaften bei niedrigen Drehzahlen aus. Die geringen Abmessungen ermöglichen darüber hinaus ihren Einsatz in Anwendungen, in denen nicht viel Platz zur Verfügung steht, wie zum Beispiel in Hydraulikwinden.



Dimensiones / Dimensions / Dimensions/ Maße (mm)	BZM 40	BZM 50	BZM 60	BZM 100	BZM 125	BZM 160	BZM 200	BZM 250	BZM 315	BZM 400
A	137	138	142	144	148	152	158	164	174	184

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	BZM 40	BZM 50	BZM 60	BZM 100	BZM 125	BZM 160	BZM 200	BZM 250	BZM 315	BZM 400
Código / Code / Référence / B - Nummer	904298	904098	904398	904498	904598	904698	904798	904898	904998	905098
Desplazamiento / Displacement / Déplacement / Verschiebung (cm³/r.p.m.)	40	50	80	100	125	160	200	250	315	400
Velocidad / Speed / Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m.)	1760	1515	945	755	605	472	378	303	236	189
Par máximo / Max. Torque / Couple de sortie max / Max. Drehmoment nennwert (Nm) (P1)	62	94	151	193	237	313	366	380	380	360
Par máximo / Max. Torque / Couple de sortie max / Max. Drehmoment nennwert (Nm) (P2)	107	143	224	275	345	438	550	685	850	854
Presión de trabajo / Working pressure / Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	120	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Presión máxima de pico / Max. peak pressure / Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P2) (Bar)	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
Peso / Weight / Masse / Gewicht (Kg)	2.20	2.25	5.90	5.90	6.10	6.40	6.50	6.60	6.90	7.40

**Motores Hidráulicos**  
Hydraulic Motors / Moteurs Hidrauliques  
Hydraulikmotoren

**SERIE**  
**F1 M**

Los Motores Volvo de la Serie F1 además de su reducido peso y fácil instalación tienen unas características de diseño que le permiten alcanzar presiones pico de hasta 300 baras a un régimen de rotación de hasta 3000 rpm. convirtiéndose en la opción más económica en función de sus prestaciones.

Volvo Motors F1 series offer us a reduced weight, easy installation and a special design that permit itself reach pressure peaks up to 300 bars under maximum working conditions of 3000 rpm. F1 motors are the cheapest option if it is considered its efficiency.

Les moteurs Volvo de la Serie F1 outre leur poids réduit et installation facile ils ont des caractéristiques de conception qui lui permettent d'atteindre des crêtes de pressions de jusqu'à 300 bars à un régime de rotation de jusqu'à 3000 rpm. en se transformant l'option la plus économique en fonction de leurs prestations.

Reihen der Volvo Motor F1 bieten uns ein verringertes Gewicht, eine einfache Installation und ein spezielles Design an, die sich ermöglichen, Druckpitzen bis zu 300 Stäben unter maximalen Arbeitsbedingungen von 3000 U/min zu erreichen. Motoren F1 sind die preiswerteste Wahl, wenn sie betrachtet seine Leistungsfähigkeit ist.

Dimensiones / Dimensions / Dimensions/ Maße (mm)	F1-25M	F1-41M	F1-51M	F1-61M	F1-81M	F1-101M	F1-121M
<b>A</b>	206	206	206	206	259	259	259
<b>B</b>	98	98	98	98	113	113	113
<b>C</b>	167	167	167	167	220	220	220
<b>D</b>	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1"	1"
<b>E</b>	117	117	117	117	123	123	123

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	F1-25M	F1-41M	F1-51M	F1-61M	F1-81M	F1-101M	F1-121M
Código / Code Référence / B - Nummer	906298	906198	906498	905998	906098	906598	907298
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung ( cm³/rev)	25.6	40.9	51.1	59.5	81.6	102.9	118.5
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit ( r.p.m)	2300	2000	1800	1700	1500	1400	1300
Presión de trabajo / Working pressure Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	250	250	250	250	250	250	250
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (Bar)	350	350	350	350	350	350	350
Peso / Weight Masse / Gewicht ( Kg)	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5

16



**Motores Hidráulicos**  
Hydraulic Motors / Moteurs Hidrauliques  
Hydraulikmotoren

**SERIE**

**F11**

La serie F12 es una bomba-motor con eje en ángulo y caudal fijo para aplicaciones fuertes. Puede emplearse tanto en aplicaciones de circuito abierto como en circuito cerrado. Cumple con las normas ISO y SAE sobre brida de montaje y eje. También disponible en versión tipo cartucho, con una longitud de instalación reducida.

The F12 units are pump-motors with angle shaft fixed flow for heavy duty applications. These units can be applied as well in applications of open circuit as in applications of close circuits. These units are meeting with Norms ISO and SAE. There is available a release type cartridge with a shorter installation length.

La serie F12 est une pompe-moteur avec un axe en angle et un débit fixe pour des applications fortes. Elle peut être employée tant dans des applications de circuit ouvert que de circuit fermé. Elle est conforme aux normes ISO et SAE sur bride de montage et axe. Elle est également disponible dans la version de type cartouche, avec une longueur d'installation réduite. Il est possible d'utiliser la F12 comme moteur à grandes vitesses de rotation.

Die Baureihe F12 ist eine Motorpumpe mit abgewinkeltem Welle und fester Fördermenge für Hochleistungsanwendungen. Sie kann sowohl in Anwendungen mit offenem wie geschlossenem Kreislauf eingesetzt werden. Welle und Montageflansch genügen den Normen ISO und SAE. Sie sind darüber hinaus in einer Modulausführung mit verminderter Einbaulänge verfügbar. Die F12 kann als Motor bei hohen Drehzahlen eingesetzt werden.

Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	F11-05	F11-10	F11-19	F11-105	F11-250
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm <sup>3</sup> /rev)	4.88	9.84	19.0	150	242
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m.)	12000	10000	7500	3000	2700
Par / Torque / Couple de sorties Drehmoment nennwert (Nm) (100 Bar)	7.8	15.6	30.2	238	384
Presión de trabajo / Working pressure Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	350	350	350	350	350
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (Bar)	420	420	420	420	420
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	5	7.5	11	70	77

**SERIE**

**F12**



Bomba / Pump / Pompe / Pumpe	F12-30	F12-40	F12-60	F12-80	F12-110
Desplazamiento / Displacement Déplacement / Verschiebung (cm <sup>3</sup> /rev)	30	40	59.8	80.4	110.1
Velocidad / Speed Vitesse / Geschwindigkeit (r.p.m.)	2850	2650	2350	2350	2200
Par / Torque / Couple de sorties Drehmoment nennwert (Nm) (100 Bar)	47.6	63.5	94.9	128	175
Presión de trabajo / Working pressure Pression de Travail / Betriebsdruck (P1) (Bar)	420	420	420	420	420
Presión máxima de pico / Max. peak pressure Pression maximale, pic / Maximaler Spitzendruck (P3) (Bar)	480	480	480	480	480
Peso / Weight Masse / Gewicht (Kg)	12	16.5	21	26	36

**SERIE**  
BP

Las bombas de paletas poseen un reducido tamaño en relación a la potencia que suministran. Su excelente rendimiento es compatible con un funcionamiento silencioso. Además el mantenimiento es económico, ya que el grupo de bombeo es un cartucho intercambiable de fácil sustitución. Disponibles en 10 y 12 paletas para un funcionamiento más silencioso.

Vane pumps have reduced dimensions compared with the power supplied. Its excellent performance is compatible with a silent working. Also, the maintenance is very cheap because the pumping group is an interchangeable cartridge of easy replacement. Available in 10 and 12 vanes for a more silent working.

Les pompes à palettes possèdent une taille réduite par rapport à la puissance qu'elles fournissent. Leur excellent rendement est compatible avec un fonctionnement silencieux. De plus, la maintenance est économique, puisque le groupe de pompage est une cartouche interchangeable à remplacement facile. Disponibles avec 10 et 12 palettes pour un fonctionnement plus silencieux.

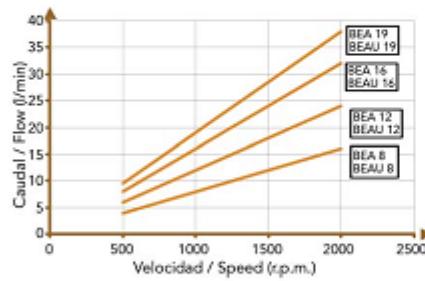
Die Flügelradpumpen haben verminderte Abmessungen im Verhältnis zu der gelieferten Leistung. Sie zeichnen sich durch einen sehr hohen Wirkungsgrad und geräuscharmen Lauf auf. Ihre Wartung ist sehr kostengünstig, da die Pumpengruppe als einfache austauschender Modul ausgeführt ist. Mit 10 und 12 Schaufeln für geräuscharmen Betrieb verfügbar.

Bomba Pump Pompe Rumpe	Montaje Mounting Montage Einbau	Desplazamiento Displacement Déplacement Verschiebung	Velocidad Speed Vitesse Geschwindigkeit (r.p.m.)	Presión de Trabajo Working pressure Pression de Travail Betriebsdruck (P1) (Bar)	Presión máxima pico Max. peak pressure Pression maximale/pic Maximaler spitzendruck (P3) (Bar)	Peso Weight Masse Gewicht (Kg)
BP1	Simple Single Simple Einfach	2	2500	150	175	1
		3				
		4.5				
		5.5				
		6.5				
		7				
BP2	10 12 15	8	2500	150	175	3.6
		10				
		12				
		15				
		6				
		16				
BP3	18 25 27 35 38 44 50	25	2500 2000 1500	150	175	7.1
		27				
		35				
		38				
		44				
		50				
BP4	Simple Single Simple Einfach Tandem	26	2500	175	210	14.5 19.5
		40				
		45				
		55				
		60				
		67				
		80				
		88				
BP6	Simple Single Simple Einfach Tandem	66	2400	175	210	26.3 29.5
		81				
		97				
		112				
		121				
		142				
BP7	Simple Single Simple Einfach Tandem	138	2200	155	150 175	38 38
		149				
		162				
		180				
		193				
		214				
		240				

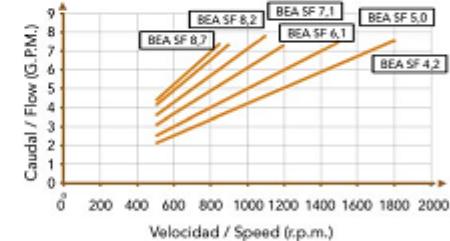
## Comparativa Caudal-Velocidad

Comparative Flow-Speed / Comparatif Débit - Vitesse  
Vergleichbare Durchflussmenge - Drehzahl

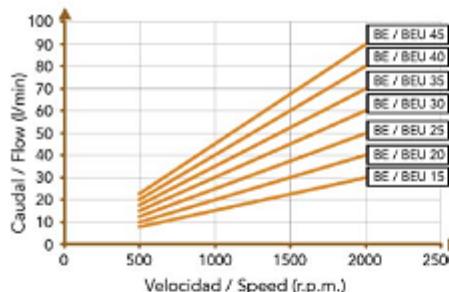
BEA / BEAU 8/12/16/19



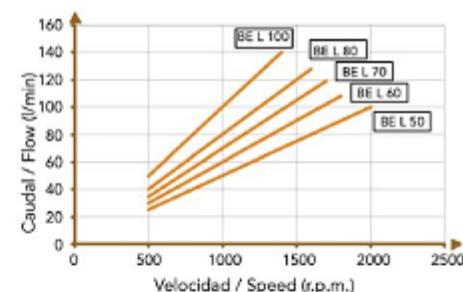
BEA SF 4.2/ 5.0/ 6.1/ 7.1/ 8.2/ 8.7



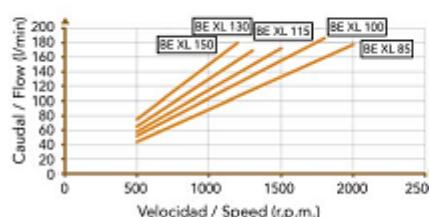
BE / BEU 15/ 20/ 25/ 30/ 35/ 40/ 45



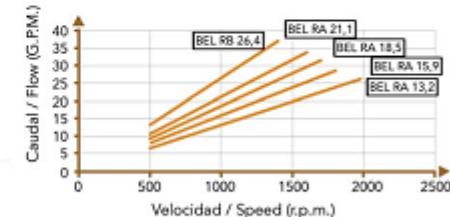
BE L 50/ 60/ 70/ 80/ 100

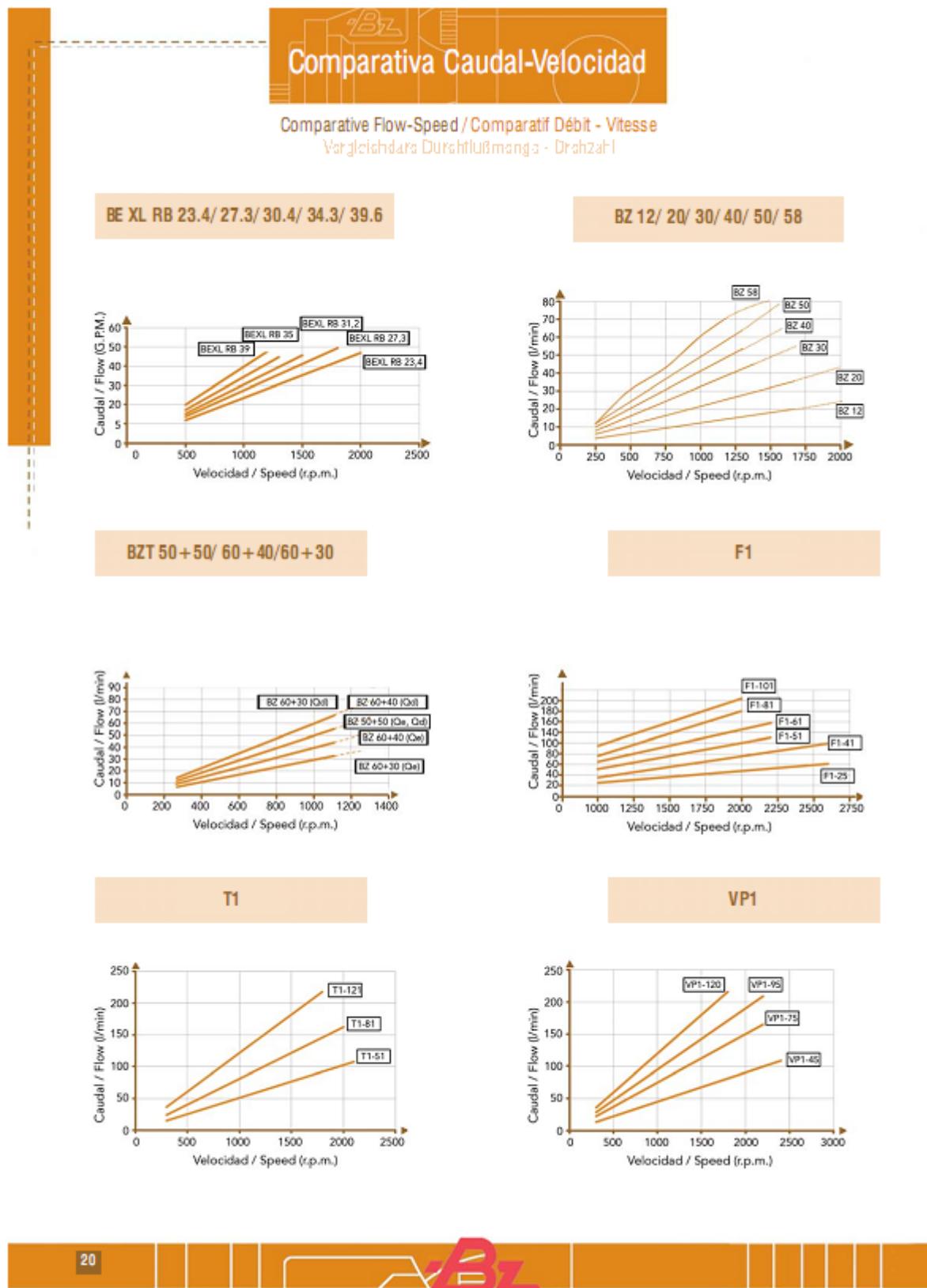


BE XL 85/ 100/ 115/ 130/ 150



BE L RA 13.2/ 15.9/ 18.5/ 21.1/ RB 26.4

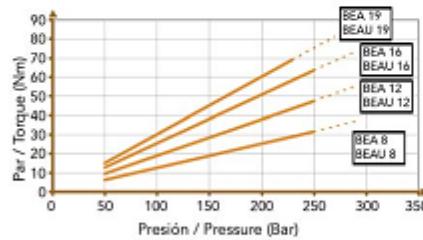




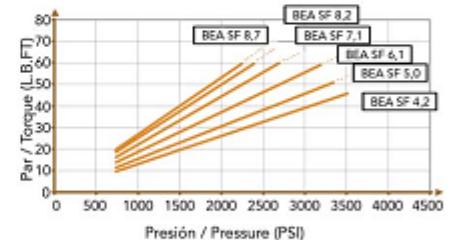
## Comparativa Par-Presión

Comparative Torque - Pressure/Comparatif Couple -Pression  
Vergleichsdiagramm - Druck

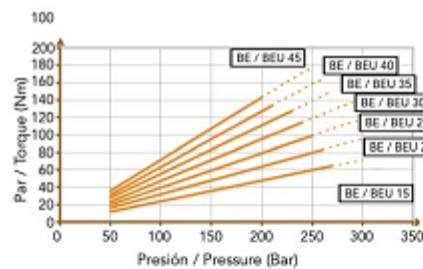
BEA / BEAU 8 / 12/ 16/ 19



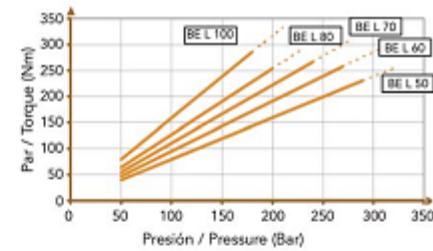
BEA SF 4.2/ 5.0/ 6.1/ 7.1/ 8.2/ 8.7



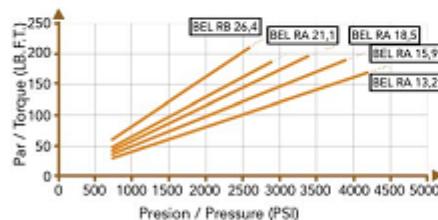
BE / BEU 15/ 20/ 25/ 30/ 35/ 40/ 45



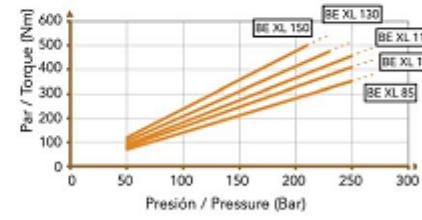
BE L 50/ 60/ 70/ 80/ 100

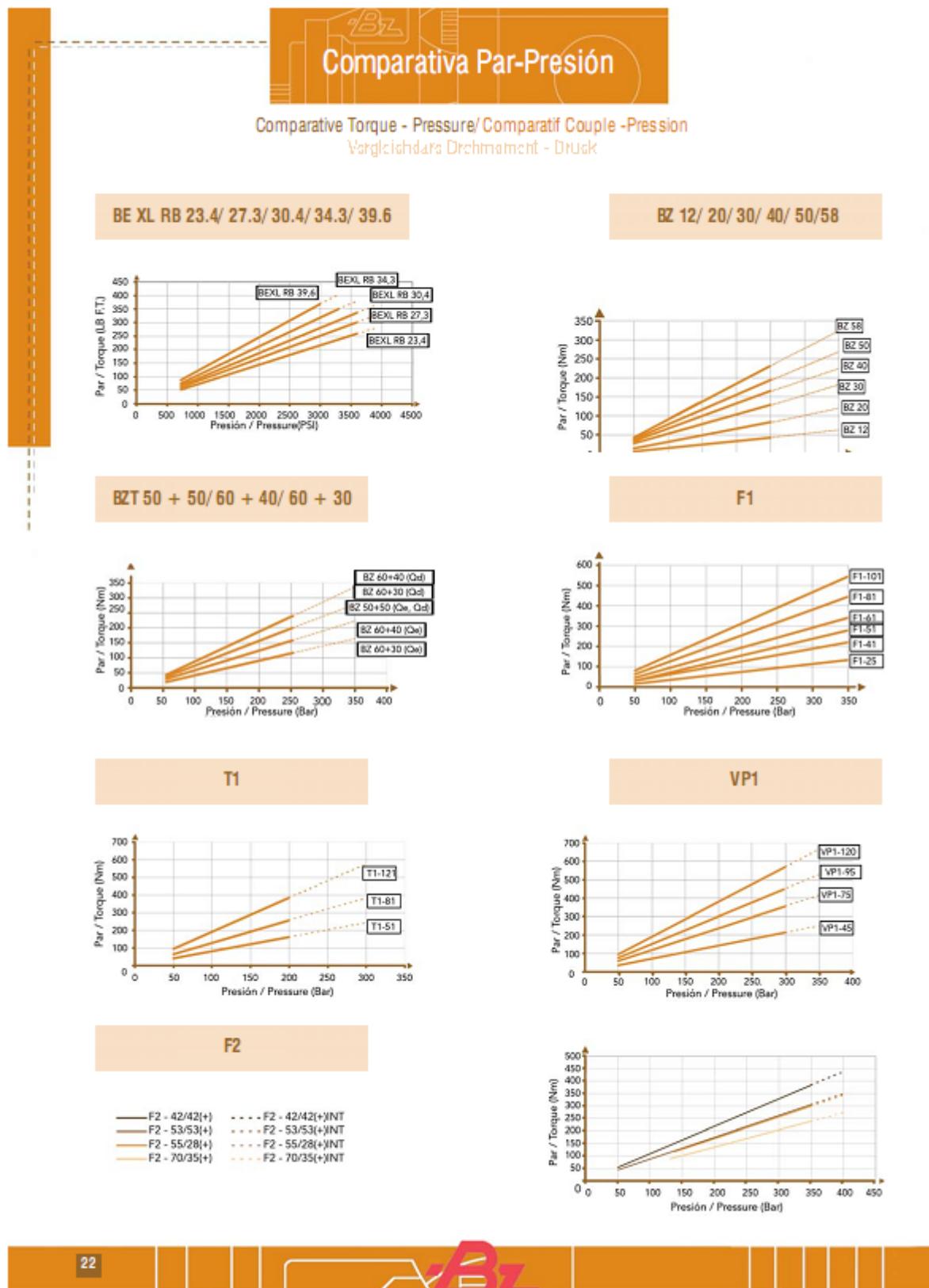


BE L RA 13.2/ 15.9/ 18.5/ 21.1/ RB 26.4



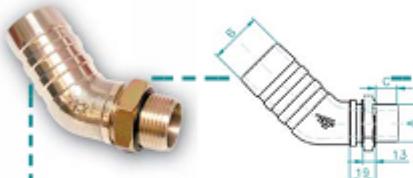
BE XL 85/ 100/ 115/ 130/ 150





## Racores de Aspiración

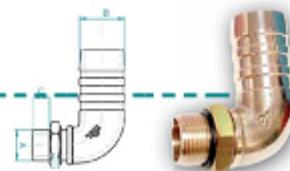
Suction Pipes / Raccords D'Aspiration / Saugstutzen



SERIE

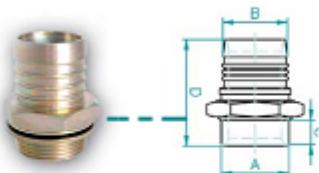
Codo/ Elbow/ Code/ Abgewinkelt 45°

Código / Code Référence Bestell-Nummer	(A) BSP	(B)	(C)	Material / Material Matériel / Material
9034816	3/4"	1 1/2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9034916	1"	1 1/2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9035016	1"	2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9025416	1 1/4"	1 1/2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9035116	1 1/4"	2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9035216	1 1/4"	2 1/2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing



Codo/ Elbow/ Code/ Abgewinkelt 90°

Código / Code Référence Bestell-Nummer	(A)	(B)	(C)	Material / Material Matériel / Material
9034116	3/4"	1 1/4"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9034216	3/4"	1 1/2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9034316	1"	1 1/2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9034416	1"	1 3/4"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9034516	1"	2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9034616	1 1/4"	2"	18	Latón / Brass / Latón / Messing
9034716	1 1/2"	2"	20	Latón / Brass / Latón / Messing



Recto / Straight / Droite / Gerade

Código / Code Référence Bestell-Nummer	(A) BSP	(B)	(C)	(D)	Material / Material Matériel / Material
9035316	3/4"	1"	18	70	Acero / Steel / Acier / Stahl
9035416	1"	1 1/4"	18	82	Acero / Steel / Acier / Stahl
9035816	1"	1 3/4"	18	82	Latón / Brass / Latón / Messing
9035516	1 1/4"	1 1/4"	18	70	Acero / Steel / Acier / Stahl
9035616	1 1/4"	1 1/2"	18	72	Acero / Steel / Acier / Stahl
9035916	1 1/4"	2"	18	82	Latón / Brass / Latón / Messing
9035716	1 1/4"	1 1/2"	18	72	Acero / Steel / Acier / Stahl
9036016	1 1/4"	2"	18	82	Latón / Brass / Latón / Messing
9036116	1 1/4"	2"	18	82	Latón / Brass / Latón / Messing
9036216	1 1/4"	2 1/2"	18	82	Acero / Steel / Acier / Stahl



**IQNet - THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK**

**CERTIFICATE**  
BEZARES S.A.  
Quality Management System  
ISO 9001:2000

**CERTIFICATE**  
BEZARES S.A.  
Environmental Management System  
ISO 14001

**Bezares s.a.**

**DELEGACION EXTREMADURA**  
Polígono Industrial los Varales  
C/Pintones N11  
06220 Villanueva de los Barros (Badajoz)  
Tel/Fax: +34 924 520 350  
E-mail: [bezaresbadajoz@bezares.com](mailto:bezaresbadajoz@bezares.com)

**BEZARES S.A.**  
Polígono Industrial Monte Boyal  
Avda. de las Retamas, Parcela 145-150  
45660 Casarrubios del Monte (Toledo)  
Tel: +34 902 333 331 Fax: +34 91 818 82 84  
[www.bezares.com](http://www.bezares.com)  
E-mail: [bezares@bezares.com](mailto:bezares@bezares.com)

**DELEGACION CATALUÑA**  
C/ Mollet, 28  
08120 La Llagosta (Barcelona)  
Tel: +34 93 571 36 55 Fax: +34 93 574 80 25  
E-mail: [bezaresbarcelona@bezares.com](mailto:bezaresbarcelona@bezares.com)

**BEZARES FRANCE**  
106, Avenue des Rosés  
Zac de la Butte Gayet  
64440 Sainten - France  
Tel: +33 01 45 10 15 40 Fax: +33 01 43 86 43 93  
E-mail: [bezaresfrance@wanadoo.fr](mailto:bezaresfrance@wanadoo.fr)

**HYDRAULIC GROUP S.R.L. ITALY**  
11, Via Dell' Argiante  
31034 Cavasso del Tomba  
Tel: +39 0423 544 105 Fax: +39 0423 922 551  
E-mail: [info@hydraulicgroup.it](mailto:info@hydraulicgroup.it)

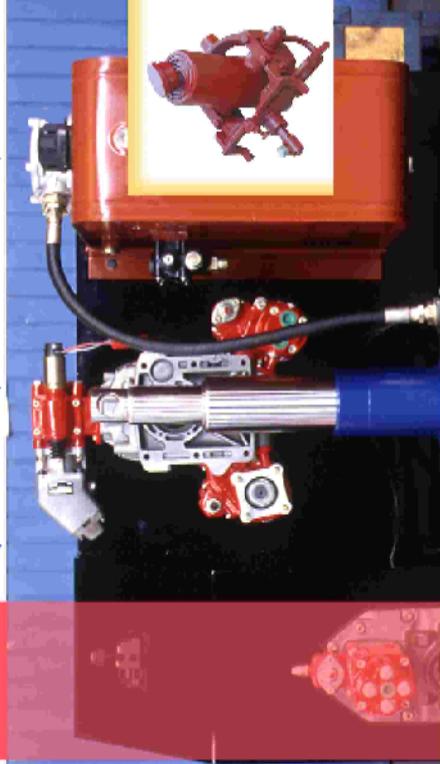
**BEZARES CORP.**  
1135 Commercial Ave. SE  
New Philadelphia, OH 44663  
Phone: +1 330 339 16701 Fax: +1 330 339 6736  
[www.pto-usa.com](http://www.pto-usa.com) E-mail: [info@pto-usa.com](mailto:info@pto-usa.com)

## 10.3 Cilindros hidráulicos

**Cilindros Hidráulicos**  
Hydraulic Cylinders  
Verins Hydrauliques  
Hydraulische Zylinder

Catálogo Técnico | Technical Catalogue | Catalogue Technique | Technischer Katalog





CE0729  
AENOR  
ISO 9001  
ISO 14001

**Bz**  
Bezares S.A.







IONET  
IONET  
IONET

**Bz**  
Bezares S.A.

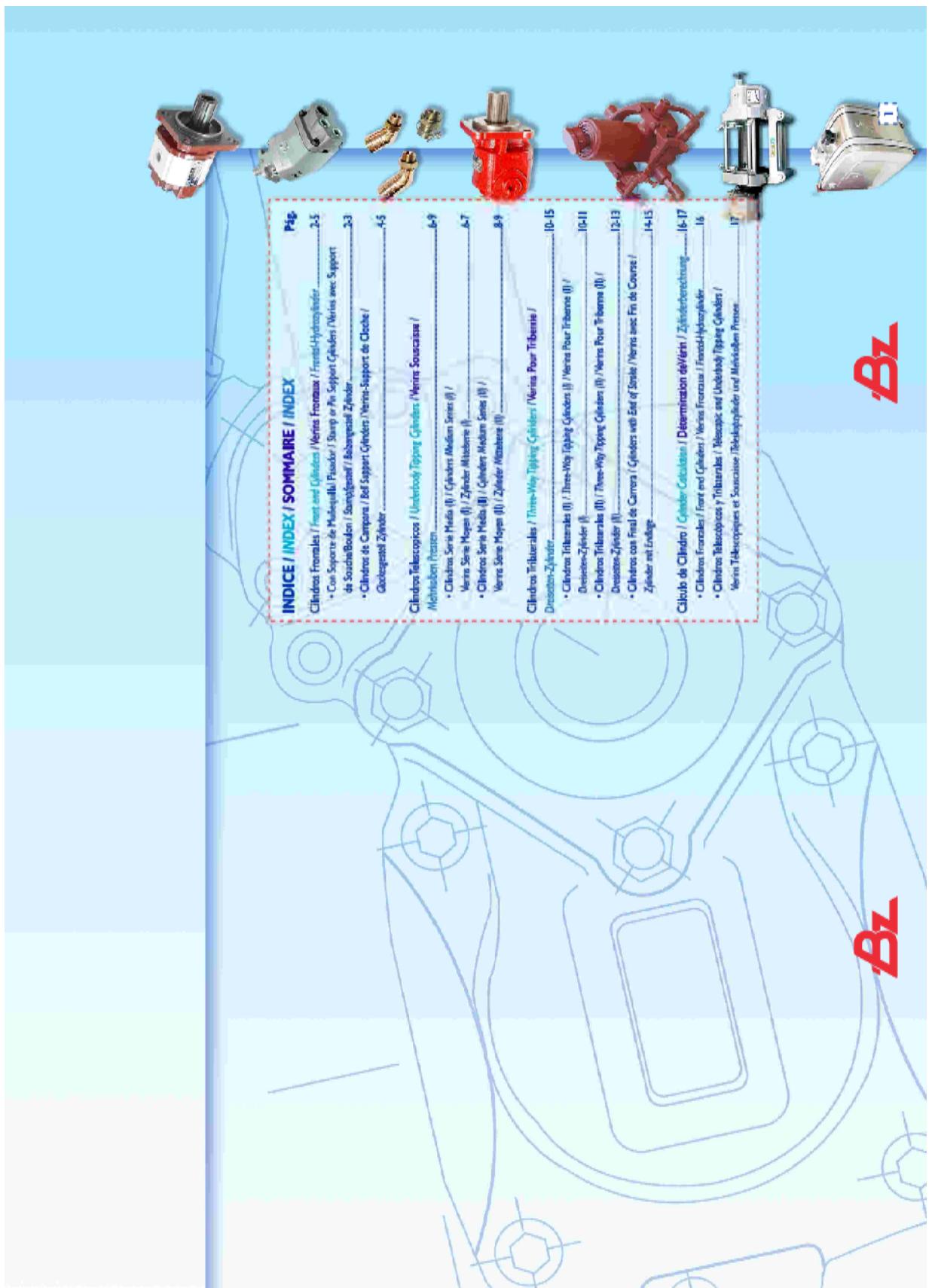








1090/2040/28



**CILINDROS FRONTALES** • FRONT END CYLINDERS • VERINS FRONTAUX • FRONT-HYDROZYLINDER

**Con Soporte de Maniquilla / Pasador**

**Sumpur PV Support Cylinders**

**VERINS AVEC SUPPORT DE SOUTIEN / Boulon**

**Sumpifastell / Bolzenfeststell Zylinder**

**Código / Code Référence / Bezeichn.**

**Tensión / Tension / Spannung / Pression**

**Peso (kg) / Gewicht / Gewicht / Poids**

**Características / Charakteristiken / Caractéristiques**

**Ø EXPANSION (mm) / Ø EXPANSION (mm) / Ø STUFEN (mm)**

**114 / 134 / 135 / 146**

**98 / 99 / 100 / 101**

**Ø (mm) / Ø (mm) / Ø (mm)**

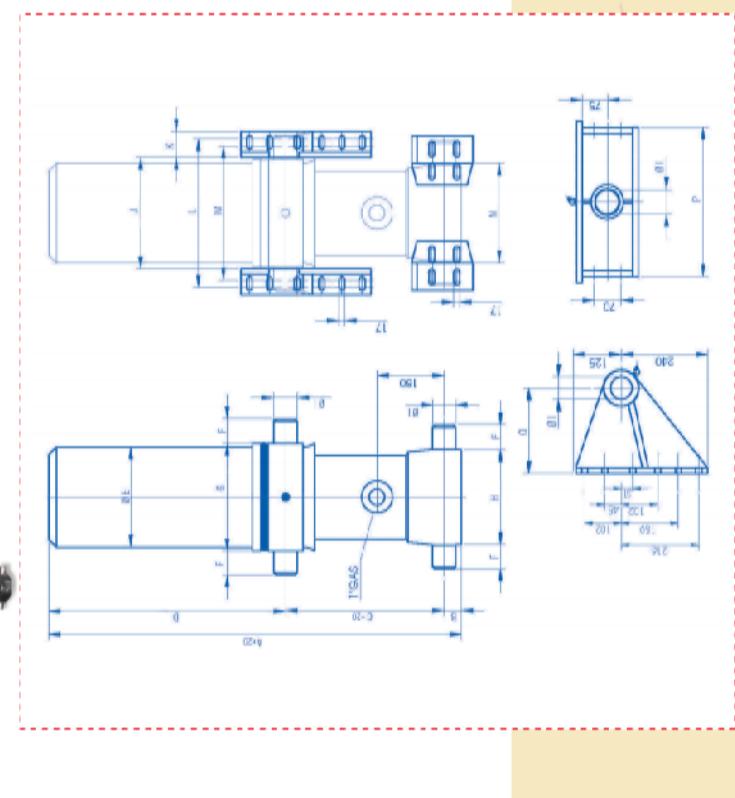
**116 / 135 / 146 / 156**

**KG / KG / KG**

**BAR / BAR / BAR**

Código / Code Référence / Bezeichn.	Tensión / Tension / Spannung / Pression	Peso (kg) / Gewicht / Gewicht / Poids	Características / Charakteristiken / Caractéristiques	Ø EXPANSION (mm) / Ø EXPANSION (mm) / Ø STUFEN (mm)	98 / 99 / 100 / 101	116 / 135 / 146 / 156	KG / KG / KG	BAR / BAR / BAR
SE21177296	7.1	71.05						
SE21177295	4.1	5.25						
SE21177294	2.4	2.92						
SE21177293	2.8	3.25						
SE21177292	4.6	4.9						
SE21177291	4.1	5.12						
SE21177297	31	54.57						
SE21177237	33	33.37						
SE21177248	33	34.85						
SE21177200	33	34.07						
SE21177415	36	49.15						
SE21177253	36	49.75						
SE21177277	42	73.77						
SE21177265	42	69.75						
SE21177264	42	69.5						
SE21177239	42	53.57						
SE21177238	42	53.57						
SE21177235	42	53.57						
SE21177234	42	53.57						
SE21177233	42	53.57						
SE21177232	42	53.57						
SE21177231	42	53.57						
SE21177230	42	53.57						
SE21177229	42	53.57						
SE21177228	42	53.57						
SE21177227	42	53.57						
SE21177226	42	53.57						
SE21177225	42	53.57						
SE21177224	42	53.57						
SE21177223	42	53.57						
SE21177222	42	53.57						
SE21177221	42	53.57						
SE21177220	42	53.57						
SE21177219	42	53.57						
SE21177218	42	53.57						
SE21177217	42	53.57						
SE21177216	42	53.57						
SE21177215	42	53.57						
SE21177214	42	53.57						
SE21177213	42	53.57						
SE21177212	42	53.57						
SE21177211	42	53.57						
SE21177210	42	53.57						
SE21177209	42	53.57						
SE21177208	42	53.57						
SE21177207	42	53.57						
SE21177206	42	53.57						
SE21177205	42	53.57						
SE21177204	42	53.57						
SE21177203	42	53.57						
SE21177202	42	53.57						
SE21177201	42	53.57						
SE21177200	42	53.57						
SE21177199	42	53.57						
SE21177198	42	53.57						
SE21177197	42	53.57						
SE21177196	42	53.57						
SE21177195	42	53.57						
SE21177194	42	53.57						
SE21177193	42	53.57						
SE21177192	42	53.57						
SE21177191	42	53.57						
SE21177190	42	53.57						
SE21177189	42	53.57						
SE21177188	42	53.57						
SE21177187	42	53.57						
SE21177186	42	53.57						
SE21177185	42	53.57						
SE21177184	42	53.57						
SE21177183	42	53.57						
SE21177182	42	53.57						
SE21177181	42	53.57						
SE21177180	42	53.57						
SE21177179	42	53.57						
SE21177178	42	53.57						
SE21177177	42	53.57						
SE21177176	42	53.57						
SE21177175	42	53.57						
SE21177174	42	53.57						
SE21177173	42	53.57						
SE21177172	42	53.57						
SE21177171	42	53.57						
SE21177170	42	53.57						
SE21177169	42	53.57						
SE21177168	42	53.57						
SE21177167	42	53.57						
SE21177166	42	53.57						
SE21177165	42	53.57						
SE21177164	42	53.57						
SE21177163	42	53.57						
SE21177162	42	53.57						
SE21177161	42	53.57						
SE21177160	42	53.57						
SE21177159	42	53.57						
SE21177158	42	53.57						
SE21177157	42	53.57						
SE21177156	42	53.57						
SE21177155	42	53.57						
SE21177154	42	53.57						
SE21177153	42	53.57						
SE21177152	42	53.57						
SE21177151	42	53.57						
SE21177150	42	53.57						
SE21177149	42	53.57						
SE21177148	42	53.57						
SE21177147	42	53.57						
SE21177146	42	53.57						
SE21177145	42	53.57						
SE21177144	42	53.57						
SE21177143	42	53.57						
SE21177142	42	53.57						
SE21177141	42	53.57						
SE21177140	42	53.57						
SE21177139	42	53.57						
SE21177138	42	53.57						
SE21177137	42	53.57						
SE21177136	42	53.57						
SE21177135	42	53.57						
SE21177134	42	53.57						
SE21177133	42	53.57						
SE21177132	42	53.57						
SE21177131	42	53.57						
SE21177130	42	53.57						
SE21177129	42	53.57						
SE21177128	42	53.57						
SE21177127	42	53.57						
SE21177126	42	53.57						
SE21177125	42	53.57						
SE21177124	42	53.57						
SE21177123	42	53.57						
SE21177122	42	53.57						
SE21177121	42	53.57						
SE21177120	42	53.57						
SE21177119	42	53.57						
SE21177118	42	53.57						
SE21177117	42	53.57						
SE21177116	42	53.57						
SE21177115	42	53.57						
SE21177114	42	53.57						
SE21177113	42	53.57						
SE21177112	42	53.57						
SE21177111	42	53.57						
SE21177110	42	53.57						
SE21177109	42	53.57						
SE21177108	42	53.57						
SE21177107	42	53.57						
SE21177106	42	53.57						
SE21177105	42	53.57						
SE21177104	42	53.57						
SE21177103	42	53.57						
SE21177102	42	53.57						
SE21177101	42	53.57						
SE21177100	42	53.57						
SE21177099	42	53.57						
SE21177098	42	53.57						
SE21177097	42	53.57						
SE21177096	42	53.57						
SE21177095	42	53.57						
SE21177094	42	53.57						
SE21177093	42	53.57						
SE21177092	42	53.57						
SE21177091	42	53.57						
SE21177090	42	53.57						
SE21177089	42	53.57						
SE21177088	42	53.57						

- CILINDROS FRONTAIS
- FRONT END CYLINDERS
- VÉRINS FRONTAUX
- FRONTAL-HYDROZYLINDER



**CILINDROS TELESCÓPICOS •**  
UNDERBODY TIPPING CYLINDERS

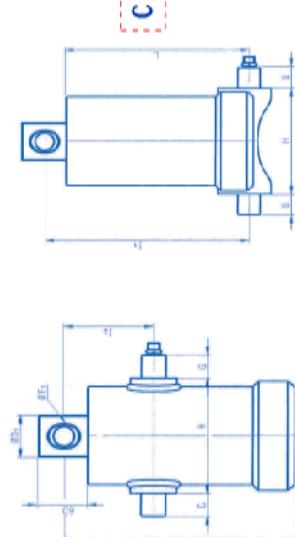
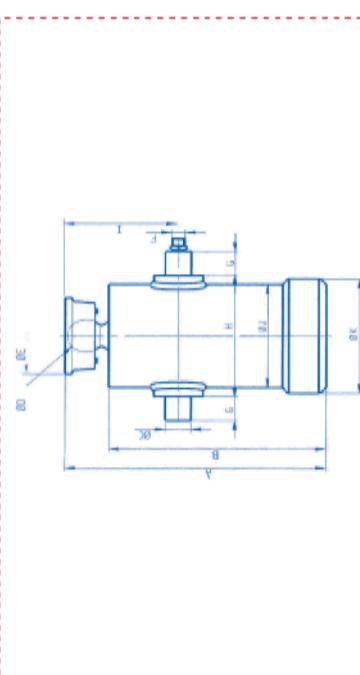


**Cilindros Serie Media (I)**

**Cylinders Medium Series (I)**

**VERINS Série Moyen (I)**

**Zylinder Mittelserie (I)**



**Cilindros Serie Media (II)**

**Cylinders Medium Series (II)**

**VERINS Série Moyen (II)**

**Zylinder Mittelserie (II)**

**Cilindros Serie Alta (II)**

**Cylinders High Series (II)**

**VERINS Série Haute (II)**

**Zylinder Hohlserie (II)**

**Cilindros Serie Alta (III)**

**Cylinders High Series (III)**

**VERINS Série Haute (III)**

**Zylinder Hohlserie (III)**

**Cilindros Serie Alta (IV)**

**Cylinders High Series (IV)**

**VERINS Série Haute (IV)**

**Zylinder Hohlserie (IV)**

**Cilindros Serie Alta (V)**

**Cylinders High Series (V)**

**VERINS Série Haute (V)**

**Zylinder Hohlserie (V)**

**Cilindros Serie Alta (VI)**

**Cylinders High Series (VI)**

**VERINS Série Haute (VI)**

**Zylinder Hohlserie (VI)**

**Cilindros Serie Alta (VII)**

**Cylinders High Series (VII)**

**VERINS Série Haute (VII)**

**Zylinder Hohlserie (VII)**

**Cilindros Serie Alta (VIII)**

**Cylinders High Series (VIII)**

**VERINS Série Haute (VIII)**

**Zylinder Hohlserie (VIII)**

**Cilindros Serie Alta (IX)**

**Cylinders High Series (IX)**

**VERINS Série Haute (IX)**

**Zylinder Hohlserie (IX)**

**Cilindros Serie Alta (X)**

**Cylinders High Series (X)**

**VERINS Série Haute (X)**

**Zylinder Hohlserie (X)**

**Cilindros Serie Alta (XI)**

**Cylinders High Series (XI)**

**VERINS Série Haute (XI)**

**Zylinder Hohlserie (XI)**

**Cilindros Serie Alta (XII)**

**Cylinders High Series (XII)**

**VERINS Série Haute (XII)**

**Zylinder Hohlserie (XII)**

**Cilindros Serie Alta (XIII)**

**Cylinders High Series (XIII)**

**VERINS Série Haute (XIII)**

**Zylinder Hohlserie (XIII)**

**Cilindros Serie Alta (XIV)**

**Cylinders High Series (XIV)**

**VERINS Série Haute (XIV)**

**Zylinder Hohlserie (XIV)**

**Cilindros Serie Alta (XV)**

**Cylinders High Series (XV)**

**VERINS Série Haute (XV)**

**Zylinder Hohlserie (XV)**

**Cilindros Serie Alta (XVI)**

**Cylinders High Series (XVI)**

**VERINS Série Haute (XVI)**

**Zylinder Hohlserie (XVI)**

**Cilindros Serie Alta (XVII)**

**Cylinders High Series (XVII)**

**VERINS Série Haute (XVII)**

**Zylinder Hohlserie (XVII)**

**Cilindros Serie Alta (XVIII)**

**Cylinders High Series (XVIII)**

**VERINS Série Haute (XVIII)**

**Zylinder Hohlserie (XVIII)**

**Cilindros Serie Alta (XIX)**

**Cylinders High Series (XIX)**

**VERINS Série Haute (XIX)**

**Zylinder Hohlserie (XIX)**

**Cilindros Serie Alta (XX)**

**Cylinders High Series (XX)**

**VERINS Série Haute (XX)**

**Zylinder Hohlserie (XX)**

**Cilindros Serie Alta (XXI)**

**Cylinders High Series (XXI)**

**VERINS Série Haute (XXI)**

**Zylinder Hohlserie (XXI)**

**Cilindros Serie Alta (XXII)**

**Cylinders High Series (XXII)**

**VERINS Série Haute (XXII)**

**Zylinder Hohlserie (XXII)**

**Cilindros Serie Alta (XXIII)**

**Cylinders High Series (XXIII)**

**VERINS Série Haute (XXIII)**

**Zylinder Hohlserie (XXIII)**

**Cilindros Serie Alta (XXIV)**

**Cylinders High Series (XXIV)**

**VERINS Série Haute (XXIV)**

**Zylinder Hohlserie (XXIV)**

**Cilindros Serie Alta (XXV)**

**Cylinders High Series (XXV)**

**VERINS Série Haute (XXV)**

**Zylinder Hohlserie (XXV)**

**Cilindros Serie Alta (XXVI)**

**Cylinders High Series (XXVI)**

**VERINS Série Haute (XXVI)**

**Zylinder Hohlserie (XXVI)**

**Cilindros Serie Alta (XXVII)**

**Cylinders High Series (XXVII)**

**VERINS Série Haute (XXVII)**

**Zylinder Hohlserie (XXVII)**

**Cilindros Serie Alta (XXVIII)**

**Cylinders High Series (XXVIII)**

**VERINS Série Haute (XXVIII)**

**Zylinder Hohlserie (XXVIII)**

**Cilindros Serie Alta (XXIX)**

**Cylinders High Series (XXIX)**

**VERINS Série Haute (XXIX)**

**Zylinder Hohlserie (XXIX)**

**Cilindros Serie Alta (XXX)**

**Cylinders High Series (XXX)**

**VERINS Série Haute (XXX)**

**Zylinder Hohlserie (XXX)**

**Cilindros Serie Alta (XXXI)**

**Cylinders High Series (XXXI)**

**VERINS Série Haute (XXXI)**

**Zylinder Hohlserie (XXXI)**

**Cilindros Serie Alta (XXXII)**

**Cylinders High Series (XXXII)**

**VERINS Série Haute (XXXII)**

**Zylinder Hohlserie (XXXII)**

**Cilindros Serie Alta (XXXIII)**

**Cylinders High Series (XXXIII)**

**VERINS Série Haute (XXXIII)**

**Zylinder Hohlserie (XXXIII)**

**Cilindros Serie Alta (XXXIV)**

**Cylinders High Series (XXXIV)**

**VERINS Série Haute (XXXIV)**

**Zylinder Hohlserie (XXXIV)**

**Cilindros Serie Alta (XXXV)**

**Cylinders High Series (XXXV)**

**VERINS Série Haute (XXXV)**

**Zylinder Hohlserie (XXXV)**

**Cilindros Serie Alta (XXXVI)**

**Cylinders High Series (XXXVI)**

**VERINS Série Haute (XXXVI)**

**Zylinder Hohlserie (XXXVI)**

**Cilindros Serie Alta (XXXVII)**

**Cylinders High Series (XXXVII)**

**VERINS Série Haute (XXXVII)**

**Zylinder Hohlserie (XXXVII)**

**Cilindros Serie Alta (XXXVIII)**

**Cylinders High Series (XXXVIII)**

**VERINS Série Haute (XXXVIII)**

**Zylinder Hohlserie (XXXVIII)**

**Cilindros Serie Alta (XXXIX)**

**Cylinders High Series (XXXIX)**

**VERINS Série Haute (XXXIX)**

**Zylinder Hohlserie (XXXIX)**

**Cilindros Serie Alta (XL)**

**Cylinders High Series (XL)**

**VERINS Série Haute (XL)**

**Zylinder Hohlserie (XL)**

**Cilindros Serie Alta (XLI)**

**Cylinders High Series (XL1)**

**VERINS Série Haute (XL1)**

**Zylinder Hohlserie (XL1)**

**Cilindros Serie Alta (XLII)**

**Cylinders High Series (XL2)**

**VERINS Série Haute (XL2)**

**Zylinder Hohlserie (XL2)**

**Cilindros Serie Alta (XLIII)**

**Cylinders High Series (XL3)**

**VERINS Série Haute (XL3)**

**Zylinder Hohlserie (XL3)**

**Cilindros Serie Alta (XLIV)**

**Cylinders High Series (XL4)**

**VERINS Série Haute (XL4)**

**Zylinder Hohlserie (XL4)**

**Cilindros Serie Alta (XLV)**

**Cylinders High Series (XL5)**

**VERINS Série Haute (XL5)**

**Zylinder Hohlserie (XL5)**

**Cilindros Serie Alta (XLVI)**

**Cylinders High Series (XL6)**

**VERINS Série Haute (XL6)**

**Zylinder Hohlserie (XL6)**

**Cilindros Serie Alta (XLVII)**

**Cylinders High Series (XL7)**

**VERINS Série Haute (XL7)**

**Zylinder Hohlserie (XL7)**

**Cilindros Serie Alta (XLVIII)**

**Cylinders High Series (XL8)**

**VERINS Série Haute (XL8)**

**Zylinder Hohlserie (XL8)**

**Cilindros Serie Alta (XLIX)**

**Cylinders High Series (XL9)**

**VERINS Série Haute (XL9)**

**Zylinder Hohlserie (XL9)**

**Cilindros Serie Alta (XLX)**

**Cylinders High Series (XLX)**

**VERINS Série Haute (XLX)**

**Zylinder Hohlserie (XLX)**

**Cilindros Serie Alta (XLXI)**

**Cylinders High Series (XL11)**

**VERINS Série Haute (XL11)**

**Zylinder Hohlserie (XL11)**

**Cilindros Serie Alta (XLII)**

**Cylinders High Series (XL2)**

**VERINS Série Haute (XL2)**

**Zylinder Hohlserie (XL2)**

**Cilindros Serie Alta (XLIII)**

**Cylinders High Series (XL3)**

**VERINS Série Haute (XL3)**

**Zylinder Hohlserie (XL3)**

**Cilindros Serie Alta (XLIV)**

**Cylinders High Series (XL4)**

**VERINS Série Haute (XL4)**

**Zylinder Hohlserie (XL4)**

**Cilindros Serie Alta (XLV)**

**Cylinders High Series (XL5)**

**VERINS Série Haute (XL5)**

**Zylinder Hohlserie (XL5)**

**Cilindros Serie Alta (XLVI)**

## CLINDROS TELESCÓPICOS • UNDERBODY TIPPING CYLINDERS



### Cilindros Serie Media (II)

#### Cylinders Medium Series (II)

#### Vérins Série Moyen (II)

#### Zylinder Mittelserie (II)

Código Code Référence Basis-Nr.	Tens Course Course Pás (mm)	Cierre Close Fermeture Schließen	Ø EXPANSION (mm)			Ø EXTENSION (mm)			Ø STUFEN (mm)			Altura Or Hauteur Höhe	KG BAR
			146	127	107	91	76	61	46				
SE5TT150	8	H90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.9	37
SE5TT150	12	H75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	35
SE5TT150	12	H60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	35
SE5TT150	12	H45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5	35
SE5TT150	16	H90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	45
SE5TT1475	6	H75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	34
SE5TT1475	8	H60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	34
SE5TT1475	8	H45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	34
SE5TT1475	10	H90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	45
SE5TT1475	12	H75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	45
SE5TT1475	12	H60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	45
SE5TT1475	12	H45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	45
SE5TT150	8	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5	35
SE5TT150	8	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5	35
SE5TT150	8	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5	35
SE5TT150	12	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	45
SE5TT150	12	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	45
SE5TT150	12	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	45
SE5TT150	16	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	45
SE5TT150	16	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	45
SE5TT150	16	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	45
SE5TT150	20	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	45
SE5TT150	20	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	45
SE5TT150	20	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	45
SE5TT150	24	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	45
SE5TT150	24	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	45
SE5TT150	24	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	45
SE5TT150	28	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	45
SE5TT150	28	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	45
SE5TT150	28	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	45
SE5TT150	32	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	45
SE5TT150	32	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	45
SE5TT150	32	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	45
SE5TT150	36	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	45
SE5TT150	36	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	45
SE5TT150	36	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	45
SE5TT150	40	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	45
SE5TT150	40	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	45
SE5TT150	40	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	45
SE5TT150	44	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	45
SE5TT150	44	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	45
SE5TT150	44	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	45
SE5TT150	48	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	45
SE5TT150	48	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	45
SE5TT150	48	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	45
SE5TT150	52	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	45
SE5TT150	52	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	45
SE5TT150	52	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	45
SE5TT150	56	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	45
SE5TT150	56	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	45
SE5TT150	56	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	45
SE5TT150	60	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	45
SE5TT150	60	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	45
SE5TT150	60	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	45
SE5TT150	64	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	45
SE5TT150	64	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	45
SE5TT150	64	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	45
SE5TT150	68	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	45
SE5TT150	68	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	45
SE5TT150	68	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	45
SE5TT150	72	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	45
SE5TT150	72	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	45
SE5TT150	72	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	45
SE5TT150	76	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	45
SE5TT150	76	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	45
SE5TT150	76	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	45
SE5TT150	80	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	45
SE5TT150	80	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	45
SE5TT150	80	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	45
SE5TT150	84	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	45
SE5TT150	84	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	45
SE5TT150	84	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	45
SE5TT150	88	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	45
SE5TT150	88	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	45
SE5TT150	88	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	45
SE5TT150	92	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	45
SE5TT150	92	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	45
SE5TT150	92	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	45
SE5TT150	96	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	45
SE5TT150	96	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	45
SE5TT150	96	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	45
SE5TT150	100	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	45
SE5TT150	100	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	45
SE5TT150	100	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	45
SE5TT150	104	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	45
SE5TT150	104	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	45
SE5TT150	104	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	45
SE5TT150	108	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108	45
SE5TT150	108	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108	45
SE5TT150	108	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108	45
SE5TT150	112	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	45
SE5TT150	112	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	45
SE5TT150	112	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	45
SE5TT150	116	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	45
SE5TT150	116	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	45
SE5TT150	116	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	45
SE5TT150	120	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	45
SE5TT150	120	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	45
SE5TT150	120	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	45
SE5TT150	124	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124	45
SE5TT150	124	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124	45
SE5TT150	124	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124	45
SE5TT150	128	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128	45
SE5TT150	128	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128	45
SE5TT150	128	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128	45
SE5TT150	132	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	45
SE5TT150	132	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	45
SE5TT150	132	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	45
SE5TT150	136	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	45
SE5TT150	136	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	45
SE5TT150	136	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	45
SE5TT150	140	H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	45
SE5TT150	140	H35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	45
SE5TT150	140	H20	-	-	-	-							

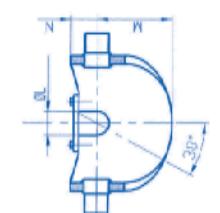
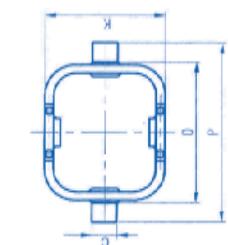
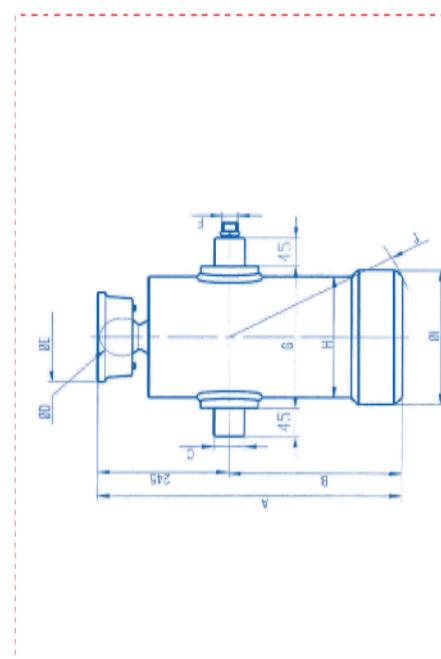


**Cilindros Trilaterales (1)**

Three Way Tipping Cylinders (1)

Verins Pour Tribenne (1)

Dreiseiten-Zylinder (1)

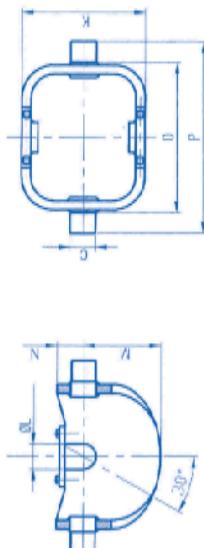
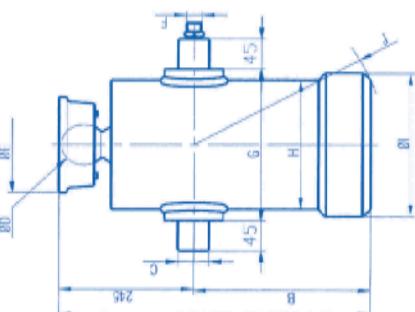


Code/Code Référence/Referenz-Nr.	Name/Name/Name	Tens	Caract. Stricte Caract. Caract. (mm)	Ø EXPANSION (mm)						Actu. Öl-Höf. C (mm)	KG	BAR	
				249	221	198	174	144	115	116			
4807719873	10	219									17	77	250
4807755378	10	255									15	66	320
31217162578	17	153									13	71	320
31217162579	17	153									13	73	320
5407755778	17	177									16	97	320
5407755788	17	177									16	97	320
5407755798	17	177									16	97	320
5407755808	17	177									16	97	320
5407755818	17	177									16	97	320
5407755828	17	177									16	97	320
5407755838	17	177									16	97	320
5407755848	17	177									16	97	320
5407755858	17	177									16	97	320
5407755868	17	177									16	97	320
5407755878	17	177									16	97	320
5407755888	17	177									16	97	320
5407755898	17	177									16	97	320
5407755908	17	177									16	97	320
5407755918	17	177									16	97	320
5407755928	17	177									16	97	320
5407755938	17	177									16	97	320
5407755948	17	177									16	97	320
5407755958	17	177									16	97	320
5407755968	17	177									16	97	320
5407755978	17	177									16	97	320
5407755988	17	177									16	97	320
5407755998	17	177									16	97	320
5407756008	17	177									16	97	320
5407756018	17	177									16	97	320
5407756028	17	177									16	97	320
5407756038	17	177									16	97	320
5407756048	17	177									16	97	320
5407756058	17	177									16	97	320
5407756068	17	177									16	97	320
5407756078	17	177									16	97	320
5407756088	17	177									16	97	320
5407756098	17	177									16	97	320
5407756108	17	177									16	97	320
5407756118	17	177									16	97	320
5407756128	17	177									16	97	320
5407756138	17	177									16	97	320
5407756148	17	177									16	97	320
5407756158	17	177									16	97	320
5407756168	17	177									16	97	320
5407756178	17	177									16	97	320
5407756188	17	177									16	97	320
5407756198	17	177									16	97	320
5407756208	17	177									16	97	320
5407756218	17	177									16	97	320
5407756228	17	177									16	97	320
5407756238	17	177									16	97	320
5407756248	17	177									16	97	320
5407756258	17	177									16	97	320
5407756268	17	177									16	97	320
5407756278	17	177									16	97	320
5407756288	17	177									16	97	320
5407756298	17	177									16	97	320
5407756308	17	177									16	97	320
5407756318	17	177									16	97	320
5407756328	17	177									16	97	320
5407756338	17	177									16	97	320
5407756348	17	177									16	97	320
5407756358	17	177									16	97	320
5407756368	17	177									16	97	320
5407756378	17	177									16	97	320
5407756388	17	177									16	97	320
5407756398	17	177									16	97	320
5407756408	17	177									16	97	320
5407756418	17	177									16	97	320
5407756428	17	177									16	97	320
5407756438	17	177									16	97	320
5407756448	17	177									16	97	320
5407756458	17	177									16	97	320
5407756468	17	177									16	97	320
5407756478	17	177									16	97	320
5407756488	17	177									16	97	320
5407756498	17	177									16	97	320
5407756508	17	177									16	97	320
5407756518	17	177									16	97	320
5407756528	17	177									16	97	320
5407756538	17	177									16	97	320
5407756548	17	177									16	97	320
5407756558	17	177									16	97	320
5407756568	17	177									16	97	320
5407756578	17	177									16	97	320
5407756588	17	177									16	97	320
5407756598	17	177									16	97	320
5407756608	17	177									16	97	320
5407756618	17	177									16	97	320
5407756628	17	177									16	97	320
5407756638	17	177									16	97	320
5407756648	17	177									16	97	320
5407756658	17	177									16	97	320
5407756668	17	177									16	97	320
5407756678	17	177									16	97	320
5407756688	17	177									16	97	320
5407756698	17	177									16	97	320
5407756708	17	177									16	97	320
5407756718	17	177									16	97	320
5407756728	17	177									16	97	320
5407756738	17	177									16	97	320
5407756748	17	177									16	97	320
5407756758	17	177									16	97	320
5407756768	17	177									16	97	320
5407756778	17	177									16	97	320
5407756788	17	177									16	97	320
5407756798	17	177									16	97	320
5407756808	17	177									16	97	320
5407756818	17	177									16	97	320
5407756828	17	177									16	97	320
5407756838	17	177									16	97	320
5407756848	17	177					</td						

VERINS POUR TRIBENNE •  
DREISEITEN-ZYLINDER

## Cilindros Trilaterales (II)

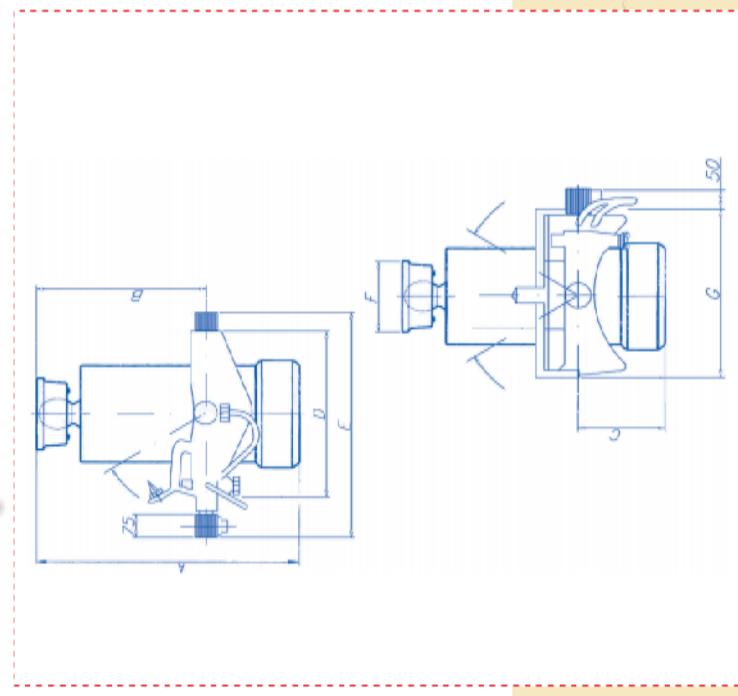
### Three-Way Tipping Cylinders (II)



# • CILINDROS TRIÁLTERALES • THREE-WAY TIPPING CYLINDERS



# Cilindros con Final de Carrera Mecánico Cylinders with Mechanic End of Stroke Cylindres avec Fin de Course Mécanique Zylinder mit Mechanisch Endlage



VERINS POUR TRIBENNE • DREISEITEN-ZYLINDER

Code/ Col	Code/ Col	A	B	C	D	E	F	G
Reference/ Ref								
3570153TR	365	252	130	245	317	81	2	2
36510165TR	365	418	160	261	411	81	2	2
36510165TR	-	-	-	164	367	81	2	2
36510165TR	485	255	230	245	307	81	2	2
36510165TR	-	-	-	155	307	81	2	2
36510165TR	-	-	-	149	317	81	2	2
46110141TR	446	252	110	152	317	81	2	2
46110141TR	383	255	250	212	207	81	2	2
46110141TR	423	260	195	182	340	81	2	2
46110165TR	320	190	190	242	307	81	2	2
46110165TR	360	225	115	242	307	81	2	2
46110165TR	470	265	115	187	370	81	2	2
46110165TR	440	265	115	187	370	81	2	2
46110120TR	370	250	235	251	370	81	2	2
46110160TR	540	255	275	251	350	81	2	2
46110160TR	-	-	-	250	350	81	2	2
46110160TR	410	250	350	187	450	81	2	2
46110160TR	430	280	150	187	361	81	2	2
46110160TR	510	260	750	179	170	760	2	2
46110165TR	380	270	150	25	361	81	2	2
46110165TR	520	270	150	25	361	81	2	2
46110165TR	520	270	150	25	361	81	2	2
46110165TR	520	270	150	25	361	81	2	2
46110165TR	520	270	150	25	361	81	2	2
46110165TR	510	280	150	25	361	81	2	2
46110165TR	510	275	150	25	361	81	2	2
46110170TR	510	275	150	25	361	81	2	2



B

## CÁLCULO DE CILINDRO • CYLINDER CALCULATION

### Cilindros Frontales Front End Cylinders

Vérins Frontaux  
Front-End-Hydraulikzylinder

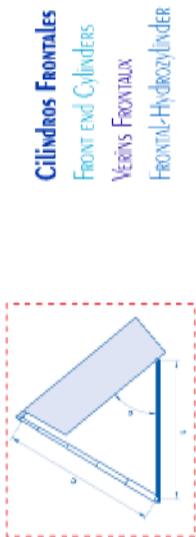


Tabla de Comparación Ángulo de Vérin • Cuerpo Cilíndrico / Comparison Table - Body Tilt - Spanische Tabellen de Vergleich: Winkel des Hydraulikzylinders - Cuerpo • Cuerpo de comparación: Ángulo de Inclinación - Körper • Körper der Vergleich: Winkel des Hydraulikzylinders.

L (mm)	ÁNGULO DE VÉRIN / BODY TILTING / ÁNGLES D'INCLINACIÓN / PATTSCHENKING / ANGLES D'INCLINAISON / PATTSCHENKING / ANGULO DE INCLINACION / BODY TILTING / ANGLES D'INCLINAISON / PATTSCHENKING /			
	45°	48°	50°	55°
4000	376	356	325	269
4500	3078	2444	2661	4000
5000	3410	3837	4057	4206
5500	5026	5111	4857	4647
5600	5815	4286	4635	4881
6000	4124	4520	4521	5071
6200	4320	4321	4175	5205
6600	4515	5231	5388	5379
7000	4788	5338	5844	5917
7300	4973	5587	5718	6170
7600	5189	5817	6123	6434
8000	5172	5112	6558	6162
8300	5670	6153	6773	7015
8600	5833	6512	6936	7269
9000	6156	6838	7411	6911
9300	6362	7116	7565	7861
9600	6587	7348	7898	8114
10000	6840	7541	8115	8752
10500	7182	8036	8541	8875
11000	7524	8445	8946	9258

Tabla de Comparación Presión • Massa volcada / Comparison Table - Pression • Mass  
Table de Comparaison: Pression • Masse Révolée / Vergleich: Hydraulikzylinder - druck - gesamtwasserdruck.

ETAPA / STAGE EXPANSIÓN / ZYLINDERSTUF C (mm)	PRESIÓN / PRESSURE / PRESSION / DRUCK / BAR				
	35	100	135	163	200
61	22	23	37	44	59
79	37	49	61	74	90
98	52	65	91	113	119
116	79	109	132	151	171
135	107	133	159	195	211
154	149	186	213	256	286
174	174	211	244	282	315
196	211	244	277	307	335
216	236	262	297	327	357

## DÉTERMINATION DE VÉRIN • ZYLINDERBERECHNUNG

### Cilindros Telescopicos y Trilaterales Telescopic and Unibody Tipping Cylinders

Vérins Telescopiques et Soussassés  
Teleskopzylinder und Mehrlöbigen Pressen

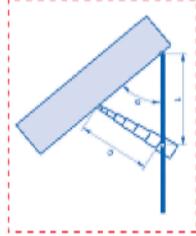


Tabla de Comparación Ángulo de Vérin • Cuerpo Cilíndrico / Comparison Table - Body Tilt - Spanische Tabellen de Vergleich: Winkel des Hydraulikzylinders - Cuerpo • Cuerpo de comparación: Ángulo de Inclinación - Körper • Körper der Vergleich: Winkel des Hydraulikzylinders.

L (mm)	ÁNGULO DE VÉRIN / BODY TILTING / ÁNGLES D'INCLINACIÓN / PATTSCHENKING / ANGLES D'INCLINAISON / PATTSCHENKING / ANGULO DE INCLINACION / BODY TILTING / ANGLES D'INCLINAISON / PATTSCHENKING /			
	45°	48°	50°	55°
650	410	459	488	554
850	547	617	651	690
1000	684	765	815	923
1200	821	918	976	1038
1400	951	1077	1177	1191
1600	1084	1215	1303	1400
1800	1214	1318	1461	1561
2000	1348	1511	1677	1847
2300	1555	1684	1790	1960
2700	1612	1837	1951	2116
3000	1793	1910	2115	2401
3200	1915	2143	2278	2586
3500	2052	2296	2460	2770
3800	2188	2493	2705	3100
4000	2394	2847	3252	3500
4200	2592	2934	3294	3532
4500	2736	3051	3254	3604
4800	3078	3444	3668	4156
5000	3410	3817	4067	4500
5300	3635	4011	4405	5000
5600	3831	4216	4635	5400
6000	4124	4521	4917	5800
6200	4320	4711	5104	6200
6600	4515	5112	5504	6600
7000	4788	5338	5844	7000
7300	4973	5587	6170	7300
7600	5189	5817	6434	7600
8000	5172	5112	6558	8000
8300	5670	6153	6773	8300
8600	5833	6512	6936	8600
9000	6156	6838	7411	9000
9300	6362	7116	7565	9300
9600	6587	7348	7898	9600
10000	6840	7541	8115	10000
10500	7182	8036	8541	10500
11000	7524	8445	8946	11000

Tabla de Comparación Presión • Massa volcada / Comparison Table - Pression • Mass  
Table de Comparaison: Pression • Masse Révolée / Vergleich: Hydraulikzylinder - druck - gesamtwasserdruck.

ETAPA / STAGE EXPANSIÓN / ZYLINDERSTUF C (mm)	PRESIÓN / PRESSURE / PRESSION / DRUCK / BAR				
	35	100	135	163	200
61	22	23	37	44	59
79	37	49	61	74	90
98	52	65	75	94	113
116	79	109	132	159	179
135	107	133	159	175	191
154	149	186	213	233	255
174	174	211	244	277	315
196	211	244	277	307	335
216	236	262	297	327	357

## DÉTERMINATION DE VÉRIN • ZYLINDERBERECHNUNG

### Cilindros Telescopicos y Trilaterales Telescopic and Unibody Tipping Cylinders

Vérins Telescopiques et Soussassés  
Teleskopzylinder und Mehrlöbigen Pressen

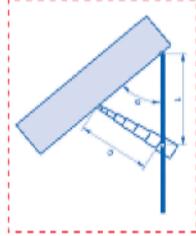


Tabla de Comparación Ángulo de Vérin • Cuerpo Cilíndrico / Comparison Table - Body Tilt - Spanische Tabellen de Vergleich: Winkel des Hydraulikzylinders - Cuerpo • Cuerpo de comparación: Ángulo de Inclinación - Körper • Körper der Vergleich: Winkel des Hydraulikzylinders.

L (mm)	ÁNGULO DE VÉRIN / BODY TILTING / ÁNGLES D'INCLINACIÓN / PATTSCHENKING / ANGLES D'INCLINAISON / PATTSCHENKING / ANGULO DE INCLINACION / BODY TILTING / ANGLES D'INCLINAISON / PATTSCHENKING /			
	45°	48°	50°	55°
650	410	459	488	554
850	547	617	651	690
1000	684	765	815	923
1200	821	918	976	1038
1400	951	1077	1177	1191
1600	1084	1215	1303	1353
1800	1214	1318	1461	1561
2000	1348	1511	1677	1847
2300	1555	1684	1790	1960
2700	1612	1837	1951	2116
3000	1793	1910	2115	2401
3200	1915	2143	2278	2586
3500	2052	2296	2460	2770
3800	2188	2446	2693	3100
4000	2394	2654	2901	3500
4200	2592	2851	3104	3804
4500	2736	3051	3304	4156
4800	3078	3444	3668	4500
5000	3410	3817	4067	5000
5300	3635	4011	4405	5300
5600	3831	4216	4635	5600
6000	4124	4521	4917	6000
6200	4320	4711	5104	6200
6600	4515	5112	5504	6600
7000	4788	5338	5844	7000
7300	4973	5587	6170	7300
7600	5189	5817	6434	7600
8000	5172	5112	6558	8000
8300	5670	6153	6773	8300
8600	5833	6512	6936	8600
9000	6156	6838	7411	9000
9300	6362	7116	7565	9300
9600	6587	7348	7898	9600
10000	6840	7541	8115	10000
10500	7182	8036	8541	10500
11000	7524	8445	8946	11000

Tabla de Comparación Presión • Massa volcada / Comparison Table - Pression • Mass  
Table de Comparaison: Pression • Masse Révolée / Vergleich: Hydraulikzylinder - druck - gesamtwasserdruck.

ETAPA / STAGE EXPANSIÓN / ZYLINDERSTUF C (mm)	PRESIÓN / PRESSURE / PRESSION / DRUCK / BAR				
	35	100	135	163	200
61	22	23	37	44	59
79	37	49	61	74	90
98	52	65	75	94	113
116	79	109	132	159	179
135	107	133	159	175	191
154	149	186	213	233	255
174	174	211	244	277	315
196	211	244	277	307	335
216	236	262	297	327	357

