



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

*TRABAJO FINAL DEL*

*REALIZADO POR*

*TUTORIZADO POR*

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

*TRABAJO FINAL DEL*

*REALIZADO POR*

*TUTORIZADO POR*

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>14</b>
	5.1. REVISIÓN SOCIAL.....	14
	5.2 REVISIÓN TÉCNICA.....	20
	5.2.1 Resortes .....	21
	5.2.1.1 Resortes de compresión .....	21
	5.2.1.2 Resortes de tracción.....	28
	5.2.1.3 Resortes de torsión.....	29
	5.2.1.4 Resortes de lámina o ballesta.....	32
	5.2.1.5 Resortes de goma.....	33
	5.3 REVISIÓN COMERCIAL.....	35
	5.3.1 Patentes y modelos de utilidad.....	35
	5.3.2 Suspensiones para sillas de ruedas en el mercado.....	43
<b>6</b>	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO</b> .....	<b>47</b>
	6.1 ANGULO DE AVANCE (CASTER) .....	47
	6.2 SAG (SUPPORT AND GEAR) .....	48
	6.3 RATIO DE INSTALACIÓN .....	49
<b>7</b>	<b>DISEÑO</b> .....	<b>50</b>

7.1 PLANTEAMIENTO INICIAL.....	50
7.2 DISEÑO INICIAL .....	52
7.2.1. <i>Propuestas.</i> .....	52
7.3 MEJORAS DEL DISEÑO INICIAL .....	56
7.3.1. <i>Validación conceptual.</i> .....	56
7.3.1.1 Análisis estático .....	57
7.3.1.2 Análisis dinámico .....	61
7.3.2. <i>Validación técnica.</i> .....	65
7.3.2.1. Validación técnica de la pieza N <sup>o</sup> 1 .....	66
7.3.2.2. Validación técnica de la pieza N.º 2 .....	67
7.3.2.2. Validación técnica de la pieza N.º 3 .....	68
7.4 DISEÑO FINAL. ....	72
7.4.1. <i>Análisis topológico del diseño seleccionado.</i> .....	72
7.4.1.1. Análisis topológico de la pieza N <sup>o</sup> 2 .....	73
7.4.1.2. Análisis topológico de la pieza N <sup>o</sup> 3 .....	74
7.4.2 <i>Propuesta definitiva</i> .....	75
<b>8 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO. ....</b>	<b>76</b>
<b>9 CONCLUSIÓN. ....</b>	<b>80</b>
<b>10 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Terminaciones estándar de los resortes cilíndricos de compresión. Extraído de la norma UNE-EN ISO 2162-2. ....	25
Tabla 2. Cálculo de la fuerza aplicada sobre el resorte en función del tipo de sollicitación y de la forma.....	35
Tabla 3. Puntuación de los modelos en función de los objetivos a cumplir. ....	51
Tabla 4. Representación de la comparativa de las puntuaciones de los modelos.....	51
Tabla 5. Puntuación del modelo 1.....	52
Tabla 6. Puntuación del modelo 3.....	54
Tabla 7. Comparativa de la puntuación específica y final de los tres modelos.....	55
Tabla 8. Piezas que componen la suspensión .....	65
Tabla 9. Datos obtenidos de la validación técnica de la pieza 2 tras el cambio de material .....	69
Tabla 10. Datos obtenidos de la validación técnica de la pieza 3 tras el cambio de material ....	70
Tabla 11. Presupuesto de fabricación de un único lote.....	77
Tabla 12. Presupuesto de fabricación de 1000 lotes .....	78
Tabla 13. Presupuesto de fabricación de 500 lotes .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Población con discapacidad según tipo de discapacidad. Fuente: Instituto nacional de estadística (INE), 2020.....	18
Figura 2. Resorte helicoidal trabajando a compresión. Apuntes de la asignatura Diseño de Máquinas II. Universidad Politécnica de Valencia.....	21
Figura 3. Geometría de los muelles de compresión. Apuntes de la asignatura Diseño de máquinas II. Universidad Politécnica de Valencia. ....	24
Figura 5. Resortes anidados. Figura extraída del libro “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”. Richad G. Budynas, J.Keith Nisbett. Mc Graw Hill. ....	24
Figura 4. Resorte con alambre de sección rectangular. Steel Mefobo. Catálogo de muelles de matricería.2014. ....	24
Figura 6. Resorte de voluta. Elaboración propia. ....	26
Figura 7. Arandelas elásticas. Extraído de "Muelles de platillo.com" .....	26
Figura 8. Configuraciones de las arandelas elásticas. Elaboración propia.....	27
Figura 9. Otros tipos de arandelas elásticas. Elaboración propia. ....	27
Figura 10. Distintos extremos en muelles de tracción. Extraído de muellesleyva.com.....	28
Figura 11. Barra de extensión con resorte de compresión. ....	29
Figura 12. Resorte de doble torsión. Extraído de la web muellesfedertek.com.....	30
Figura 13. Resortes de torsión. Elaboración propia .....	30
Figura 14. Barra de torsión. Elaboración propia. ....	30
Figura 15. Resortes espirales. Extraído de UNE-EN ISO 2162-1.....	31
Figura 16. (a) Esquema de viga en voladizo. (b) Resorte de ballesta. Elaboración propia .....	33

Figura 17. Resortes de goma (Silentblocks). Fuente: Elaboración propia.....	33
Figura 18. Conjunto de suspensión de la patente US N.º 6,460,641 B1 (2002).....	36
Figura 19. Sección de los resortes de la suspensión de la patente US N.º 6,460,641 B1 (2002).	36
Figura 20. Vista detallada de la suspensión delantera de la patente CN108175587A .....	37
Figura 21. Silla de ruedas con suspensión delantera de la patente CN108175587A.....	37
Figura 22. Suspensión descrita en la patente CN208838375U comprimida.....	37
Figura 23. Suspensión descrita en la patente CN208838375U en reposo.....	37
Figura 24. Suspensión descrita en la patente: CN204121305U.....	38
Figura 25. Suspensión delantera descrita en la patente: JP4264718B2 .....	38
Figura 26. Suspensión trasera descrita en la patente: JP4264718B2 .....	38
Figura 27. Vista de explosión de la suspensión descrita en la patente WO2015139027A1 .....	39
Figura 28. Suspensión descrita en la patente WO2015139027A1.....	39
Figura 29. Vista de explosión de la suspensión descrita en la patente WO2005056314A1 .....	39
Figura 30. Suspensión descrita en la patente WO2005056314A1.....	39
Figura 31. Suspensión descrita en la patente CN201768099U.....	40
Figura 32. Vista de explosión de la suspensión descrita en la patente CN201768099U. ....	40
Figura 33. Vista de explosión de la suspensión descrita en la patente US2008116660A1.....	40
Figura 34. Suspensión descrita en la patente US2008116660A1.....	40
Figura 36. Suspensión descrita en la patente US2018296410A1.....	41
Figura 35. Sección de la suspensión descrita en la patente US2018296410A1 .....	41

Figura 37. Suspensión descrita en la patente 6149169A. A la izquierda en reposo y a la derecha comprimida. ....	41
Figura 38. Suspensión descrita en la patente JP2010149653A.....	42
Figura 39. Despiece de la suspensión descrita en la patente JP2010149653A.....	42
Figura 40. Variantes de las horquillas Glide. ....	43
Figura 41. Sistema de suspensión Glide. Fuente: <a href="http://www.adaptado.es">www.adaptado.es</a> .....	43
Figura 42. Resorte de la suspensión delantera de la silla de ruedas de Maidesite. Fuente: <a href="http://www.hengzekang.com">www.hengzekang.com</a> .....	44
Figura 43. Despiece de la suspensión Quickie. Fuente: <a href="http://www.quickie-wheelchairs.com">www.quickie-wheelchairs.com</a> .....	44
Figura 44.Suspensión delantera de la silla Quickie S-636/646. Fuente: <a href="http://www.phc-online.com">www.phc-online.com</a> ..	44
Figura 45. Silla de ruedas de Maidesite. Fuente: <a href="http://www.hengzekang.com">www.hengzekang.com</a> .....	44
Figura 46. Frog Legs. Fuente: <a href="http://www.froglegsinc.com">www.froglegsinc.com</a> .....	45
Figura 47. Frog Legs II. Fuente: <a href="http://www.froglegsinc.com">www.froglegsinc.com</a> .....	45
Figura 48. Suspensión utilizada en los carritos Bugaboo Camaleon 3. Fuente: <a href="http://www.bugaboo.com">www.bugaboo.com</a> .....	46
Figura 49. Suspensión utilizada en los carritos Bugaboo Fox 2 y Bee 5. Fuente: <a href="http://www.bugaboo.com">www.bugaboo.com</a> .....	46
Figura 50. Suspensión para cortacésped Zglide. Fuente: <a href="http://www.greenpartstore.com">www.greenpartstore.com</a> .....	46
Figura 51. Ángulo de avance. [Tim Gilles.Automotive Service: Inspection, Maintenance, Repair. (2012)].....	47
Figura 52. <a href="http://www.mountainbike.es">www.mountainbike.es</a> .....	49
Figura 53. Primer prototipo de suspensión.....	52



Figura 54. Segundo prototipo de suspensión .....	53
Figura 55. Suspensión Telelever de BMW.....	53
Figura 56. Tercer prototipo de suspensión. ....	54
Figura 57. Modificaciones sobre la propuesta 3 .....	56
Figura 58. Diagrama de fuerzas inicial para el problema estático. ....	57
Figura 60. Diagrama de fuerzas modificado para el problema estático. ....	60
Figura 61. Representación de la distancia de desplazamiento tras el paso por un obstáculo. ..	63
Figura 62. Cálculo de la fuerza que se ejerce sobre el muelle. ....	64
Figura 63. DSL de la pieza 1.....	66
Figura 64. Tensiones de Von Mises de la pieza 1.....	66
Figura 65. Desplazamientos de la pieza 1. ....	66
Figura 66. DSL de la pieza 2.....	67
Figura 67. Tensiones de Von Mises de la pieza 2.....	67
Figura 68. Desplazamientos de la pieza 2. ....	67
Figura 69. DSL de la pieza 3.....	68
Figura 70. Resultado no válido de tensión equivalente en la pieza 3.....	68
Figura 71. Desplazamientos definitivos en pieza 2. ....	69
Figura 72. Tensión equivalente de Von Mises definitiva en pieza 2. ....	70
Figura 73. Desplazamientos definitivos en pieza 2 .....	70
Figura 74. Factor de seguridad mínimo en pieza 3. ....	71

Figura 75. Desplazamientos definitivos en pieza 3. ....	71
Figura 76. Tensión equivalente de Von Mises definitiva en pieza 3. ....	71
Figura 77. Resorte seleccionado. ....	72
Figura 78. Tensión máxima equivalente en el cuerpo de la suspensión optimizado.....	73
Figura 79 Zonas de mínima tensión en el cuerpo de la suspensión.....	73
Figura 80. Zonas de mínima tensión para vaciado.....	74
Figura 81. Tensión máxima equivalente en horquilla optimizada. ....	74
Figura 82. Propuesta definitiva del diseño de la suspensión. ....	75

## 1 RESUMEN

*Las sillas de ruedas son un medio de asistencia de uso muy frecuente para mejorar la vida de las personas que, por diversas causas, padecen movilidad reducida. Por este motivo, se recomienda que el diseño de cada uno de sus componentes se realice utilizando técnicas de diseño de productos centrado en el usuario. Donde, como mínimo, la silla de ruedas permita que el usuario lleve una vida activa sin causar un efecto negativo en su salud, ni en su seguridad, además de facilitarle una independencia casi completa. Es por ello por lo que se hace necesario definir correctamente los requerimientos funcionales de las sillas para garantizar el bienestar de aquellos quienes las usan y su entorno.*

*Este proyecto ha desarrollado un modelo de suspensión técnica, económica y ergonómicamente viable para una silla de ruedas manual de venta en el mercado actual. Donde, a partir de una conceptualización técnico/comercial y considerando aspectos normativos, profesionales y de usuarios, se han definido las características que son necesarias y no solo suficientes, a la hora de diseñar una suspensión para sillas de ruedas. Usando como referencia las múltiples patentes existentes, el proyecto tiene como objetivo principal mejorar la experiencia del usuario y del entorno del mismo, ganando en calidad de vida y en posibilidad de movimiento.*

## 2 ABSTRACT

*Wheelchairs are a very frequent mean of assistance to improve the life of those who, due to various causes, are suffering from reduced mobility. For this reason, it is well recommended that each of the wheelchair component should be design using user-centred product design techniques. Where at minimum, the wheelchair allows the user to lead an active life without causing any negative effect on their health or safety in addition to providing him an almost complete independence. That is why it is necessary to correctly define the functional requirements of the chairs, to guarantee the wellbeing of those who use it and their relatives.*

*This project has developed a technically, economically, and ergonomically feasible suspension model for a manual wheelchair on the today's market. Where, based on a technical/commercial conceptualization and considering professional and user aspects, and taking in consideration the European legislation, the characteristics that are necessary, and not only sufficient have been defined when designing a suspension system for wheelchairs. Using the multiple existing patents as a reference, the main objective of the project is to improve users' experience, improving the quality of their lifetime and their possibility of movement.*

### 3 INTRODUCCIÓN.

La movilidad es inherente al ser humano. Desde la infancia más temprana, las personas empiezan a desplazarse, levantarse, para poder explorar su entorno. (53) Por ello, la falta de movilidad, o la restricción de la misma, es un problema que puede tener graves consecuencias a nivel social, psicológico y cultural. En la actualidad, además, existen múltiples patologías que provocan este deterioro de la capacidad de desplazamiento y condicionan a una persona a utilizar ayudas para poder realizar según qué movimientos antes cotidianos. El uso de recursos para ayudar a dichas personas no es solo una cuestión de derechos humanos, sino también social.

Se estima que más de 70 millones de personas discapacitadas necesitan, en la actualidad, el uso de ayudas técnicas para poder realizar actividades del aparato locomotor, como desplazarse, levantarse, cambiar de postura corporal, etc. (48) La selección de la ayuda más adecuada representa una cuestión vital. En ella hay que tener en cuenta factores muy diversos como: las dimensiones del paciente o usuario y sus necesidades, las características físicas del entorno de utilización del dispositivo, el presupuesto del que se dispone para su uso, etc. De todos los dispositivos, el más utilizado y extendido es, sin duda, la silla de ruedas. (49)

Según Gorgues J. (2005) se puede definir una silla de ruedas como “un vehículo individual que favorece el traslado de personas que han perdido, de forma permanente, total o parcial, la capacidad de desplazarse, facilitando, además, su autonomía e integración social” (50).

A lo largo de la historia, las sillas de ruedas han ido evolucionando y adquiriendo más funciones. La primera vez que se utilizó una con objetivo de mejorar el movimiento de un paciente con discapacidad fue en el año 1695. El invento consistía en el acople de una rueda a un sillón convencional y un reposapiés para facilitar la movilidad al rey Felipe II, inmovilizado durante más de diez años a causa de varias enfermedades como la gota y la artrosis. El inventor belga John Joseph Merlín, considerado el padre de la silla de ruedas moderna, diseñó y patentó años después un modelo muy parecido al que utilizaba Felipe II. A lo largo del siglo XIX, la silla de ruedas, gracias a la aparición de las primeras bicicletas, fue aumentado en comodidad y fácil manejo. No fue hasta el año 1916, sin embargo, que se incorporaron los motores. A partir de entonces, la silla de ruedas se ha diversificado, hasta el día de hoy, donde existen muchos modelos, tipos y marcas distintas. (51).

La división del tipo de sillas de ruedas más común es la siguiente:

- Con motor y dirección eléctricos (52). Normalmente son usadas por personas que carecen de suficiente fuerza en las extremidades superiores para propulsarse, como consecuencia de procesos neuromusculares o lesiones medulares graves.
- Manuales. El usuario mueve la silla gracias a la fuerza de sus brazos y hombros. Son las sillas más utilizadas, debido a motivos económicos, principalmente. (54) Estas sillas se conocen también como sillas de ruedas convencionales. Y se pueden dividir, a su vez, según si tiene la capacidad de auto propulsarse o no, y si son plegables, o no:
  - Manuales auto propulsadas y plegables.
  - Manuales no auto propulsadas y no plegables

Aunque, tal y como se ha visto, existen muchos modelos de sillas de ruedas en el mercado actual, no todas funcionan para cualquier persona. A la hora de seleccionar una silla de ruedas, es necesario tener en cuenta cuestiones como el tipo de discapacidad, las dimensiones del usuario, finalidad, medio en el que va a utilizarla, precio y otras muchas determinaciones, que juegan un papel importante en la decisión final. Su adquisición debe considerarse como una cuestión de suma importancia para el paciente y el entorno, y tiene que hacerse después de una correcta valoración de todos los factores mencionados.

En línea con lo comentado anteriormente, el diseño industrial y la ingeniería moderna, teniendo como premisa principal “Mejorar la calidad de vida individual y colectiva, a través de los objetos cotidianos y destacando la lucha que las personas con movilidad reducida tienen para poder lograr su participación e igualdad en el entorno, busca dar soluciones innovadoras e inclusivas para la sociedad del futuro” (55). Mediante la aplicación de las últimas tecnologías y los materiales más resistentes en las sillas de ruedas y otros sistemas de apoyo, los grupos de investigación buscan conferirles características que mejoren la experiencia del usuario y su entorno, facilitando su acceso a los diferentes espacios de su hogar y urbanos, y favoreciendo su calidad de vida. Las líneas de investigación actuales van dirigidas a mejorar la silla de ruedas, desde el punto de vista ergonómico y social, mejorando la comodidad, la amortiguación, la vibración, la movilidad, etc. Una de las mejoras más en tendencia es la incorporación de sistemas de suspensión, minimizando el impacto de la vibración y aumentando la comodidad de la silla.

#### 4 OBJETIVOS.

El presente trabajo tiene como objeto principal la comprobación de la existencia de modelos de suspensión para sillas de ruedas manuales que ayuden a los usuarios de dichas sillas a la hora de desplazarse cómoda y libremente. Dotándoles, por tanto, de una independencia muy positiva para su desarrollo personal, no solo desde el punto de vista técnico, también económico y ergonómico. Para ello, se ha procedido a la realización de una investigación bibliográfica de los antecedentes que apoyan la teoría mencionada, la realización de modelos físicos y finalmente el análisis económico y físico de dichos modelos. De forma subordinada al objetivo principal, el proyecto pretende abordar otro tipo de metas mucho más específicas, entre ellas:

- a. Demostración de la relación positiva entre la independencia y el desarrollo personal de las personas que padecen alguna alteración en la movilidad.
- b. Definición de los distintos tipos de discapacidad y análisis de su afección en la población.
- c. Investigación e identificación de los distintos parámetros de diseño que pueden intervenir en la pieza requerida
- d. Identificación de los soportes mecánicos que pueden integrar un sistema mecánico-técnico aplicable a las sillas de ruedas modernas.
- e. Enumeración de las distintas patentes existentes que apoyan los distintos modelos de suspensiones para sillas de ruedas.
- f. Investigación de los distintos modos de fabricación y su coste de los modelos diseñados.
- g. Identificación de la viabilidad del diseño, desde el punto de vista técnico y económico.

Tomando a la bibliografía del epígrafe correspondiente y técnicas analíticas digitales de última generación, este proyecto trata de responder las preguntas planteadas y así, llegar a obtener una idea significativa de la aplicación real y efectiva de un modelo de suspensión, mecánica y económicamente viable para las sillas de ruedas. Mejorando, por tanto, la vida de las personas usuarias de estas ayudas técnicas. Para ello, este trabajo se centra en una parte teórica y en una práctica, a lo largo de las cuales se exponen una serie de premisas que ayudan a la comprensión tanto del objetivo principal como de sus adyacentes.

## 5 ESTADO DEL ARTE.

Para poder realizar un proyecto fundamentado sobre una base teórica sólida, es necesario indagar sobre antecedentes bibliográficos que aporten información sesgada y útil a la hora de realizar el diseño final y su posterior análisis.

En este apartado, por tanto, se ha procedido a la redacción de tres partes diferenciadas en las cuales se recopila la información pública y actual sobre la necesidad de incorporar una suspensión en una silla de ruedas convencional, que sirven como antecedentes y marco teórico donde se asienta la parte práctica del proyecto a, a continuación. En la primera parte se plantea el problema y se analiza a qué segmento de la población afecta. En la segunda parte se estudian las posibles soluciones aplicables y sus ventajas e inconvenientes. Y, por último, el tercer subapartado consta de un estudio de mercado para conocer las diferentes soluciones propuestas por las empresas del sector y las patentes registradas.

### 5.1. REVISIÓN SOCIAL.

Según la Organización mundial de la salud (OMS) en su Informe sobre la discapacidad de 2011, en el mundo, conviven a diario más de seis mil millones de personas de los cuales, alrededor del 15% (más de mil millones de personas) sufre algún tipo de discapacidad que le impide o limita a la hora de realizar actividades cotidianas. (1)

La OMS, además, puntualiza que la discapacidad es un fenómeno complejo que refleja una relación estrecha y al límite entre las características del ser humano y las características del entorno donde vive, que se puede definir como un “termino genérico que engloba deficiencias, limitaciones de actividad y restricciones para la participación de las personas que lo padecen”. (2).

Los tipos de discapacidad y sus grados son muy distintos y complejos, además, a lo largo de la historia la denominación de dichos tipos ha ido cambiando, adaptándose y adecuándose al momento social y evolucionando con la medicina moderna, la Organización mundial de la salud, por su parte ha ido recopilando dichas denominaciones y clasificándolas.



El 22 de mayo de 2001, en la 54ª Asamblea de la OMS se aprobó la nueva versión de esta Clasificación con el nombre definitivo de 'Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud', con las siglas CIF.

En el CIF se definen tres términos: funcionamiento, discapacidad y salud. El primero se utiliza para designar todas las estructuras corporales y sus funciones y la capacidad de éstas para realizar actividades cotidianas. El segundo reúne las deficiencias que pueden existir en las funciones y estructuras corporales y las restricciones en la ejecución de actividades del ser humano, siendo una deficiencia cualquier anomalía de un órgano o de una función propia de ese órgano con resultado discapacitante. La salud, por último, está definida como el término que conecta los dos anteriores. (56)

La nueva conceptualización de la expresión 'discapacidad' es más inclusiva y genérica, y abarca distintos grados de discapacidad. Estos se diferencian según los siguientes criterios:

- Deficiencias de función y deficiencias de estructura corporal
- Limitaciones en las actividades
- Limitaciones en la participación

Partiendo de los criterios descritos, se puede decir que toda discapacidad tiene su origen en una deficiencia funcional o estructural de alguna de las partes del organismo. Por tanto, y según la OMS, se pueden identificar numerosas clases de deficiencias asociadas a los distintos tipos de discapacidades. Éstas se clasifican en las categorías física, mental y sensorial, teniendo siempre presente la gran heterogeneidad que existe dentro de cada una.

- Las deficiencias mentales:

Se incluyen en esta categoría de deficiencia mental, por un lado, el espectro del retraso mental en todos sus niveles: grave, moderado y leve, y por otro, el retraso madurativo, además de los distintos tipos de demencias y otros trastornos mentales-

- Las deficiencias sensoriales:

Esta categoría incluye a quienes presentan trastornos relacionados con los sentidos de la vista y el oído, además de trastornos en el lenguaje.

- Las deficiencias físicas:

Se considera, según la OMS en la mencionada asamblea, que una persona tiene una deficiencia de tipo físico cuando padece una o varias anomalías en el aparato locomotor o en las extremidades del cuerpo (cabeza, cuello, espalda, tórax, brazos, piernas etc.). Además, se incluyen en este grupo las deficiencias del sistema nervioso, referidas a las parálisis de extremidades superiores e inferiores, paraplejías y tetraplejías, a los trastornos de coordinación de los movimientos, y a las alteraciones viscerales en los aparatos respiratorio, cardiovascular, digestivo e inmunitario, entre otros.

En todos los casos y grados de deficiencias, y más aún en aquellas de carácter físico, “el eje problemático en torno al cual se estructura la trama de la integración es la propia autonomía, elemento esencial desde el punto de vista de la calidad de vida”. (56)

Cuando se habla de la autonomía personal, uno puede referirse a facetas tan vitales como la accesibilidad a todos los niveles y a ámbitos tan variados como el laboral, el comunicativo, el educativo, el social, y el íntimo, entre otros. “La escasa participación en actividad y empleo, el déficit y el desajuste educativos, así como la sobreprotección familiar, que redundan en la falta de autonomía, son problemas comunes a todas las personas que padecen algún tipo de discapacidad o deficiencia, y pueden llevar, en muchos casos, a la pérdida sustancial de calidad de vida” (56). Sin embargo, los problemas de accesibilidad y autonomía se manifiestan de forma más clara, contundente y reconocible, según el informe CIF en aquellas personas que tienen muy reducida su capacidad de movilidad, como los usuarios de sillas de ruedas. Es por ello, que este proyecto se centra en intentar mejorar, desde el punto de vista mecánico, la calidad de vida de estas personas, tal y como se muestra en los epígrafes siguientes.

Como se ha comentado al inicio de este apartado, alrededor del 15% de la población mundial sufre alguno de los tipos de discapacidad antes mencionados y se prevé que vaya en aumento para los próximos años. Este posible incremento se debe al envejecimiento de la población, ya que el colectivo de la tercera edad es más susceptible de adquirir una discapacidad y al incremento de enfermedades crónicas.

Además, según estudios de la misma Organización, entre 250 mil y 500 mil personas sufren cada año lesiones medulares graves debido a accidentes de tráfico, catástrofes naturales, cáncer, etc.

(3) Concretamente, 75 millones de personas en todo el mundo necesitan una ayuda técnica, pero por alguna razón, ya sea el elevado coste, la accesibilidad o incluso la tenencia de una actitud negativa frente a la discapacidad, solo entre el 5% y el 15% tiene acceso a ellos. (Tododisca, 2019). (4)

En promedio, las personas con discapacidad y las familias que incluyen un miembro con alguna discapacidad tienen peores condiciones de vivienda, menor acceso a bienes y consumibles etc. si a eso le agregamos el sobre coste de atención médica especializada o asistencia personal que puede suponer la discapacidad, y el precio medio de una silla de ruedas manual que con las características mínimas esenciales (comodidad, ligereza o transporte) oscila en torno a los 400€, podemos hablar de unos gastos básicos difíciles de afrontar para muchas familias. La situación se puede ver agravada por la mayor probabilidad que tienen las personas discapacitadas de estar desempleadas o de cobrar menos cuando trabajan.

Según datos de la encuesta mundial de salud la tasa de desempleo en hombres y mujeres con discapacidad es del 53% y 20% respectivamente, mientras que las tasas de desempleo de sus homólogos no discapacitados son del 65% y 30% respectivamente. (OMS, 2011). (1)

La vida de las personas discapacitadas se ve afectada no solo económicamente. Por desgracia, como consecuencia directa de la baja empleabilidad y los gastos adicionales mencionados anteriormente, las personas con discapacidad y sus familias se enfrentan a tasas de pobreza más elevadas que los no discapacitados. Cabe destacar también que tienen peores resultados académicos por las dificultades de ingreso o permanencia en las escuelas y peores niveles de salud que la población en general. (OMS, 2011). (1)

A lo largo de los párrafos anteriores se ha hablado de la discapacidad en términos generales abarcando la gran variabilidad de tipos que existen, tal y como se muestra en la figura 1.

A partir de este momento, sin embargo, la revisión se centrará en los usuarios de silla de ruedas, dado que la mayoría de la población tiene una discapacidad relacionada con la movilidad, son los dispositivos más utilizados a nivel mundial y desde el punto de vista de la ingeniería mecánica y de diseño y fabricación de dispositivos, la silla de ruedas puede ser considerada como una máquina simple con un gran potencial de desarrollo e innovación.

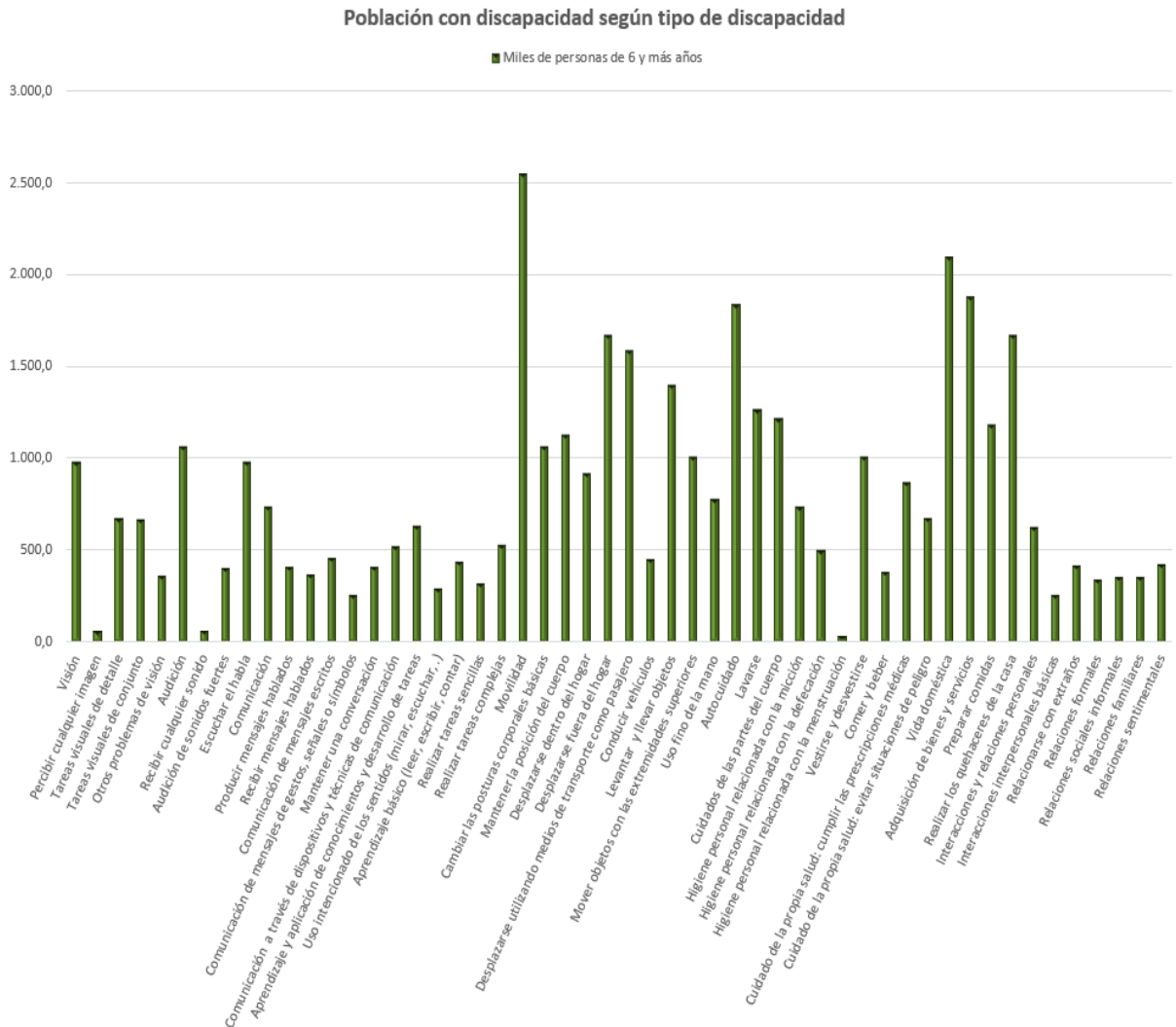


Figura 1. Población con discapacidad según tipo de discapacidad. Fuente: Instituto nacional de estadística (INE), 2020

Una vez comentado como afecta la discapacidad a la vida de las personas es conveniente mencionar que existen una serie de obstáculos que establecen restricciones a la participación individual de las personas con discapacidad. En el informe de La convención sobre los derechos de las personas con discapacidad (CDPD) se enumeran una serie de obstáculos y barreras de acceso a los que se enfrentan las personas con discapacidad como políticas escasas y poco inclusivas, falta de concienciación y prejuicios del resto de la sociedad, prestación insuficiente de servicios de primera necesidad para personas discapacitadas, financiación insuficiente e incluso falta de accesibilidad. (5)

Con respecto a lo que atañe a este informe, la falta de accesibilidad es el obstáculo más significativo al que se puede enfrentar una persona en silla de ruedas. Las sillas de ruedas no pueden utilizarse por cualquier terreno y por desgracia, como se ha comentado anteriormente, la falta de concienciación de la sociedad hace que los gobiernos le den más importancia a otras inversiones antes que a mejorar notablemente la accesibilidad de las infraestructuras públicas y de muchos espacios abiertos o incluso que algunas empresas se muestren reacias a realizar estas mejoras de accesibilidad por considerarlas más un gasto que una inversión, excluyendo en muchas ocasiones a clientes que no pueden acceder por la presencia de algún pequeño obstáculo. (Madrid. EUROPA PRESS, 2013). (6)

Muchas veces no son sólo pequeños obstáculos lo que agrava la situación de una persona con movilidad reducida, la mayoría de las ciudades conservan en sus cascos históricos calles adoquinadas, grandes bordillos o escalones, escaleras interminables, calles estrechas, maceteros y árboles en las aceras, terrazas de bares, coches mal aparcados, etc. El ayuntamiento de Sevilla, en el año 2017, organizó una campaña sobre accesibilidad y movilidad por las calles del centro histórico. En esta campaña se analizaron 112 calles, recorriéndolas con una silla de ruedas, en las cuales se encontraron 574 obstáculos, siendo la mayoría de ellos baches, adoquines o bordillos. (Diario ABC, 2017). (7)

Es indiscutible que sortear una terraza o encontrar una rampa por donde bajar un bordillo puede ser tedioso, pero, en definitiva, fácilmente solucionable. Sin embargo, uno de los problemas de mayor gravedad son las vibraciones transmitidas al cuerpo de los usuarios de silla de ruedas al moverse constantemente por terrenos irregulares, calles adoquinadas o con baches. Estas vibraciones pueden derivar en lumbalgias y causar lesiones en la columna vertebral o en su defecto, empeorar las lesiones que ya existan. También pueden causar efectos sobre los sistemas nervioso y circulatorio entre otros, tal y como afirma el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) en su artículo divulgativo Aspectos ergonómicos de las vibraciones, publicado en 2014. (8)

En los siguientes puntos de este estudio se tratará con más detalle, cómo se pueden solucionar o minimizar dichas vibraciones y de este modo mejorar la forma que tiene de moverse un gran porcentaje de la población.

## 5.2 REVISIÓN TÉCNICA.

Desde su creación en el siglo XVI (10), la silla de ruedas ha evolucionado considerablemente manteniendo el propósito de transportar a personas con problemas de movilidad. Hoy en día, existen muchos tipos de sillas de ruedas recogidos en la norma UNE-EN ISO 9999:2017, que establece una clasificación y la terminología de productos de apoyo, producidos especialmente o disponibles en el mercado, para personas con discapacidad (11). Por todo lo expuesto anteriormente, las sillas de ruedas son objeto de estudio para ingenieros y diseñadores de todo el mundo que pretenden mejorar la calidad de vida de las personas que necesitan este tipo de ayudas técnicas. Más de cuatro siglos de innovación y desarrollo han dado lugar a nuevos componentes y mejoras en el diseño de la silla de ruedas obteniendo como resultado productos más cómodos, ligeros, resistentes y económicos. Tanto es así, que se ha llegado a reducir el precio por debajo del centenar de euros, lo que supone una gran facilidad para poder acceder a este tipo de ayudas técnicas. Esta rebaja en el precio final únicamente se puede apreciar en las sillas de ruedas manuales con un tipo de conducción pasivo. Estas sillas las utilizan generalmente personas dependientes que cuentan con cuidadores o familiares que les empujan para desplazarse. Son sillas muy estandarizadas, lo que hace que no sean tan cómodas para todo el mundo.

Por otro lado, están las sillas de ruedas manuales con tipo de conducción activa, mucho más caras, con precios que oscilan desde los 400€ hasta superar los 5000€. Entre las principales características de este tipo de sillas destacan que suelen ser más ligeras y resistentes, ya que se reduce la fricción entre el eje y la rueda y que al estar enfocadas a personas independientes reparten el peso en un 80% y 20% en los ejes trasero y delantero respectivamente para facilitar la propulsión, según afirma la web Asister en su artículo sobre cómo elegir una silla de ruedas. (9).

Una de las mejoras más evidentes de la evolución de las sillas de ruedas es la incorporación de un sistema de suspensión en sus ruedas o ejes. Estos sistemas se utilizan para minimizar el impacto de las vibraciones que se transmiten al cuerpo humano, comentadas anteriormente.

Los sistemas de suspensión se componen de un elemento que almacena energía potencial elástica (resorte) y de otro que se encarga de disiparla gradualmente (amortiguador).

### 5.2.1 Resortes

Los resortes son elementos elásticos que absorben energía cuando son deformados y la devuelven en forma de fuerza o par al cesar dicha deformación. Existen infinidad de tipos de resortes de diferentes formas, tamaños o materiales. Generalmente se fabrican en acero, aunque si la aplicación requiere un estado de carga ligero se pueden utilizar plásticos o materiales compuestos. Por otro lado, se encuentran las gomas o elastómeros que se utilizan generalmente en aplicaciones con pequeños desplazamientos o vibraciones. Por último, se encuentran los resortes neumáticos, que basan su funcionamiento en la compresibilidad del aire.

Como se verá más adelante, la rigidez de los resortes no siempre es constante, sino que depende del material y de la geometría de este. Que el paso entre espiras no sea constante o que el diámetro medio varíe a lo largo de su longitud son diseños en los que la rigidez es función del desplazamiento. De este modo, se pierde la linealidad de la fuerza y dificulta los cálculos.

De los resortes mencionados anteriormente, los más conocidos son los resortes helicoidales, comúnmente llamados muelles. Según su diseño pueden trabajar a compresión, tracción o torsión.

#### 5.2.1.1 Resortes de compresión

Los resortes de compresión se caracterizan por tener una longitud en reposo mayor que la longitud en estado de carga. En la Figura 2 se puede observar un resorte helicoidal con una carga de compresión. En esta figura se definen los parámetros característicos de los resortes helicoidales de compresión tal y como define la norma UNE-EN ISO 2162-2:

- $D$  = Diámetro del resorte
- $d$  = Diámetro del alambre
- $\lambda$  = Ángulo de hélice

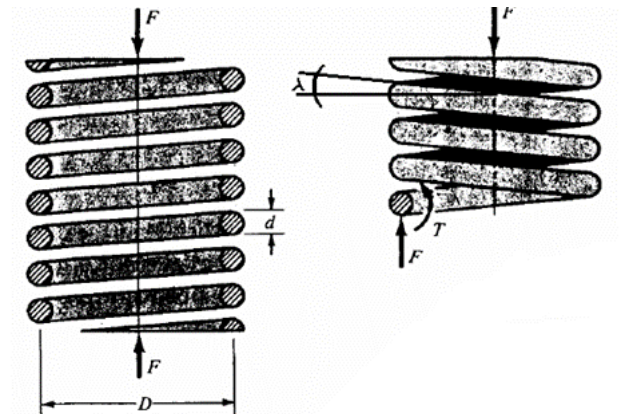


Figura 2. Resorte helicoidal trabajando a compresión. Apuntes de la asignatura Diseño de Máquinas II. Universidad Politécnica de Valencia

Por lo general, la fuerza ( $f$ ) necesaria para deformarlos es proporcional al desplazamiento relativo entre sus extremos ( $u$ ), siendo la constante de proporcionalidad su rigidez ( $k$ ).

$$f = k \cdot u \quad (1)$$

La expresión [1] será válida mientras la tensión aplicada en el resorte sea inferior a la tensión de límite elástico del material del cual está fabricado.

Otro parámetro característico de los resortes es el índice de resorte ( $C$ ) el cual se define como la relación entre el diámetro medio y el diámetro del alambre.

$$C = \frac{D}{d} \quad (2)$$

Se pueden fabricar en procesos de trabajo en frío o en caliente en función de las propiedades finales que necesiten, el diámetro del alambre o del índice de resorte.

Los materiales más utilizados son aceros al Carbono simples, aleados y resistentes a agentes corrosivos. En ocasiones especiales también se utilizan materiales no férricos como el bronce fosfatado, latón para resortes, cobre al berilio o aleaciones de Níquel.

El alambre para cuerda de piano, con un contenido en carbono de entre 0.8% y 0.95%, es el más adecuado para muelles pequeños. De los utilizados en resortes, es el que soporta mayores esfuerzos y se utiliza con diámetros desde 0.12 mm a los 3mm. No es recomendable su uso a temperaturas mayores a los 120° C ni por debajo de los 0°C.

El alambre revenido en aceite, con un contenido en carbono de entre 0.6% y 0.7%, se utiliza en ocasiones en las que el alambre para cuerda de piano es muy caro, aunque no es apto para aplicaciones donde se puedan recibir impactos. Se fabrica en diámetros a partir de 3 mm y en este caso tampoco es recomendable su uso en aplicaciones en las que se den temperaturas superiores a los 120°C ni inferiores a 0°C.

El alambre estirado duro, con un contenido en carbono de entre 0.6% y 0.7%, se utiliza cuando no son tan importantes la cantidad de ciclos de trabajo ni la deformación en sí.



Es un material muy barato y se fabrica en diámetros de entre 0.8 mm y 12 mm. El uso de resortes de este material también está recomendado en un rango de temperaturas de entre los 0°C y los 120°C.

El acero aleado al Cromo-Vanadio se utiliza cuando las cargas del resorte son tan altas que impiden utilizar cualquiera de los materiales mencionados anteriormente. Tiene una gran resistencia a fatiga, a cargas de impacto y una alta durabilidad. Se fabrica en diámetros de entre 0.8 mm a 12 mm y se puede utilizar expuesto a temperaturas de hasta 220°C.

El acero aleado al Cromo-Silicio es el material con más alta resistencia utilizado en la fabricación de resortes. Se emplea cuando es necesaria una gran resistencia a fatiga y durabilidad. También resiste las cargas de impacto y se puede utilizar en ambientes de hasta 250°C. Se fabrican en hilos de entre 0.8 mm a 12 mm de diámetro. Durante la fabricación del resorte, concretamente en el arrollamiento, se generan ciertas tensiones residuales debidas a la flexión que se pueden eliminar en posteriores tratamientos térmicos como el revenido.

De entre los resortes de compresión, el más habitual es el **resorte helicoidal con alambre de sección circular y paso constante**, que se observa en la Figura 3(a). Este resorte es utilizado en infinidad de máquinas y mecanismos ya que sus características mecánicas y su bajo coste de fabricación lo hacen ideal para la mayoría de los casos.

Por otra parte, también existen resortes helicoidales de compresión para aplicaciones especiales. En la Figura 3(b) se puede ver un **resorte con paso variable**. Este tipo, a diferencia de los de paso constante, tienen una relación fuerza/deformación no lineal, lo que hace que en comparación con los de paso constante, se obtenga una mayor fuerza para un mismo desplazamiento. Se utilizan en aplicaciones donde se necesita eliminar el efecto de resonancia. Al tener una rigidez variable y en función del desplazamiento, la frecuencia natural del sistema también varía en función del desplazamiento por lo que dan una buena solución al problema de resonancia. En la Figura 3(c) y 3(d) se observan los dos tipos de **resortes bicónicos**, en forma de barril y de reloj de arena respectivamente. Estos resortes se comportan muy parecido a los resortes de tipo cónico. Se utilizan en ocasiones en las que el montaje se complica o, para el caso de los de tipo barril, se desea eliminar el posible fallo por pandeo. Estos resortes también tienden a minimizar el efecto de resonancia y vibraciones.

Por último, en la Figura 3(e) se ilustran los de tipo **cónico**. Estos resortes a pesar de ser de paso constante se comportan de forma no lineal. Se utilizan en situaciones que presentan espacios muy reducidos donde se pueda dar el caso de necesitar que la longitud de bloqueo del muelle sea el propio diámetro del alambre. A esta característica se le denomina telescópica.

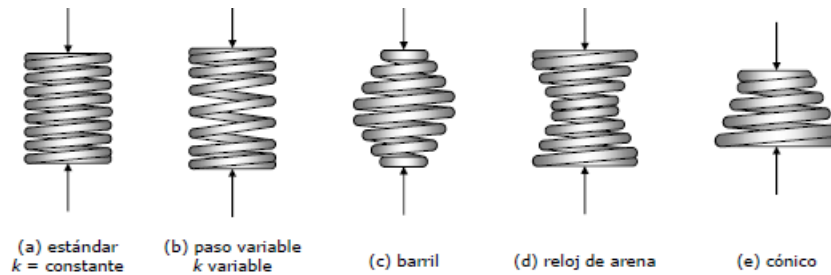


Figura 3. Geometría de los muelles de compresión. Apuntes de la asignatura Diseño de máquinas II. Universidad Politécnica de Valencia.

Por otro lado, se encuentran los **resortes de compresión de sección cuadrada o rectangular**, mostrados en la Figura 4. Estos muelles se utilizan en aplicaciones de cargas extremas como puede ser la estampación o matricería. También se pueden utilizar en ocasiones donde el espacio es muy reducido y se necesita una gran rigidez para que con la misma fuerza se obtenga un menor desplazamiento. Estos resortes tienen un elevado coste de fabricación en comparación con los de sección circular, por lo que, dependiendo de la ocasión, se debería estudiar si compensa poner dos resortes de sección circular anidados como se muestra en la Figura 5 (Shigley, 2008).

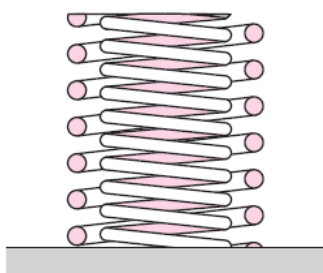


Figura 4. Resortes anidados. Figura extraída del libro “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”. Richard G. Budynas, J.Keith Nisbett. Mc Graw Hill.

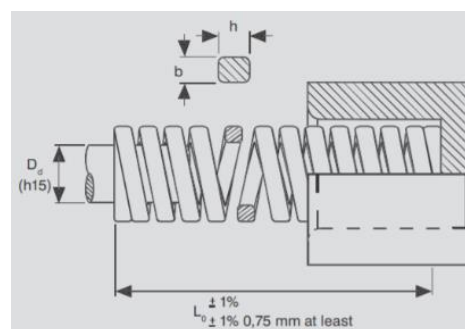



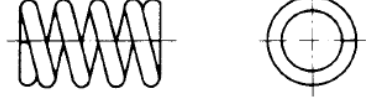

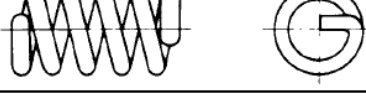


Figura 5. Resorte con alambre de sección rectangular. Steel Mefobo. Catálogo de muelles de matricería.2014.

Los resortes de sección cuadrada o rectangular se clasifican en función de la carga admitida según un código de colores que recoge la norma ISO 10243:2019. Estos colores son: Verde para cargas ligeras, azul para cargas intermedias, rojo para cargas pesadas y amarillo para cargas extrapesadas.

Todos los resortes nombrados hasta este punto se pueden fabricar con un acabado de sus extremos acorde a la norma UNE-EN ISO 2162-2, la cual estandariza los datos técnicos de los resortes. En la Tabla 1 se muestran los tipos de terminaciones que reúne dicha norma.

Tabla 1. Terminaciones estándar de los resortes cilíndricos de compresión. Extraído de la norma UNE-EN ISO 2162-2.

Forme	Ejecución	Representación
A	sin unir, sin afilar	
B	unido, sin afilar	
C	sin unir, afilado	
D	unido, afilado	
E	unido, en forma de «cola de cerdo»	
F	unido y dirigido hacia el centro	

Por último, se encuentran los **resortes cónicos de sección rectangular o plana**. Estos muelles también se conocen con el nombre de resorte de voluta. Este tipo se fabrica con una lámina o pletina de acero, enrollándola sobre la cara plana y quedando las espiras una dentro de otra en forma de cono. Dado que las espiras están escalonadas entre sí, la longitud de bloqueo de este resorte es, como en los helicoidales con alambre de sección circular de tipo cono, el propio

ancho de la pletina con la que se fabrican. Estos resortes se suelen utilizar para amortiguar grandes impactos en espacios reducidos, como por ejemplo los amortiguadores situados entre los vagones de los trenes, aunque se utilizan también en tijeras de podar, con espesores de lámina muy pequeños. En la Figura 6, a continuación, se muestra este tipo de resorte.



Figura 6. Resorte de voluta. Elaboración propia.

A parte de los de tipo helicoidal y de voluta existen otros resortes de compresión. Las **arandelas elásticas** (Figura 7) o arandelas Belleville son elementos con forma de corona circular cónica capaces de proporcionar una gran resistencia frente a cargas de compresión (estáticas o dinámicas) en dirección axial, a pesar de sus reducidas dimensiones. Ejercen una fuerza proporcional a la deformación adquirida, como los resortes helicoidales vistos anteriormente. También son conocidos como muelles de platillo y están normalizadas según la norma DIN 2093, la cual establece su diseño, procesos productivos, tolerancias de fabricación y de uso, etc. Existen en tres tipos de espesores normalizados:

A-Pesado, B-Medio, C-Ligero.

Son utilizadas en un amplio abanico de aplicaciones. Entre ellas, las más comunes son válvulas, acoplamientos, sistemas de embrague deslizante, compensación de tolerancias, etc.



Figura 7. Arandelas elásticas. Extraído de "Muelles de platillo.com"

Entre sus mejores ventajas están la gran resistencia a fatiga, la seguridad de funcionamiento (ya que, en caso de rotura, el resorte no quedaría fuera de servicio) y la capacidad de combinar más de una arandela de distintos modos para mejorar sus propiedades mecánicas. Cuando se unen varias arandelas una encima de otra en el mismo sentido, como en la Figura 8(b), se consigue multiplicar la carga capaz de soportar por unidad de deformación.

En cambio, si se colocan en sentido opuesto, Figura 8(c), se consigue aumentar la deformación elástica para un mismo estado de carga.

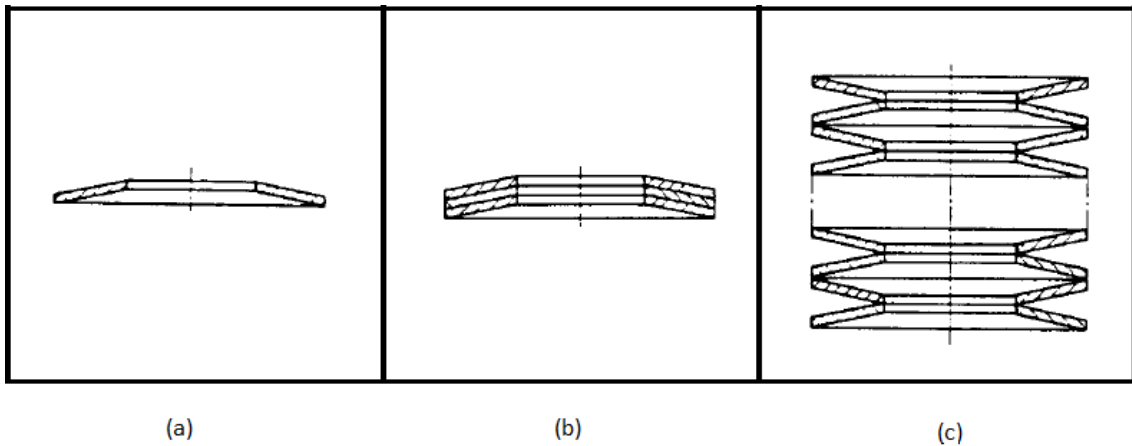


Figura 8. Configuraciones de las arandelas elásticas. Elaboración propia.

En la Figura 9 se pueden observar diferentes tipos de arandelas elásticas, estas son, de izquierda a derecha, las arandelas elásticas onduladas (a), arandelas elásticas de orejetas (b) y muelles de disco para rodamientos o arandelas ranuradas (c).

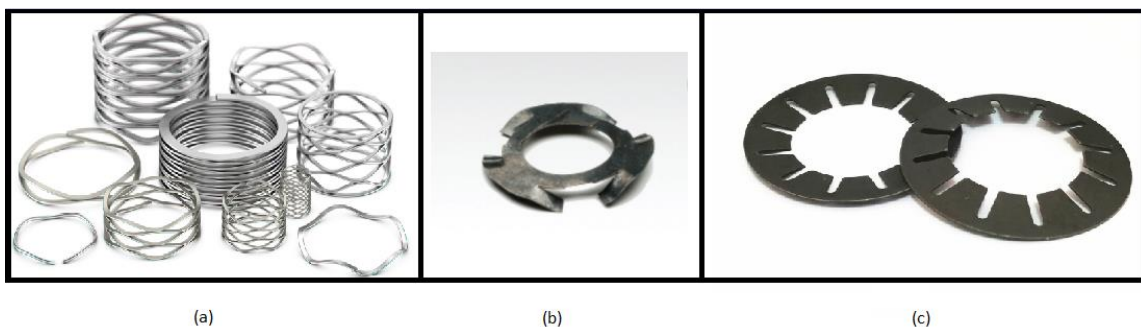


Figura 9. Otros tipos de arandelas elásticas. Elaboración propia.

### 5.2.1.2 Resortes de tracción.

Los **resortes de tracción** se caracterizan por tener una longitud en reposo menor que la longitud en estado de carga. Estos son muy parecidos a los helicoidales de compresión, salvo que en los de tracción no hay un estado límite de deformación equivalente al de espiras cerradas y que en los extremos tienen unos ganchos necesarios para que se transmita la carga desde el soporte al cuerpo del resorte. En el punto de unión entre el cuerpo del resorte y el inicio del gancho se produce un concentrador de tensiones que hay que tener en cuenta a la hora de calcular las tensiones que aparecen en el muelle. Según la empresa Muelles Leyva S.L., una empresa con más de 20 años en la fabricación y distribución de muelles, las terminaciones más comunes para los muelles de tracción son:

“ganchos de centros cruzados; extremos reducidos con ganchos pivotantes; ganchos extendidos para maquinaria; ganchos estándar para maquinaria; barras con ganchos; ganchos expandidos; extremos rectangulares; extremos en forma de gota; inserciones roscadas; ganchos en forma de “V”” (Muelles Leyva, sin fecha).

Existen infinidad de terminaciones para los resortes de tracción, pero al final, todos tienen la misma forma geométrica en su cuerpo, un arrollamiento de espiras. En la Figura 10 se observan distintas soluciones para los extremos del muelle.

Por otro lado, existe una manera de hacer el trabajo de un resorte de tracción sustituyéndolo por otro de compresión con todas las ventajas que ello conlleva. A este tipo se le conoce como **barra de extensión con resorte de compresión**. Este estilo de muelle es una magnífica solución cuando se necesita que en caso de rotura del resorte no se vea comprometida la seguridad de la aplicación. Debido a que el elemento elástico de este sistema sea un resorte de compresión se puede llegar a la situación de bloqueo del resorte por espiras cerradas, lo que lo vuelve muy interesante para usos donde, en ocasiones, sea necesario soportar



Figura 10. Distintos extremos en muelles de tracción. Extraído de muellesleyva.com

cargas muy superiores a las de trabajo normal. Se trata de un ensamblaje compuesto por un resorte de compresión con dos barras que atraviesan su eje y hacen la función de gancho para traccionar. Un ejemplo de aplicación de estos resortes son las lonas de piscina, donde uno o dos resortes tienen que soportar toda la carga hasta colocarla entera, o en los muelles de los puertos para atracar barcos. En la Figura 11 se observa la geometría de este tipo de resortes.

Los muelles de tracción se fabrican con los mismos materiales mencionados anteriormente en el apartado de resortes de compresión.



Figura 11. Barra de extensión con resorte de compresión.

### 5.2.1.3 Resortes de torsión.

Los resortes de torsión se dividen en tres grupos, helicoidales, barras de torsión y espirales. Los **helicoidales** son muy parecidos a los resortes de tracción vistos anteriormente, se componen de un arrollamiento de espiras de sección circular en el cuerpo y una disposición especial de los extremos (ramas) adecuada para fijarse en los puntos donde se tiene que aplicar la fuerza (Figura 12). Las ramas se pueden fabricar a  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  o  $270^\circ$ . En este caso, la fuerza que aporta el resorte es proporcional al ángulo girado a razón de una constante de rigidez ( $k$ ). La diferencia entre estos dos resortes es que los de torsión se genera una fuerza normal en la sección del alambre, mientras que en los de tracción/compresión se genera una fuerza tangencial. La fuerza que aparece en la sección de un muelle de torsión en estado de carga está en la misma dirección que las tensiones residuales que se producen en el proceso de arrollamiento durante la fabricación. Cuando la carga aplicada hace que el muelle se arrolle más, estas tensiones consiguen que el muelle sea más fuerte ya que se oponen a la tensión de trabajo. Conociendo esto y la aplicación del muelle, se puede elegir la dirección del arrollamiento para favorecer su

funcionamiento. Existen infinidad de aplicaciones, aunque una aplicación más que conocida de estos resortes son las pinzas de tender la ropa. En función del uso que se le vaya a dar, podemos encontrarnos con diferentes diseños del cuerpo del muelle donde se corta el arrollamiento para dar lugar a formas especiales y continuar nuevamente con otro tramo de espiras. A estos se les conoce como resortes de doble torsión. En la Figura 13 se puede observar un ejemplo de los resortes de doble torsión (21).

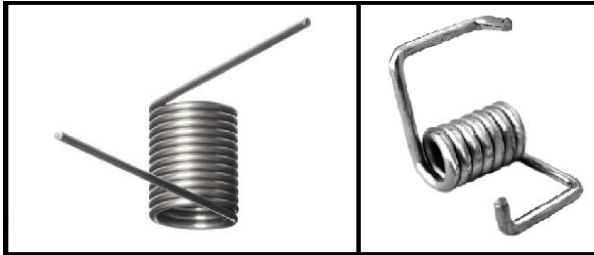


Figura 13. Resortes de torsión. Elaboración propia



Figura 12. Resorte de doble torsión.

Las **barras de torsión** son el elemento resorte en algunas suspensiones de vehículos. Utilizan el principio básico de elasticidad torsional de una barra hueca o maciza. Al igual que los muelles más convencionales, este tipo de resorte almacena energía al ser deformado y la devuelve al desaparecer la carga que lo deforma. Antiguamente se utilizaba como elemento de suspensión de las ruedas, uniéndose por un extremo al chasis mediante un estriado y por el otro extremo a la mangueta de dirección mediante una barra que actuaba de palanca como muestra la Figura 14.

Hoy en día, se utilizan como complemento a la suspensión y se conocen como barras estabilizadoras. Van unidas al chasis de un lado a otro encargándose de evitar el balanceo de vehículo al pasar a grandes velocidades por curvas cerradas, lo que proporciona una mayor rigidez al chasis del automóvil. Una ventaja de este resorte es que, al tratarse de una simple barra de acero, es un elemento muy compacto.

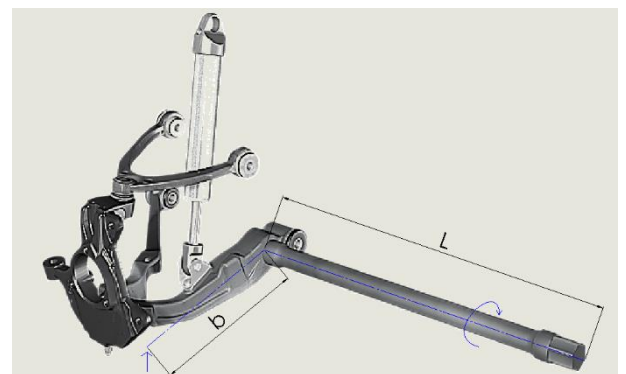


Figura 14. Barra de torsión. Elaboración propia.



$$k = \frac{E(D^4 - d^4)}{b^2 L} \quad (3)$$

Por este motivo se pueden ver también en los coches de Fórmula 1. Generalmente se utilizan barras redondas de acero al carbono y su rigidez se puede calcular como se muestra en la ecuación 3. (24) Donde E es el módulo de elasticidad del material, D es el diámetro mayor de la barra, d es el diámetro menor (en caso de tratarse de una barra hueca), b es la longitud del brazo de palanca y L es la longitud de la barra de torsión.

Como se ha podido observar en la ecuación 3, la rigidez de estos resortes no depende del ángulo girado por lo que se trata de un resorte de comportamiento elástico lineal. (24)

Los **resortes espirales** o también conocidos como **resortes en fleje** son elementos utilizados en máquinas desde hace muchos años. Son capaces de almacenar energía elástica cuando se enrollan y devolverla en forma de par torsor. Sus usos más frecuentes son los relojes mecánicos, cinturones de seguridad, flexómetros o juguetes de cuerda. Generalmente son fabricados en acero templado recocido, aunque para algunas aplicaciones concretas los hay fabricados en otros metales no férreos. Existen tres tipos de resortes espirales: de potencia o lámina de sección rectangular (Figura 15(a)), de fuerza constante (Figura 15(b)) y de motor de fuerza constante (Figura 15 (c) y (d)). Estos resortes se pueden configurar en función de la potencia que se requiera para la aplicación. Para una mayor potencia el resorte entrega más par con menos vueltas mientras que para una menor potencia entrega menos par con más espiras [Fernández Caballero D., 2011]


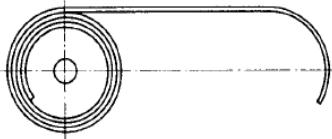
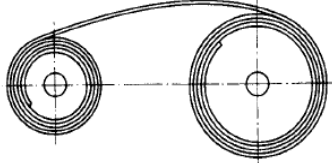
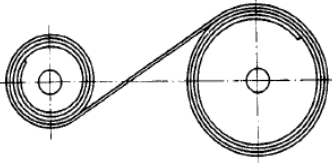
Resorte en espiral con lámina de sección rectangular (a)	
Resorte de tracción de fuerza constante (b)	
Resorte de fuerza constante-motor A (c)	
Resorte de fuerza constante-motor B (d)	

Figura 15. Resortes espirales. Extraído de UNE-EN ISO 2162-1

#### 5.2.1.4 Resortes de lámina o ballesta.

Los resortes de ballesta se forman de un conjunto de láminas de acero superpuestas unas encima de otras que utilizan el principio básico de elasticidad de una viga en voladizo con una carga en el extremo libre (Figura 16(a)). Es habitual encontrar estos resortes con forma de media elipse con una carga entre los apoyos o con forma de elipse completa con la misma disposición de la carga. La primera vez que se utilizó un resorte de ballesta fue en 1804. Lo inventó Obadiah Elliot, constructor de carruajes, quien lo incorporó en uno de sus vehículos de tracción animal. El resorte de Elliot constaba de dos hojas de metal con un perno perpendicular en el centro.

Más tarde, en 1908, Henry Ford utilizó el mismo sistema de ballesta para la suspensión de sus vehículos, aunque al cambiar el tipo de acero consiguió aligerar y abaratar la suspensión sin perder resistencia. Esta suspensión fue utilizada como único recurso hasta que casi treinta años más tarde, en 1934, General Motors, Hudson y Chrysler incorporan en el eje delantero un resorte helicoidal de compresión. Poco a poco este resorte fue ganado popularidad debido a sus reducidas dimensiones y su gran resistencia (23). Hoy en día, los resortes de ballesta se utilizan únicamente en camiones o vehículos de cargas medias/altas.

En este sistema, la flexión de las hojas absorbe el peso del vehículo y las irregularidades de la calzada actuando como resorte, mientras que la fricción que hay entre las hojas produce un efecto de amortiguamiento que evita que el vehículo balancee y se desestabilice. La rigidez de un resorte de ballesta de una única lámina se puede calcular con la ecuación 4.

$$k = \frac{E b t^3}{6L^3} \quad (4)$$

Donde E es el módulo de elasticidad del material del cual está fabricada la ballesta, b es el ancho de la lámina, t es el espesor y L es la longitud de esta. En la figura 16(a) se puede observar un pequeño esquema donde se detallan estos parámetros, mientras que en la figura 16(b) se observa una imagen de un resorte de ballesta. Como se ha comentado anteriormente, la ecuación 4 nos permite conocer la rigidez de una única lámina, pero en muchos estudios se trata la rigidez del resorte de ballesta (en conjunto) como una constante sin tener en cuenta que la fuerza de rozamiento entre láminas, la cual le otorga un carácter de no linealidad (23).

Su principal ventaja que se trata de un sistema compacto. Su simpleza y facilidad de construcción hacen que sea muy económico frente a otros sistemas mencionados anteriormente.

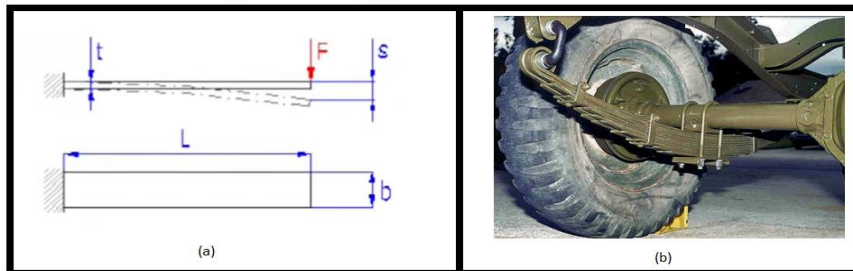


Figura 16. (a) Esquema de viga en voladizo. (b) Resorte de ballesta. Elaboración propia

### 5.2.1.5 Resortes de goma.

Los resortes de goma se utilizan como elemento de suspensión en máquinas y vehículos, pero su mayor uso se da en situaciones donde se necesita amortiguar vibraciones, choques y ruidos.

En los vehículos modernos este tipo de resorte, conocido como silentblock (Figura 17), se utiliza para unir dos piezas metálicas con movimiento relativo entre sí, como por ejemplo en rótulas de dirección, manguetas, trapecios, soportes del bloque motor o barras estabilizadoras.



Figura 17. Resortes de goma (Silentblocks). Fuente: Elaboración propia

Estos resortes son de caucho, o lo que es lo mismo, elastómeros. Los principales tipos de elastómeros con los que se fabrica son polisopreno o caucho natural, polibutadieno, polisobutileno y los poliuretanos. El elastómero más utilizado en resortes es el caucho natural calentado con azufre, lo que da lugar al **caucho vulcanizado**, un elastómero termoestable.

[Varón, D. J., Bou, S. F., Gimeno, R. A. B., & Sanoguera, D. G. (2012). Estudio, análisis y clasificación de elastómeros termoplásticos. 3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme, 1(2), 2.].

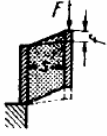
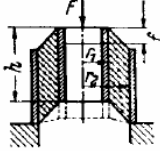
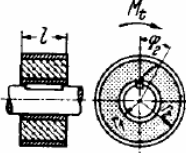
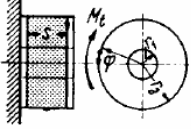
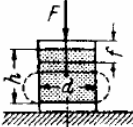
El vulcanizado es un proceso de curado del caucho natural. Tras este proceso el caucho adquiere propiedades elásticas, resistentes e impermeables. Durante el vulcanizado, el caucho se funde y adquiere la forma del molde. Es un proceso aplicable directamente sobre una superficie metálica, lo que le proporciona una adherencia mucho mayor que la propia resistencia de la goma. Una gran ventaja es que son muy económicos y ligeros y es muy fácil encontrarlos en el mercado con una gran variedad de formas, tamaños y tipos de aplicaciones.

Por otro lado, un gran inconveniente de esta solución es que, dependiendo de la forma de trabajo, si el resorte se rompe, puede pararse la máquina y con ello la producción hasta que este se repare o, en el peor de los casos, puede provocar una serie de golpes entre las partes implicadas de la máquina que si no provocan un accidente puede provocar daños irreparables. Principalmente trabajan a compresión o cortadura y en casos especiales a tracción.

$$k_{din} = k'' \cdot k_{est} \quad (5)$$

La rigidez estática de estos resortes depende, además del módulo de cizalladura, del tipo de sollicitación que se le aplique y la forma de este. Puede calcularse de forma fácil dividiendo la fuerza aplicada entre la deformación o el momento aplicado entre el giro. Algunas de estas configuraciones se pueden observar en la tabla 2, donde también se puede ver el campo de validez aproximada. En caso de cargas alternantes la rigidez de estos resortes aumenta debido al endurecimiento del elastómero. Para el cálculo de la rigidez dinámica se utiliza un factor multiplicador ( $k''$ ) que depende de la dureza Shore del elastómero.

Tabla 2. Cálculo de la fuerza aplicada sobre el resorte en función del tipo de sollicitación y de la forma.

Resorte de discos	Cortadura paralela		$F = f \frac{G \cdot A}{s}$ $A = \text{Superficie de cortadura}$	35 % desplazamiento $f < 0,35 \cdot s$
Resorte de casquillos	Cortadura paralela		$F = f \frac{2 \cdot n \cdot h \cdot G}{\ln \frac{r_1}{r_2}}$	35 % desplazamiento $f < 0,35 \cdot (r_2 - r_1)$
Resorte de giro	Cortadura por giro		$M_0 = \varphi_2 \frac{4 \cdot n \cdot l \cdot G}{\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2}}$ $\varphi_2 \text{ en radianes}$	40 % de giro
Resorte de torsión	Cortadura por torsión		$M_0 = \varphi \frac{1,57 \cdot G(r_2^4 - r_1^4)}{s}$ $\varphi \text{ en radianes}$	20º de torsión
Resorte a compresión cilíndrico	Compresión		$F = f \frac{d^2 \cdot \pi \cdot E}{4 \cdot h}$	20 % de compresión

### 5.3 REVISIÓN COMERCIAL.

Este último subapartado del estado del arte se divide en dos partes. El primero de ellos recoge las patentes relacionadas con el objeto de estudio de este trabajo. Y el segundo, muestra como solucionan el problema de las vibraciones las empresas del sector.

#### 5.3.1 Patentes y modelos de utilidad.

Según la Real Academia Española de la lengua, una patente se define como un “Documento en que oficialmente se le reconoce a alguien una invención y los derechos que de ella se derivan.” (R.A.E, 23ª Edición. 2014). El reconocimiento otorgado por la patente tiene fecha de caducidad, generalmente 20 años, y los derechos sólo tienen validez en el país donde se registra la patente.

Por otro lado, este mismo organismo define los modelos de utilidad como “Invencción que, siendo nueva e implicando una actividad inventiva, consista en dar a un objeto una configuración, estructura o constitución de la que se derive una ventaja prácticamente apreciable para su uso o fabricación.” (R.A.E, 23ª Edición. 2014). A diferencia de la patente, este documento da derecho a utilizar una invención de una forma específica y tiene una validez menor, en torno a 10 años.

- En la patente US N.º 6,460,641 B1 (2002) se describe una silla de ruedas con tres ejes. Un eje trasero antivuelco, un eje motriz central y un eje delantero con un conjunto de suspensión elástica que mantiene la rueda en contacto con el suelo a pesar de las irregularidades de este. La rueda delantera va unida a al brazo oscilador mediante una horquilla pivotante. El brazo oscilador va unido al chasis y al conjunto de la suspensión. La suspensión tiene dos resortes de modo que el primario tiene una compresión preestablecida y el segundo se puede ajustar para acomodar la dureza del muelle con respecto a la carga de la silla. El ajuste del resorte secundario permite que los desplazamientos se puedan solapar, ser secuenciales o tener un rango separado.

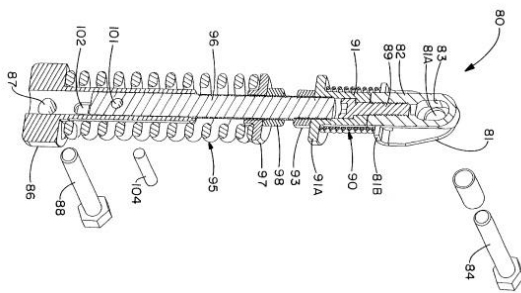


Figura 19. Sección de los resortes de la suspensión de la patente US N.º 6,460,641 B1 (2002).

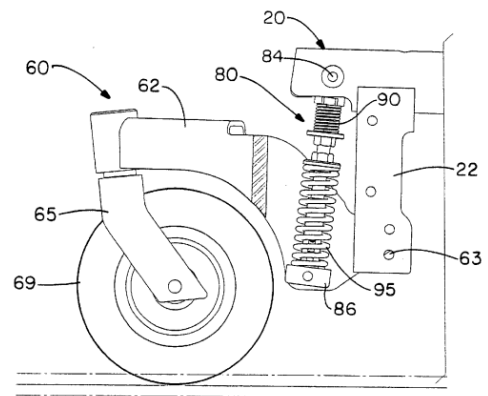


Figura 18. Conjunto de suspensión de la patente US N.º 6,460,641 B1 (2002).

- La patente CN108175587A (2018) describe una silla de ruedas con amortiguación en las ruedas delanteras y traseras. El bastidor de la silla de ruedas comunica las dos suspensiones de manera que puede absorber impactos con mayor facilidad.

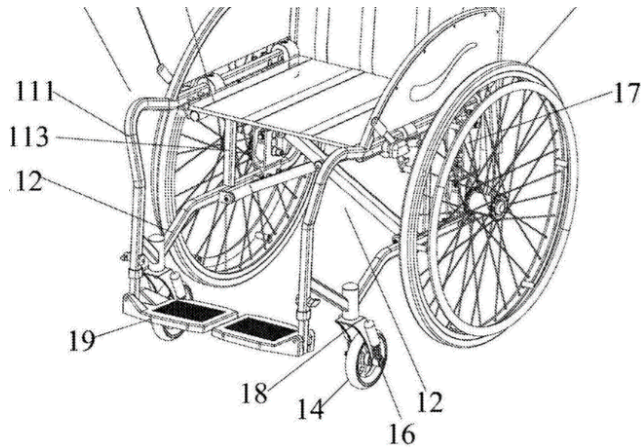


Figura 21. Silla de ruedas con suspensión delantera de la patente CN108175587A

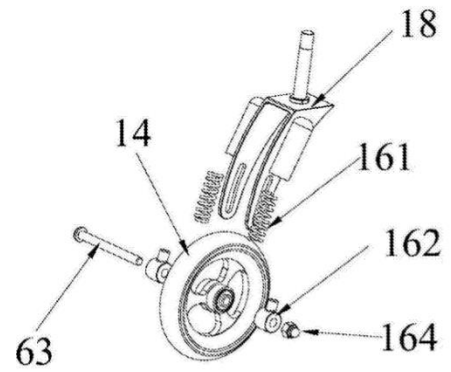


Figura 20. Vista detallada de la suspensión delantera de la patente CN108175587A

- La patente No. CN208838375U (2018) describe la suspensión delantera de una silla de ruedas. Esta se compone de una horquilla de dos piezas, una pieza fija que permite el giro de la rueda y una pieza móvil donde se ensambla la rueda. Tanto la pieza fija como la móvil tiene cada una, una cara inclinada paralelas entre si se coloca un pequeño resorte.

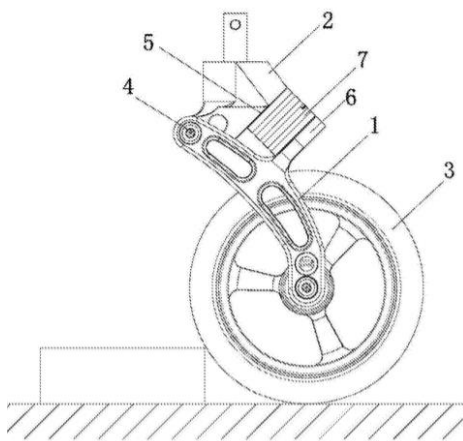


Figura 23. Suspensión descrita en la patente CN208838375U en reposo.

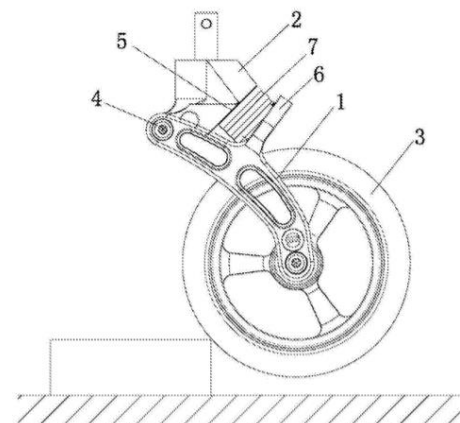


Figura 22. Suspensión descrita en la patente CN208838375U comprimida

- En la patente CN204121305U (2015) se describe una suspensión para las ruedas delanteras de una silla de ruedas. Esta se compone de una horquilla con soporte para el resorte que va colocado en la parte trasera de la rueda. Al pasar un pun bache, el pivote, que está unido mediante una palanca a la base del resorte, comprime el muelle, absorbiendo de esta manera las irregularidades del terreno.

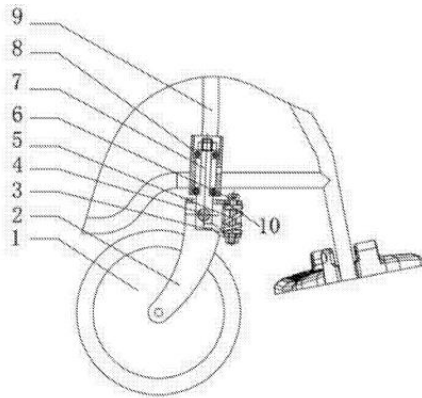


Figura 24. Suspensión descrita en la patente: CN204121305U.

- En la patente japonesa JP4264718B2 (2009) se describe un modelo de suspensión delantera y uno de suspensión trasera. La suspensión delantera consta de un eje pivotante, un resorte de goma y una carcasa fija a la silla. En las ruedas traseras hay un brazo basculante unido al chasis y a la rueda con un pequeño resorte helicoidal concéntrico con un soporte.

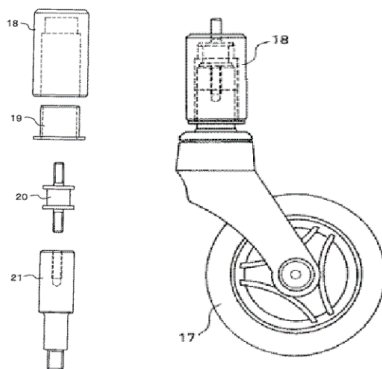


Figura 25. Suspensión delantera descrita en la patente: JP4264718B2

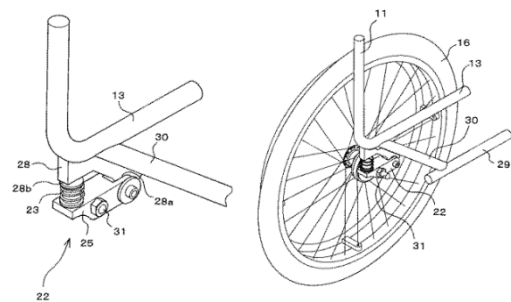


Figura 26. Suspensión trasera descrita en la patente: JP4264718B2



- En la patente WO2015139027A1 (2015) se describe un mecanismo de suspensión de cuatro barras que se conecta a la silla mediante un eje pivotante situado en el enlace superior de la suspensión. Entre la horquilla y el enlace superior se encuentra un resorte de goma, el cual es el encargado de absorber los baches del terreno.

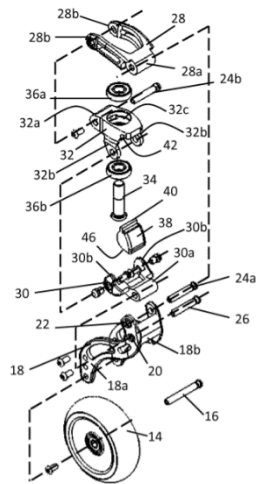


Figura 27. Vista de explosión de la suspensión descrita en la patente WO2015139027A1

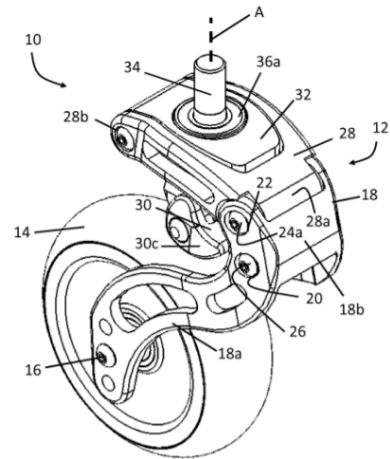


Figura 28. Suspensión descrita en la patente WO2015139027A1

- En la patente N.º WO2005056314A1 (2005) se observa una suspensión compuesta de neumático y llanta separadas. La llanta se une mediante un buje a la horquilla, que está unida mediante una articulación al bastidor. Esta articulación es la que permite el movimiento de la horquilla que está unida por el otro extremo al elemento elástico que absorbe las alteraciones del terreno.

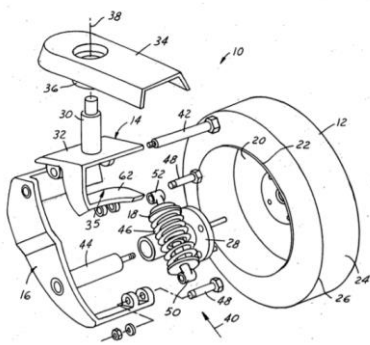


Figura 29. Vista de explosión de la suspensión descrita en la patente WO2005056314A1

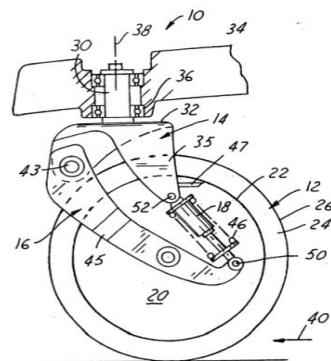


Figura 30. Suspensión descrita en la patente WO2005056314A1

- El modelo de utilidad N.º CN201768099U se refiere a la suspensión delantera de una silla de ruedas compuesta de una horquilla que une de forma flexible la rueda y el chasis de la silla. El tramo curvo de la silla hace de resorte deformándose al pasar un bache. En este modelo de utilidad se propone utilizar un resorte de goma ubicado en el hueco de la curva de modo que se pueda variar la rigidez de la suspensión en función de la carga que vaya a soportar.

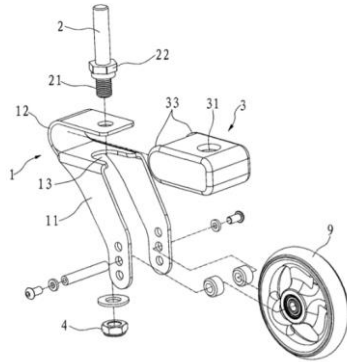


Figura 32. Vista de explosión de la suspensión descrita en la patente CN201768099U.

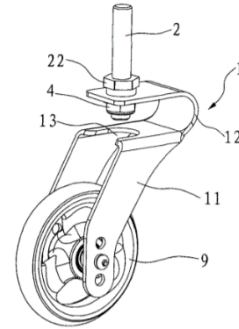


Figura 31. Suspensión descrita en la patente CN201768099U.

- En la siguiente patente con número US2008116660A1 (2008) se muestra una horquilla de suspensión para las ruedas delanteras de una silla de ruedas o algún vehículo parecido. Esta se compone de una parte fija al chasis con libertad de movimiento direccional y otra parte móvil con respecto a la primera que mediante un resorte de goma absorbe los baches del terreno. El resorte tiene una geometría especial de modo que se enclava dentro de una cavidad a la parte fija y a la parte móvil a través de una pieza que a su vez encaja dentro del resorte.

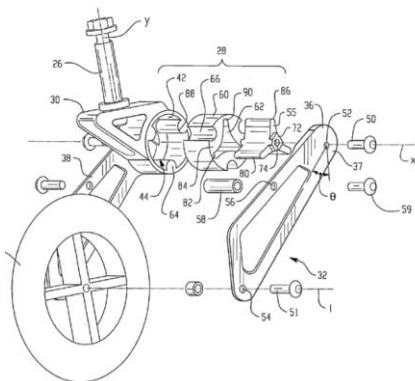


Figura 33. Vista de explosión de la suspensión descrita en la patente US2008116660A1.

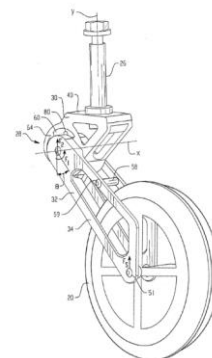


Figura 34. Suspensión descrita en la patente US2008116660A1.

- La patente N<sup>o</sup> US2018296410A1 (2018) describe una suspensión compuesta de dos piezas y un resorte. Una pieza fija en el marco de la silla contiene un alojamiento para el resorte, que en este caso se trata de un resorte helicoidal de sección rectangular y poco recorrido.

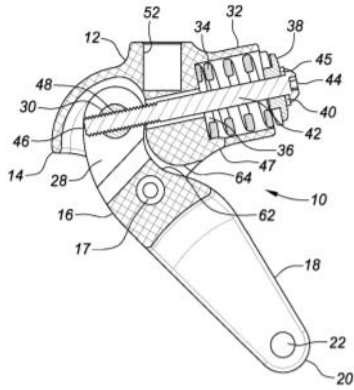


Figura 36. Sección de la suspensión descrita en la patente US2018296410A1

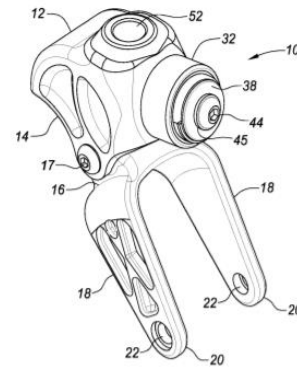


Figura 35. Suspensión descrita en la patente US2018296410A1

La pieza móvil forma la horquilla donde se ensambla la rueda. En el extremo opuesto a la rueda hay un bulón donde se rosca un tornillo que junto a un platillo se encarga de regular la precarga del muelle. Al pasar por un bache, la horquilla mueve el bulón hacia delante, haciendo que el tornillo y el platillo compriman el muelle.

- La suspensión descrita en la patente N.º 6149169A (2000) Muestra una horquilla simple compuesta de tres piezas. La primera, es una pieza fija que se une mediante un vástago pivotante al chasis para poder dirigir la rueda hacia cualquier dirección. La segunda es una horquilla que contiene la rueda y mediante las oscilaciones provocadas por el terreno comprime la tercera pieza, un elastómero encargado de disipar las vibraciones que se transmiten a la silla.

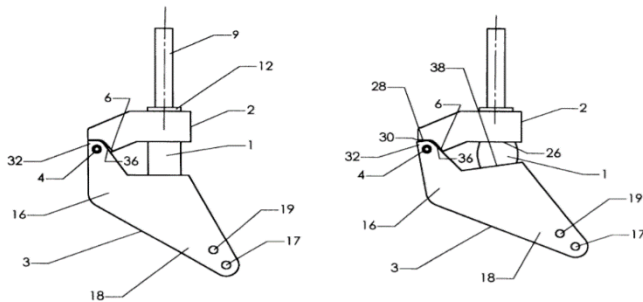


Figura 37. Suspensión descrita en la patente 6149169A. A la izquierda en reposo y a la derecha comprimida.

- En la patente N.º JP2010149653A se muestra una suspensión de la rueda delantera para una silla de ruedas que como la mayoría de las suspensiones anteriores consta de tres piezas principales. Una fija que permite el giro de la rueda, una horquilla que contiene la rueda y que rotando con respecto a la vertical oprime un resorte, en este caso helicoidal, que disipa las vibraciones.

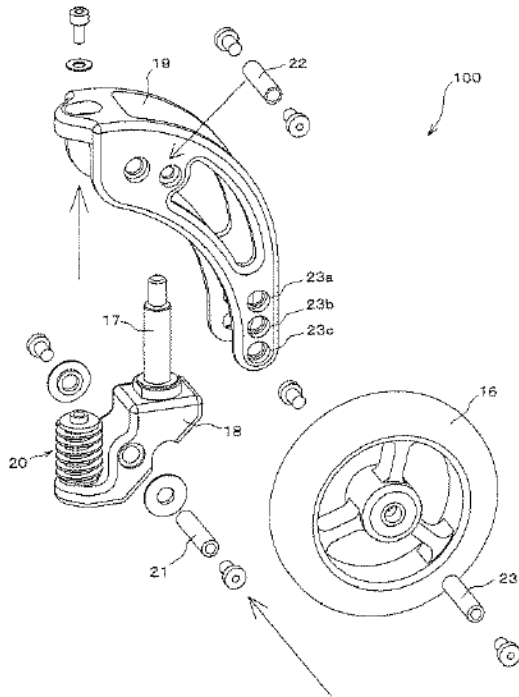


Figura 39. Despiece de la suspensión descrita en la patente JP2010149653A.

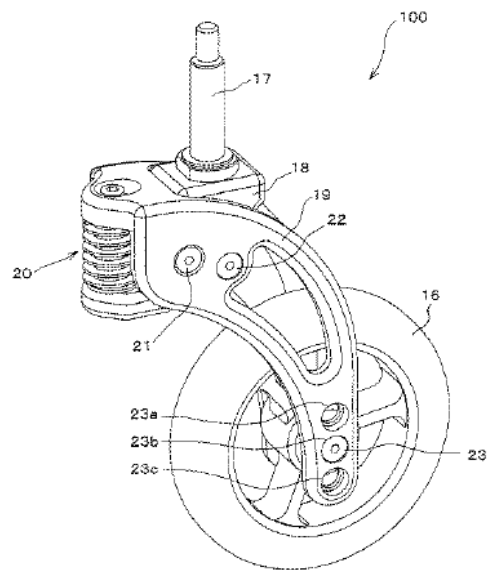


Figura 38. Suspensión descrita en la patente JP2010149653A.

### 5.3.2 Suspensiones para sillas de ruedas en el mercado.

La problemática de las vibraciones en las sillas de ruedas es algo que se estudia desde hace años. La mayoría de los fabricantes de sillas de ruedas han dado como solución utilizar neumáticos con cámara de aire, aprovechándose así de la compresibilidad del aire como suspensión. Otros fabricantes como TiLite, Sunrise Medical u Out-front entre otros, han utilizado sistemas más complejos, pero mucho más efectivos que las cámaras de aire. En este apartado se reúnen las propuestas más interesantes.

- La empresa Out-front, fabricante de accesorios para sillas de ruedas, comercializa un diseño patentado, el cual ya se ha visto en el apartado anterior, para las sillas de ruedas de la marca TiLite. El sistema de suspensión "Glide" solo está disponible para estas sillas de ruedas y se basa en la patente No. CN208838375U (2018). Está fabricada en aluminio y se comercializa en dos variantes, horquillas de uno o dos brazos.



Figura 40. Variantes de las horquillas Glide.



Figura 41. Sistema de suspensión Glide. Fuente: [www.adaptado.es](http://www.adaptado.es)

- La marca Quickie wheelchairs utiliza una suspensión para las ruedas delanteras del modelo de silla S-636/646 basada en dos resortes helicoidales de torsión. Además utiliza neumáticos con cámara de aire para conseguir un mayor efecto de amortiguación y buena maniobrabilidad.

- El fabricante de camas para hospital Madesite comercializa una silla de ruedas eléctrica que incorpora en las ruedas delanteras una horquilla simple que cuenta con un resorte helicoidal de compresión en el propio eje de giro. De este modo se evita la problemática de unir piezas móviles entre sí.

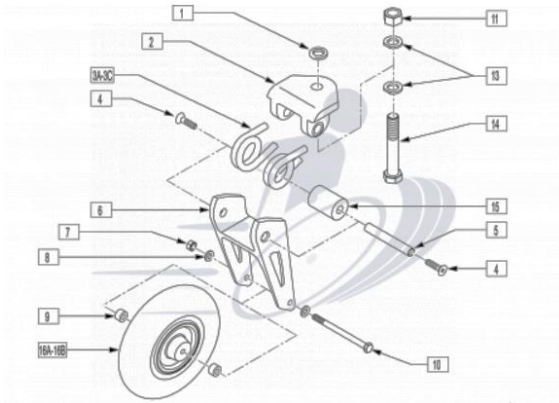


Figura 43. Despiece de la suspensión Quickie.  
Fuente: [www.quickie-wheelchairs.com](http://www.quickie-wheelchairs.com)



Figura 42. Resorte de la suspensión delantera de la silla de ruedas de Madesite. Fuente: [www.hengzekang.com](http://www.hengzekang.com)



Figura 44. Suspensión delantera de la silla Quickie S-636/646. Fuente: [www.phc-online.com](http://www.phc-online.com)



Figura 45. Silla de ruedas de Madesite. Fuente: [www.hengzekang.com](http://www.hengzekang.com)

- Frog Legs Inc. es una empresa fundada 1996 que empezó dedicándose a crear suspensiones y horquillas para las ruedas delanteras de una silla de ruedas. Más adelante empezaron a producir suspensiones para el eje trasero, ruedas o todo tipo de accesorios.

Su propuesta para reducir las vibraciones está explicada en el apartado anterior, en la patente N.º 6149169A, ya que su inventor patentó el diseño a nombre de la compañía en el año 2000. Tras años de pruebas e innovación sacaron la segunda generación de las Frog Legs con un amortiguador de polímero progresivo de cuña.



Figura 46. Frog Legs.  
Fuente: [www.froglegsinc.com](http://www.froglegsinc.com)



Figura 47. Frog Legs II. Fuente:  
[www.froglegsinc.com](http://www.froglegsinc.com)

Las Frog Legs son una solución muy aceptada por los fabricantes de sillas de ruedas. Marcas como Lasher Sport, Ki Mobility o incluso Sunrise Medical, que tiene sus propias patentes en este campo, incorporan las horquillas de Frog Legs en sus sillas de ruedas. Este aspecto es entendible por una razón, más de 20 años dedicados a desarrollar un producto con escasa visibilidad en el mercado.

Es interesante mencionar que fabricantes de otro tipo de vehículos también incorporan suspensión a sus productos, los cuales guardan una estrecha relación con las sillas de ruedas. Por ejemplo, el fabricante de carritos de bebé Bugaboo comercializa un modelo con una suspensión en las ruedas delanteras que guarda gran similitud con el sistema utilizado en las sillas de ruedas TiLite.

Esta suspensión es la utilizada en los modelos *Fox 2* y *Bee 5* y se puede observar en la Figura 47. Se compone de una pieza fija unida al eje pivotante y una horquilla móvil, incorporando entre medias un resorte helicoidal de compresión para absorber las vibraciones. Por otro lado este mismo fabricante utiliza, en el modelo *Camaleon 3*, una suspensión patentada que se compone de una horquilla con dos amortiguadores, uno a cada lado, parecidos a la patente mencionada en el apartado anterior con número CN108175587A. El modelo patentado por Bugaboo (Figura 48) tiene cuatro posiciones de anclaje en la parte superior del amortiguador que regulan la dureza de la suspensión en función del peso del bebé. Ambos sistemas están fabricados mayormente en plástico, ya que la carga que debe soportar la suspensión no es tan grande como para tener que utilizar algún metal de gran resistencia.



Figura 49. Suspensión utilizada en los carritos Bugaboo Fox 2 y Bee 5.  
Fuente: [www.bugaboo.com](http://www.bugaboo.com)



Figura 48. Suspensión utilizada en los carritos Bugaboo

Otro ejemplo parecido es el de Zglide. Esta empresa comercializa unas horquillas de suspensión parecidas a las que monta Quickie, pero en este caso, la aplicación es para máquinas cortacésped, concretamente para cinco marcas distintas. Tal y como mencionan en su web, su diseño se basa en tecnología de torsión capaz de mantener el nivel de las cuchillas en una posición constante que mantiene uniforme el tamaño del césped.



Figura 50. Suspensión para cortacésped Zglide. Fuente: [www.greenpartstore.com](http://www.greenpartstore.com)



## 6 PARÁMETROS DE DISEÑO.

Tras un primer contacto con los diferentes tipos de resortes existentes y algo más de una decena de patentes relacionadas con la solución que se quiere dar en este trabajo, en el siguiente apartado se van a mostrar los requisitos necesarios que deben cumplir tanto las ruedas direccionales (casters) como la suspensión de un vehículo.

### 6.1 ANGULO DE AVANCE (caster)

Si se extiende la línea imaginaria que pasa por el eje de giro de la rueda y se superpone con la vertical que pasa por el punto de contacto de la rueda con el suelo se obtiene el ángulo de avance (Figura 51).

El comportamiento de la dirección es diferente en función del ángulo de avance, también conocido como caster. Con un caster positivo el punto de contacto de la rueda con el suelo queda por detrás del punto donde corta la extensión del eje de dirección con el suelo, de este modo la dirección se vuelve más estable y tiende a volver a su posición inicial. Un inconveniente de esta configuración es que la fuerza que se debe hacer para girar la dirección es mucho mayor que con caster negativo.

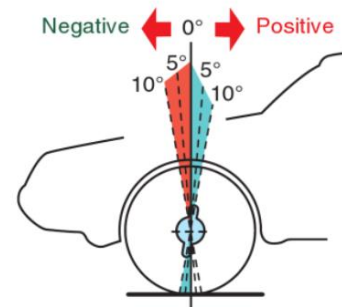


Figura 51. Ángulo de avance.  
[Tim Gilles. Automotive Service: Inspection, Maintenance, Repair.]

En automoción, actualmente se utiliza el caster positivo, ya que el punto negativo mencionado anteriormente se ve solventado por el sistema de dirección asistida del vehículo. En un caster negativo el punto de contacto de la rueda con el suelo queda por delante del punto donde corta la extensión imaginaria del eje de dirección con el suelo. Con un caster negativo la dirección se vuelve mucho más fácil de girar, pero a la vez descontrolada. Como en los carritos de supermercado, cuando el vehículo se mueve hacia adelante el eje de pivote de la rueda tira de esta haciendo que se auto alinee con la dirección de movimiento, proporcionando mayor estabilidad a las ruedas. En las ruedas delanteras de las sillas de ruedas convencionales el ángulo de avance se considera “negativo” aunque verdaderamente no exista dicho ángulo.

En estos casos el eje pivotante de la dirección es perpendicular al suelo y pasa por delante de la línea imaginaria que pasa por el centro de la rueda, con lo que se consigue un efecto similar al de un caster negativo. La distancia que hay entre el punto de contacto de la rueda con el suelo y la prolongación de la línea imaginaria vertical que pasa por el eje pivote se conoce como “lanzamiento”.

## 6.2 SAG (Support And Gear)

En el mundo del ciclismo y las motocicletas el SAG se conoce como el prehundimiento que sufre la suspensión al subirse el conductor al vehículo. Se puede diferenciar entre SAG estático y SAG dinámico. Se conoce como SAG estático al prehundimiento de la suspensión solo con el peso propio del vehículo, es decir, un estado de equilibrio entre el vehículo y la suspensión.

Por otra parte, el SAG dinámico es el prehundimiento cuando se añade el peso del conductor. Este parámetro se mide en mm y se calcula como un porcentaje del recorrido total de la suspensión. Este parámetro es importante dado que, sin una precarga sobre el muelle, al pasar por un bache el vehículo caería dentro del bache y el conductor notaría el “golpe” o la vibración, mientras que, con una precarga, al llegar la rueda al borde del bache y empezar a caer dentro de este, el muelle se extendería copiando el relieve del terreno accidentado para mantener el contacto de la rueda con el suelo y absorbiendo así el golpe o la vibración generada. En el caso contrario, al encontrarse la rueda con un resalto, bordillo o piedra el muelle de la suspensión aún tendría recorrido para comprimirse y absorber la vibración generada al paso por el obstáculo.

Tanto en bicicletas como en motos, el SAG es diferente en función del eje que quieras medir, y se suele utilizar entre un 25% o un 30% de prehundimiento para el eje trasero y un 10% para el eje delantero. Para este estudio te tendrá en cuenta un valor de SAG del 10% dado que se trata de las ruedas delanteras

### 6.3 RATIO DE INSTALACIÓN

La ratio de instalación relaciona el desplazamiento de la rueda con el recorrido de la suspensión. Cuando la suspensión está alineada con la rueda, al desplazarse esta un valor determinado, la suspensión se desplaza el mismo valor, y tanto la rueda como la suspensión tienen el mismo recorrido. Por otro lado, en un sistema de brazo basculante la ratio depende de las distancias de la palanca. En la figura 52 se pueden observar ambas configuraciones.

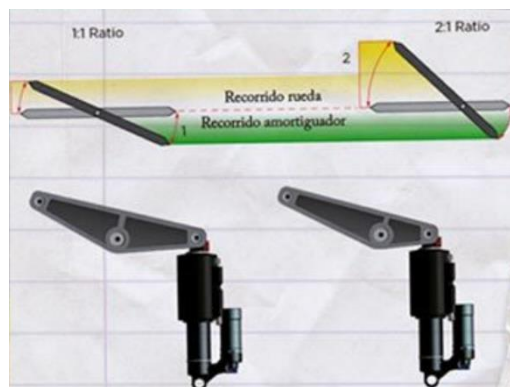


Figura 52. [www.mountainbike.es](http://www.mountainbike.es)

Una ratio de 1:1 indica una que tanto la rueda como el amortiguador se desplazan la misma distancia, mientras que una ratio 2:1 indica que por cada centímetro que se desplaza el amortiguador, la rueda se desplaza dos. No existe un valor estándar que indique la ratio que debe tener cada suspensión. Según la página web [www.mountainbike.es](http://www.mountainbike.es) en su artículo “¿Qué significa el ratio de la suspensión y cómo afecta?” la ratio de instalación más común en bicicletas de montaña es un valor de entre 2:1 y 3:1.

Para el diseño que se va a llevar a cabo en este proyecto no es necesario establecer una ratio concreta ya que en la suspensión que se va a diseñar se considerarán pequeños desplazamientos, aunque no esté de mas conocer este parámetro y calcularlo una vez diseñada la suspensión. (57)

## 7 DISEÑO.

En este apartado se va a desarrollar la propuesta de suspensión para las ruedas delanteras de una silla de ruedas convencional. Posteriormente se calcularán los esfuerzos a los que se verá sometidos en condiciones normales de uso. Por último, se hará un estudio topológico de las piezas para ver en qué puntos se puede retirar material ganando ligereza en el conjunto.

### 7.1 Planteamiento inicial

A continuación, se detallan las premisas de las cuales se quiere partir y los objetivos sociales, técnicos y económicos que se quieren cumplir, para poder discernir cual es el modelo más válido.

1. **Universalidad.** Tal y como se ha comentado en la primera parte del proyecto, con la modelización de esta pieza se busca dar respuesta, dentro de los límites propios de un trabajo de fin de grado, a la creciente demanda de sillas de ruedas y a la complicada situación de los usuarios de las mismas. Es por eso, que presentar un diseño que pueda cubrir las necesidades del mayor número de personas posible y sus familias resulta de vital importancia. En esta línea, el diseño definitivo debería tener un coste de fabricación inferior a los 200 € y ser apto para personas que se encuentren en un rango de peso considerable: hasta los 120kg.
2. **Optimización.** Para poder cumplir con lo citado en el punto anterior, es importante tener en cuenta, ya en la fase más basal del diseño, el tipo de fabricación que tendrán las piezas que conforman el modelo. La simplificación y por tanto, optimización, del proceso de fabricación y diseño cobra mucha importancia a la hora de escoger el diseño definitivo. En este caso, las premisas principales son: Número limitado de fases en el proceso de fabricación y número limitado de piezas para la fase de ensamblaje.
3. **Sencillez técnica.** Las premisas técnicas en este caso deben de seguir la línea de la simplificación de los procesos. Un diseño sencillo, puede beneficiar un modelaje y una posterior fabricación sencillos. Por tanto, se ha decidido que las premisas de diseño sean las siguientes: Reparto equitativo de los pesos en las 4 ruedas de la silla (25% del peso en cada una de ellas), la obtención de una ratio de instalación de en torno a 2 que

permita un mayor desplazamiento de la rueda ante una mayor compresión del muelle y por último un nivel de SAG (support and gear) mínimo o igual a 0.

Además de los objetivos principales mencionados de universalidad física y económica y sencillez de fabricación y diseño, el diseño presentado también debería ser, en la medida de los posible, eficiente y responsable con el medio ambiente. Para ello, factores como la minimización de la huella de carbono mediante la circularidad de los residuos de fabricación se va a considerar no despreciable en la fase de diseño.

La elección final se basará en un análisis cuantitativo muy simplificado del cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos. De esta forma, y gracias a un sistema de calificación básica (0-5), siendo 0 la situación más desfavorable y 5 la mejor, el diseño con mejor puntuación total, se considerará el más apto, y por tanto el presentado finalmente. A continuación, se detalla las tablas que se utilizará para el mejor cálculo de la puntuación final de cada uno de los modelos.

Tabla 3. Puntuación de los modelos en función de los objetivos a cumplir.

	OBJETIVOS PARA CONSIDERAR						PUNTUACIÓN FINAL
	Coste final	Carga máxima de trabajo	N.º de piezas	N.º de procesos de fabricación	Ratio de instalación	SAG	
PUNTUACIÓN							

Tabla 4. Representación de la comparativa de las puntuaciones de los modelos.

	Coste final	Carga	Piezas	Procesos	Ratio	SAG	PUNTUACIÓN
MODELO 1							
MODLEO 2							
MODELO 3							

## 7.2 Diseño inicial

Los tres diseños que se van a mostrar a continuación se basan en la integración de un sistema de suspensión dentro de la horquilla de la rueda delantera de una silla de ruedas. En ninguno de los casos se ha considerado utilizar un amortiguador viscoso. No es necesario. El reparto equitativo de pesos entre los ejes delantero y trasero origina muy poca carga en las ruedas y, por tanto, la propia resistencia del material del muelle genera el suficiente amortiguamiento para frenar las oscilaciones. Los modelos, a continuación, se han diseñado bajo la premisa de soportar un peso de entorno a los 30Kg en cada una de las ruedas.

### 7.2.1. Propuestas.

#### Propuesta 1.



Figura 53. Primer prototipo de suspensión

Este modelo consta de una horquilla fabricada por moldeo con un mecanizado en los laterales a modo de alojamiento para el resorte y el eje de compresión del muelle. Para este diseño, se propone una pieza de anclaje específica en función del modelo y la marca de silla de ruedas a la que se quiera acoplar.

El diseño de la pieza del anclaje ha resultado mucho más complejo de lo esperado inicialmente y, tal y como se muestra la tabla, esto repercute directamente en el precio final del conjunto, lo cual, sumado a ciertas dudas sobre la funcionalidad y acabados finales de la horquilla, harían de esta opción un prototipo, a priori, descartado.

Tabla 5. Puntuación del modelo 1.

	OBJETIVOS PARA CONSIDERAR						PUNTUACIÓN FINAL
	Coste final	Carga máxima de trabajo	N.º de piezas	N.º de procesos de fabricación	Ratio de instalación	SAG	
PUNTUACIÓN	1	5	1	2	2	5	16

Propuesta 2.

En segundo lugar, se propone una horquilla de suspensión inspirada en el sistema “Telelever” patentado por BMW. En este sistema, la marca alemana elimina la horquilla telescópica del manillar de una motocicleta y la sustituye por una horquilla rígida y un único amortiguador central. Este mecanismo consigue desviar la fuerza de la frenada hacia el amortiguador, quedando el manillar libre de cualquier carga producida por dicha frenada, facilitando el control y aumentando la estabilidad del vehículo.

La propuesta número 2 se basa en un modelo compuesto por un mecanismo de cuatro barras con la particularidad de que incorpora un resorte a modo de arriostre.



Figura 55. Suspensión Telelever de BMW

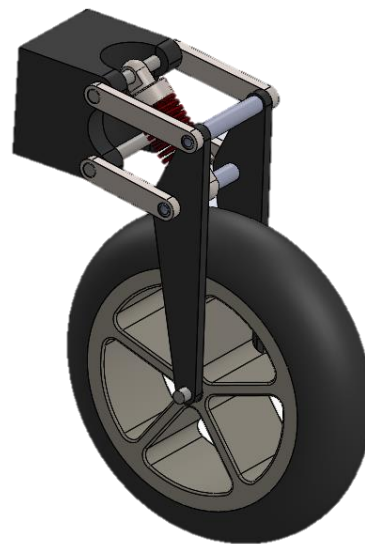


Figura 54. Segundo prototipo de suspensión

Tabla 6. Puntuación del modelo 2.

	OBJETIVOS PARA CONSIDERAR						PUNTUACIÓN FINAL
	Coste final	Carga máxima de trabajo	N.º de piezas	N.º de procesos de fabricación	Ratio de instalación	SAG	
PUNTUACIÓN	2	5	1	1	3	5	17

Propuesta 3.

Por último, se propone una suspensión basada en un mecanismo de tijera formado principalmente por tres piezas; cuerpo, horquilla y palanca fabricadas mediante chapa plegada. El resorte de este modelo de suspensión va situado dentro del cuerpo.

La mayor ventaja de este sistema frente a los propuestos anteriormente es la unificación de procesos para fabricar las tres piezas principales del conjunto. Esto se realizaría mediante el corte de las piezas en una misma plancha para su posterior plegado por estampación. El resto de los componentes de la suspensión son elementos normalizados que se pueden comprar a proveedores de piezas estandarizadas.

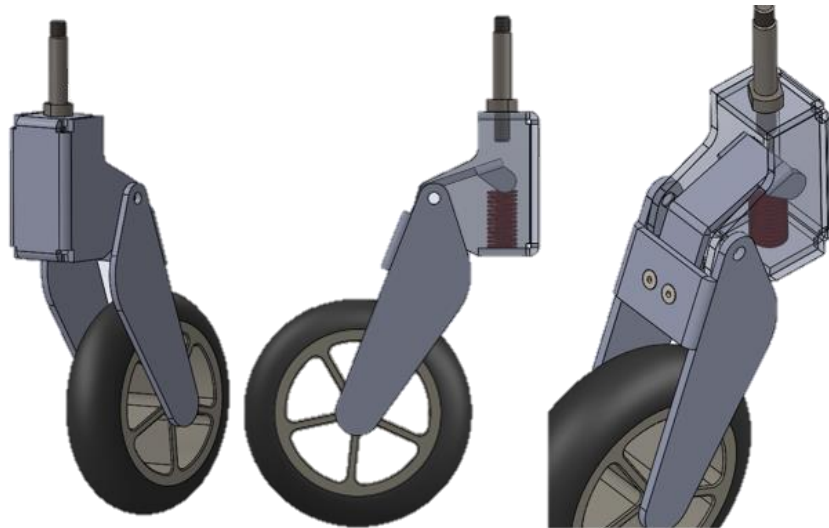


Figura 56. Tercer prototipo de suspensión.

Tabla 6. Puntuación del modelo 3

	OBJETIVOS PARA CONSIDERAR						PUNTUACIÓN FINAL
	Coste final	Peso que puede aguantar	N.º de piezas	N.º de procesos	Ratio de instalación	SAG	
PUNTUACIÓN	4	5	1	4	3	5	22



Si realizamos la comparativa de los tres modelos en cada uno de los objetivos, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 7. Comparativa de la puntuación específica y final de los tres modelos.

	Coste final	Peso	Piezas	Procesos	Ratio	SAG	PUNTUACIÓN FINAL
MODELO 1	1	5	1	2	2	5	16
MODLEO 2	2	5	1	1	3	5	17
MODELO 3	4	5	1	4	3	5	22

Tal y como vemos en la tabla N.º 8, y ya se vaticinada durante la fase de prototipado de los modelos, el tercero es el más favorable, con una calificación de 22 puntos. A pesar de que consta de un elevado número de piezas, la mayoría se pueden considerar como “pequeño material”, es decir, están estandarizadas y se pueden adquirir en grandes cantidades a bajo coste. Por otro lado, las piezas más complejas se fabricarían en el mismo proceso. En cambio, en el primer modelo existe una elevada complejidad en la fase de diseño, que repercutirá en un aumento final del coste de fabricación, y por tanto, del precio final. El segundo modelo presenta, por otro lado, un elevado número de piezas y un elevado número de procesos de fabricación distintos para cada una de ellas, aumentando, así, la complejidad en la fabricación y ensamblaje y acrecentando, por ende, su coste y precio finales.

Además, desde el punto de vista sostenible, el modelo 3 también es el más favorable. Teniendo en cuenta que las piezas se fabrican a partir de un solo material, una plancha, los deshechos ocasionados por el proceso de corte de la misma son fácil y económicamente reciclables y reutilizables. De esta forma, se facilita la recirculación de materias primas y, por ende, la disminución de residuos. En los modelos 1 y 2, en cambio, existe un mayor número de procesos de fabricación diferentes, que necesitan, un mayor número de materias primas y energía y producen un mayor número de residuos distintos.

### 7.3 Mejoras del diseño inicial

Una vez escogido el modelo inicial, se procede a profundizar en su diseño. Para ello, se decide simplificar el modelo suprimiendo la palanca y creando una pestaña o pliegue en la horquilla que actúe de igual manera que la palanca.

Por otro lado, se modifica el cuerpo cambiando la inclinación del plano inferior (donde descansa el resorte) de modo que el movimiento de la horquilla hacia el resorte sea tangente.

Una vez aplicados los cambios el modelo queda como muestra la figura 57.

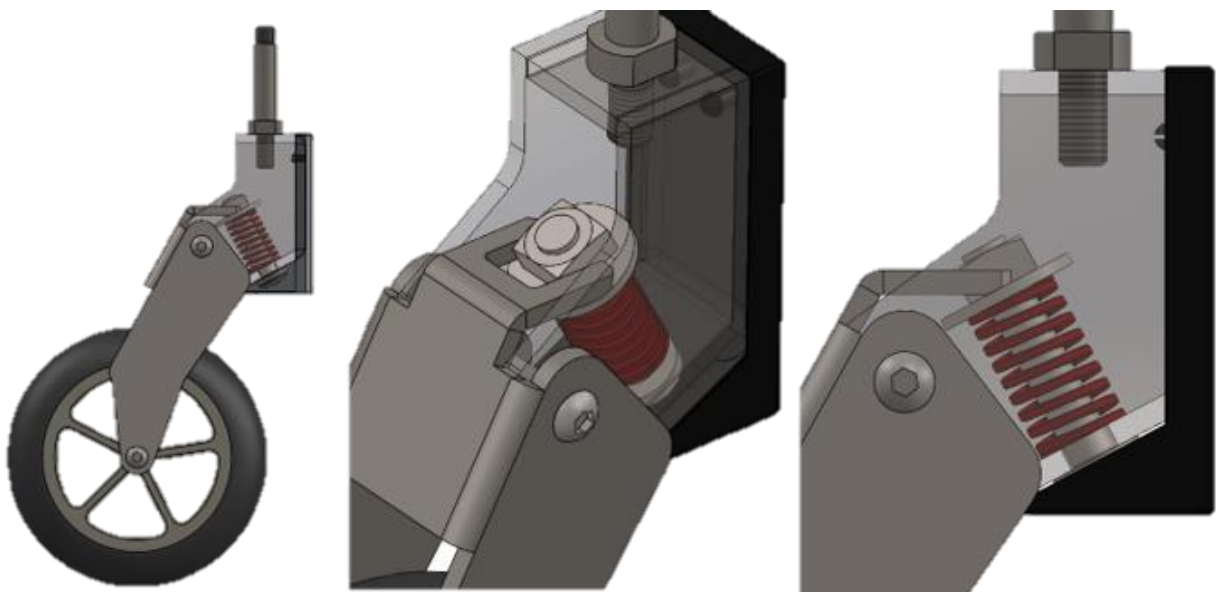


Figura 57. Modificaciones sobre la propuesta 3

#### **7.3.1. Validación conceptual.**

En este apartado se van a estudiar los problemas estático y dinámico de la suspensión. Para el caso estático se va a considerar un peso máximo admisible de 120 kg. A pesar de que en apartados anteriores se ha citado un artículo que argumenta un reparto de pesos de 80% y 20% para los ejes trasero y delantero respectivamente, para este modelo se va a calcular como si el reparto fuera del 50% a cada eje.

### 7.3.1.1 Análisis estático

Con el análisis estático se busca demostrar la estabilidad de la suspensión y conocer la fuerza que hace la horquilla sobre el resorte para posteriormente dimensionarlo.

Las fuerzas que mantienen en equilibrio el sistema son las siguientes; una cuarta parte del peso, la fuerza normal de reacción del suelo con la rueda y la fuerza del muelle. Esta última, al estar inclinada, se divide en sus componentes horizontal y vertical. En la figura 57 se observa una representación gráfica del sistema.

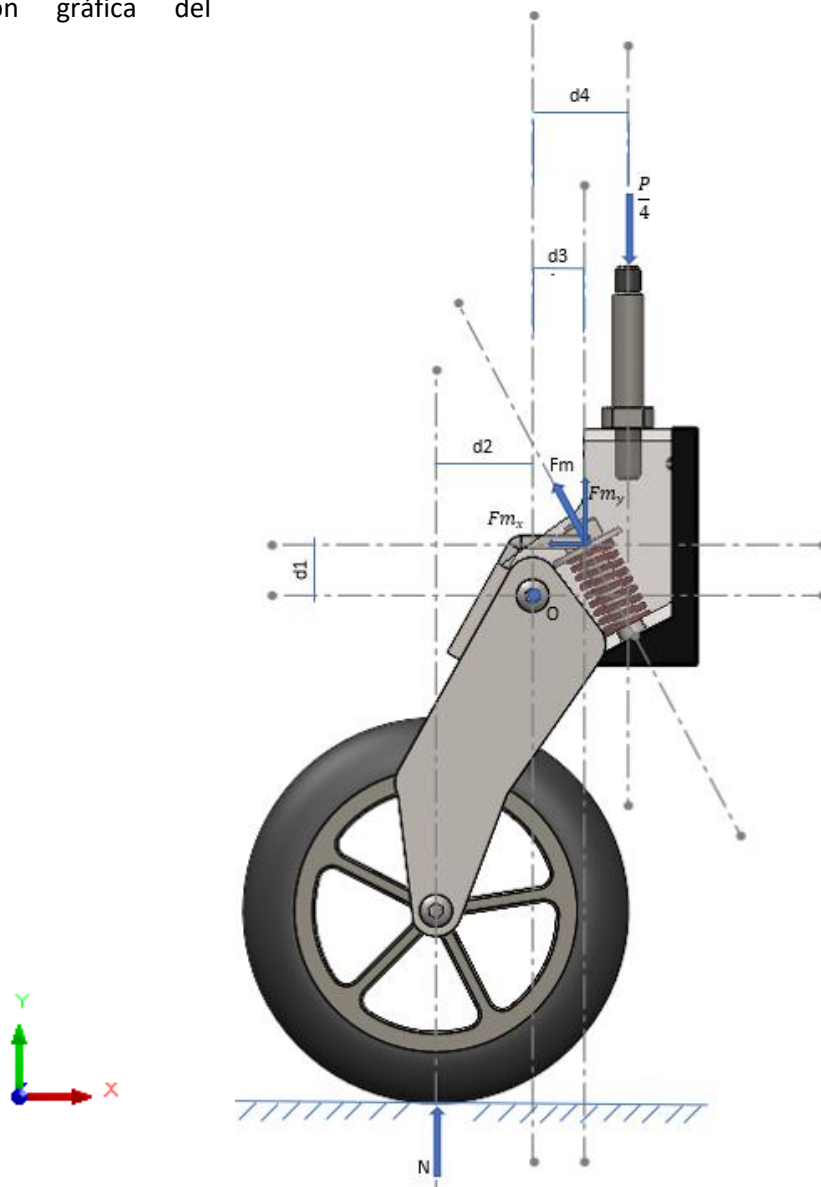


Figura 58. Diagrama de fuerzas inicial para el problema estático.

De las incógnitas que aparecen en la figura 58 son datos conocidos las siguientes;  $d_1 = 19.75$  mm,  $d_2 = 37.62$  mm,  $d_3 = 20.16$  mm,  $d_4 = 37.13$  mm y  $P = 1177.2$  N. Por otro lado, las incógnitas del problema son la fuerza normal (N) y la fuerza en el muelle ( $F_m$ ).

Definiendo como sentido X positivo hacia la izquierda e Y positivo hacia arriba se utilizan las ecuaciones de la estática para resolver el problema. Las ecuaciones son:

Sumatorio de fuerzas en X ha de ser igual a cero.

$$\sum F_x = 0 \quad (6)$$

Sumatorio de fuerzas en Y ha de ser igual a cero.

$$\sum F_y = 0 \quad (7)$$

Sumatorio de Momentos en O ha de ser igual a cero.

$$\sum M_o = 0 \quad (8)$$

Ya que en la dirección de X no hay más que una fuerza, se deduce que esta será nula. Igualando la ecuación 7 a cero y despejando posteriormente la fuerza del muelle en dirección Y obtenemos lo siguiente:

$$Fm_y = \frac{P}{4} - N \quad (9)$$

Para poder calcular la carga que ha de soportar el muelle antes se debe conocer la fuerza normal (N), que la obtenemos de igualar a cero la ecuación 8 y posteriormente despejar N.

$$Fm_x \cdot d_1 + Fm_y \cdot d_3 - \frac{P}{4} \cdot d_4 - N \cdot d_2 = 0 \quad (10)$$

$$N = \frac{P \cdot (d_3 - d_4)}{4 \cdot (d_3 + d_2)} \quad (11)$$

Dado que N está en función de datos conocidos podemos sustituirlo en la ecuación 9

$$Fm_y = \frac{P \cdot (d2 + d4)}{4 \cdot (d2 + d3)} \quad (12)$$

Teniendo ya las dos incógnitas despejadas y sustituyendo valores se llega a los siguientes resultados. La fuerza aplicada en el muelle, y por lo tanto en la horquilla, es de **380.76 N**, por el contrario, la fuerza normal tiene un valor de **-86.43 N**.

Con estos resultados se ve fácilmente que la suspensión no es estable y volcaría. El resultado negativo de la fuerza normal nos indica que está representada al contrario por lo que en una situación de equilibrio estático del sistema el suelo debería tirar de la rueda en vez de sostenerla.

Solo con repasar un poco la ecuación de la fuerza normal y el diagrama de fuerzas se puede observar que el resultado va a ser negativo siempre y cuando  $d3$  sea menor que  $d4$ . Para corregir este error de diseño se retrasa el eje donde se aplica el peso y se adelanta el resorte de modo que el punto de aplicación de la carga quede en entre el punto de contacto del muelle con la horquilla y el eje de rotación de esta.

Esta modificación conlleva un cambio en la inclinación del resorte, lo que a su vez obliga a modificar la horquilla para mantener la perpendicularidad inicial del contacto.

Una vez modificadas todas las piezas se rehace el diagrama de fuerzas (figura 58) y se recalculan las incógnitas del problema con los nuevos valores, que son;  $d1=27.77$  mm,  $d2=27.23$  mm,  $d3=25.94$  mm y  $d4=14.26$  mm.

Las ecuaciones para el caso estático de la modificación son exactamente iguales, la única diferencia es que ahora  $d3$  es mayor que  $d4$ , por lo que el valor de la fuerza normal es **64.65 N** y la fuerza entre el muelle y la horquilla es de **229.65 N**.

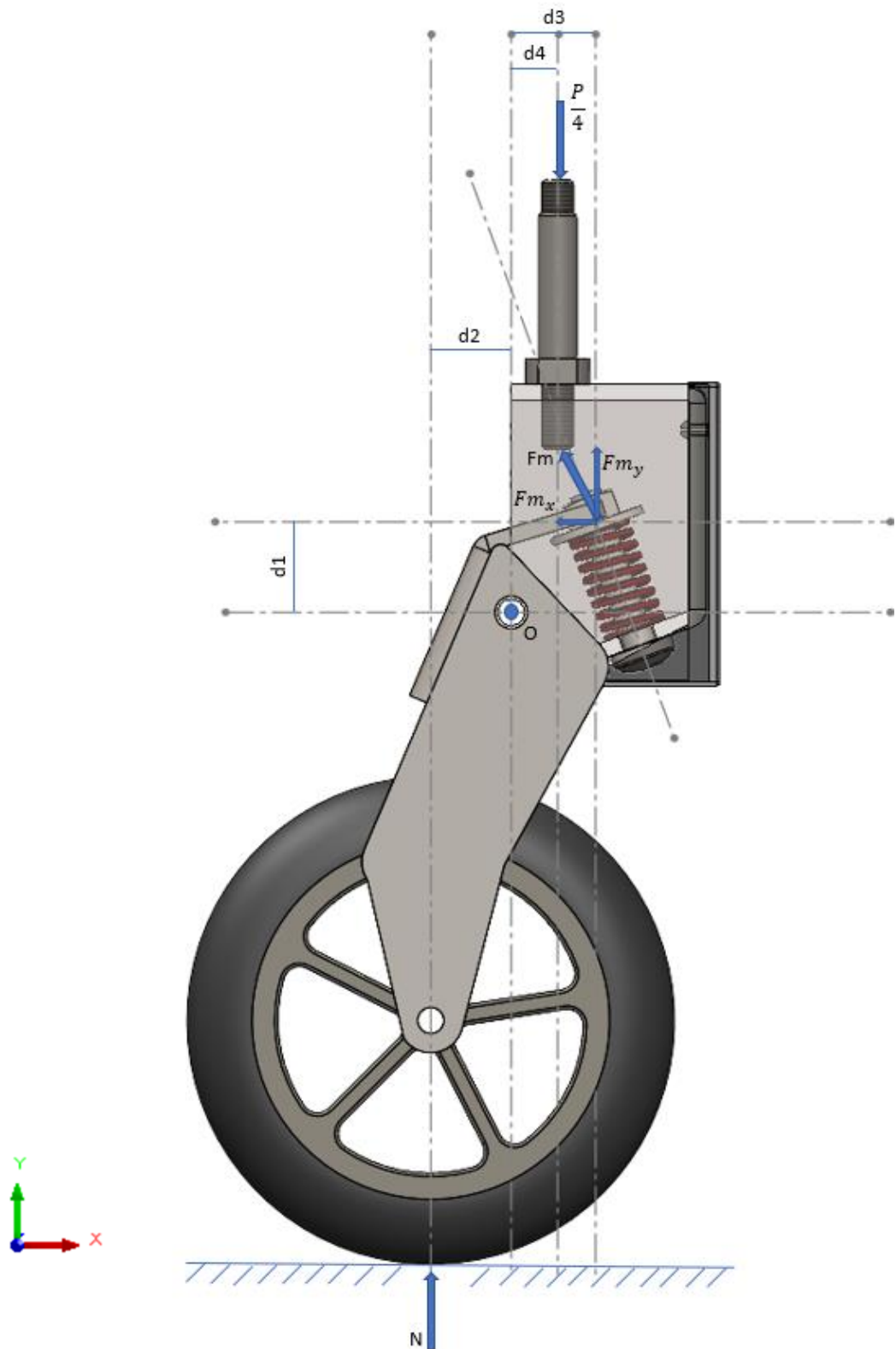


Figura 59. Diagrama de fuerzas modificado para el problema estático.

### 7.3.1.2 Análisis dinámico

Es importante plantear el problema dinámico para saber cómo responde la suspensión cuando sobrepasa un obstáculo o un bache, dado que la velocidad a la que la rueda entra en contacto con el obstáculo puede variar la fuerza que recibe el resorte.

Centrándonos en el ejemplo del bache. Supongamos que el conjunto de la suspensión viaja a una velocidad constante, por lo que tiene una cierta energía cinética ( $E_c$ ). Cuando entra en contacto con el obstáculo, este golpea la rueda con una fuerza determinada que, al ser el resorte un elemento elástico, genera un desplazamiento (angular) de la horquilla y la rueda respecto de su posición inicial, transformándose la energía cinética en energía cinética rotacional ( $E_{c_{rot}}$ ).

Es aquí donde se puede observar que por acción de una velocidad y un impacto se genera un trabajo rotacional ( $W_{rot}$ ). Por lo que igualando las ecuaciones del trabajo rotacional (Ecuación 13) y la de la energía cinética rotacional (Ecuación 14) se puede calcular la fuerza que recibe el conjunto de la suspensión y que, por tanto, pasa al resorte (Ecuación 15).

$$W_{rot} = F \cdot \theta \cdot r \quad (13)$$

$$E_{c_{rot}} = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad (14)$$

$$F \cdot \theta \cdot r = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad (15)$$

Para calcular la fuerza F, se necesita conocer de la ecuación 14 los siguientes datos; la velocidad angular ( $\omega$ ), la cual se obtiene con la ecuación 16, conociendo la velocidad lineal (v) y la distancia al centro de rotación (r). Y la inercia respecto del eje de giro, la cual la podemos conocer mediante el programa de diseño.

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (16)$$

En este caso, el eje de giro de la horquilla no se encuentra en el centro de masas de la pieza, por lo que el dato de inercia que calcula el programa no nos sirve a priori. Para poder calcular la inercia respecto de un eje de giro distinto del centro de masas se ha de aplicar el teorema de Steiner. Dicho teorema dice que el momento de inercia de un cuerpo el cual gira alrededor de un eje que pasa por un punto P y es paralelo al eje que cruza por su centro de masas, se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$I_{z,P} = I_{z,G} + m \cdot r^2 \quad (17)$$

Donde  $I_{z,P}$  es el momento de inercia con respecto al eje que pasa por el punto P,  $I_{z,G}$  es el momento de inercia respecto del eje que pasa por el centro de gravedad,  $m$  es la masa del cuerpo en rotación y  $r$  es la distancia que hay entre ambos ejes.

El problema se puede simplificar tomando como consideración que el desplazamiento angular de la horquilla va a ser muy pequeño. Para ello se recurre al desarrollo en serie de Taylor (Ecuación 18), que es capaz de aproximar una función  $f(x)$  alrededor de un punto  $x_0$ . El desarrollo en serie de Taylor es un polinomio de grado  $n$ , con lo que cuanto mayor sea el valor que le demos a  $n$ , más se aproximará a la función  $f(x)$  en dicho punto.

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0) \cdot (x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!} (x - x_0)^2 + \dots + \frac{f^n(x_0)}{n!} (x - x_0)^n \quad (18)$$

Este desarrollo es muy útil sobre todo en funciones del tipo seno o coseno ya que reduce la dificultad de la función a la de un polinomio de grado  $n$ .

Si se aplica esta linealización a la función seno se obtiene:

$$\begin{aligned} \sin(\theta) &= \sin(\theta_0) + \cos(\theta_0) \cdot \Delta\theta + \frac{-\sin(\theta_0)}{2!} \cdot \Delta\theta^2 + \dots \\ &\approx \sin(\theta_0) + \cos(\theta_0) \cdot \Delta\theta \end{aligned} \quad (19)$$

Si se aplica la ecuación 12 para un punto  $\theta_0 = 0$  queda como resultado que  $\sin(\theta) \approx \theta$



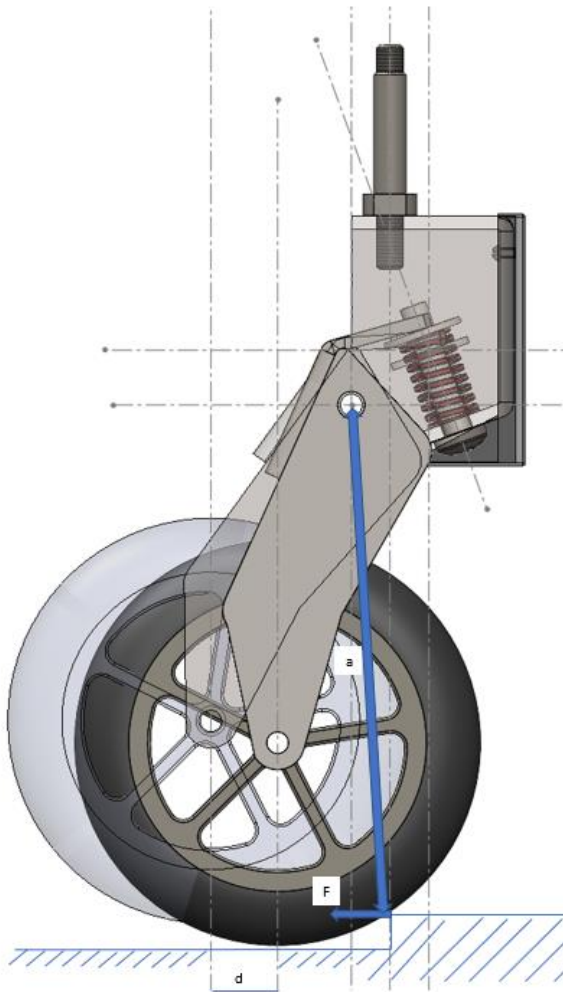


Figura 60. Representación de la distancia de desplazamiento tras el paso por un obstáculo.

Si se considera la condición de pequeños desplazamientos en el sistema ( $d \approx 0$  en la figura 61) podemos simplificar el problema dinámico utilizando la velocidad lineal del conjunto y su masa en vez de la velocidad angular y su inercia. De este modo igualando el trabajo a la energía cinética se puede despejar la fuerza con la que impacta la rueda con el obstáculo, quedando la expresión:

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot v^2}{d} \quad (20)$$

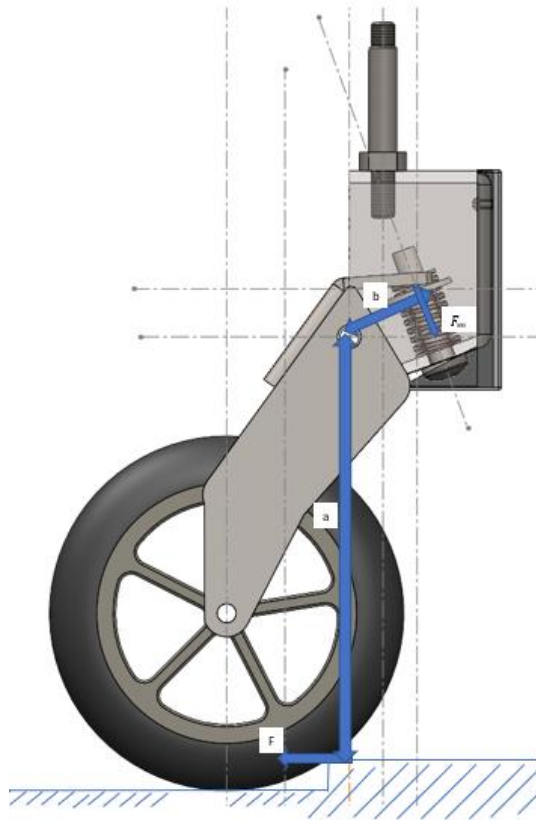
Para poder calcular el valor de F en la ecuación 13 se tienen que definir una serie de parámetros de diseño iniciales. El primero es el dato de velocidad, que se va a tomar la velocidad media a la que camina una persona adulta. Según un artículo del periódico “Las provincias” varias universidades de Reino Unido y Alemania concluyeron en un estudio que la velocidad media a la que camina una persona de 4.5 km por hora (58), es decir, 1.25 metros por segundo.

El segundo son las dimensiones del resorte, que para que el tamaño del conjunto quede proporcionado con la silla de ruedas se ha seleccionado un muelle de 20 mm de diámetro exterior y una longitud libre de 32 mm. Y el tercero es que el muelle no tenga que reducir su longitud en más de un 25% en estado de carga, es decir, no puede reducir más de 8 mm su longitud (el tamaño del alambre se definirá cuando se conozca la fuerza que ha de soportar. Dado que la carga va a ser muy alta para el tamaño tan compacto del resorte se ha seleccionado la familia de muelles de matricería, que admiten una mayor carga con un menor desplazamiento. En concreto se han utilizado referencias del catálogo general de 2014 de la empresa “STEEL MEFOBO” el cual está adjunto en el Anexo I).

Y, por último, se toma como profundidad del bache un 10% del diámetro de la rueda, por lo que el punto de aplicación de la fuerza está a 15 mm desde el suelo.

Estos parámetros son necesarios para calcular la distancia que se desplaza la rueda (la cual se considera despreciable en este trabajo con el fin de simplificar el cálculo aplicando la linealización) y así calcular la fuerza. Sustituyendo los valores mencionados anteriormente se obtiene una fuerza **F = 132.53 N**.

Una vez calculada la fuerza con la que golpea la rueda contra el obstáculo, mediante la ley de la palanca se puede calcular la fuerza que ejerce la horquilla sobre el muelle.



$$F_m = \frac{F \cdot a}{b} \quad (21)$$

Habiendo calculado **F** y sacando los valores de **a** y **b** del programa de diseño (**a = 176.84 mm** y **b = 15 mm**) se obtiene que el muelle ha de soportar una fuerza de **F<sub>m</sub> = 1562.44 N**

Con estos valores se puede realizar un diagrama del sólido libre, en el cual aislar la pieza y ponerle las reacciones resultantes de sus contactos con otros componentes para calcular mediante elementos finitos la tensión equivalente y las deformaciones.


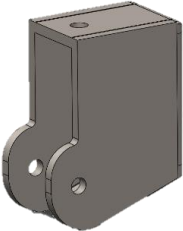
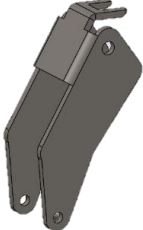
Figura 61. Cálculo de la fuerza que se ejerce sobre el muelle.

### 7.3.2. Validación técnica.

Tras el cálculo de todas las fuerzas que actúan en el sistema, se procede a realizar un análisis mediante cálculo por el método de elementos finitos (MEF) en el programa SOLIDWORKS. Mediante el cálculo MEF se puede obtener de manera rápida y sencilla las tensiones y deformaciones que sufre una pieza tras la aplicación de una carga. Para ello será necesario realizar un diagrama del sólido libre (DSL) para ver qué fuerzas actúan sobre cada pieza de manera particular e introducirlas en el programa. Para este caso concreto, se va a calcular únicamente con los datos obtenidos del análisis dinámico, ya que las cargas aplicadas son mayores que en el análisis estático. Si tras el cálculo por el MEF se obtiene que las piezas son válidas, automáticamente también lo serán para el caso estático.

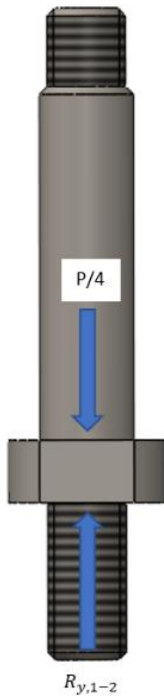
En la siguiente tabla aparecen numeradas las piezas que componen la suspensión para su posterior análisis:

Tabla 8. Piezas que componen la suspensión

N.º de pieza	Descripción	Imagen
1	Eje de rotación de la suspensión	
2	Cuerpo o alojamiento del resorte	
3	Horquilla	

7.3.2.1. Validación técnica de la pieza N 01

El eje de rotación de la suspensión es el eje sobre el que gira la horquilla para direccionar la silla de ruedas. Esta pieza es muy sencilla ya que las únicas cargas que aparecen en el diagrama del sólido libre de esta pieza son el peso y su reacción. Como solo aparecen esas dos fuerzas, con igualar a cero el sumatorio de fuerzas en y obtenemos lo siguiente:



$$\frac{P}{4} = R_{y,1-2} \quad (22)$$

Los resultados de tensión y deformación de esta pieza son muy positivos. La tensión máxima está en 2MPa, mientras que el límite elástico del material está dos órdenes de magnitud por encima de esta tensión. Por otro lado, la deformación es de tan sólo de 0.06 micras.

Figura 62. DSL de la pieza 1.

El material seleccionado para esta pieza es acero inoxidable forjado, el cual tiene un límite elástico de 206.807 Mpa.

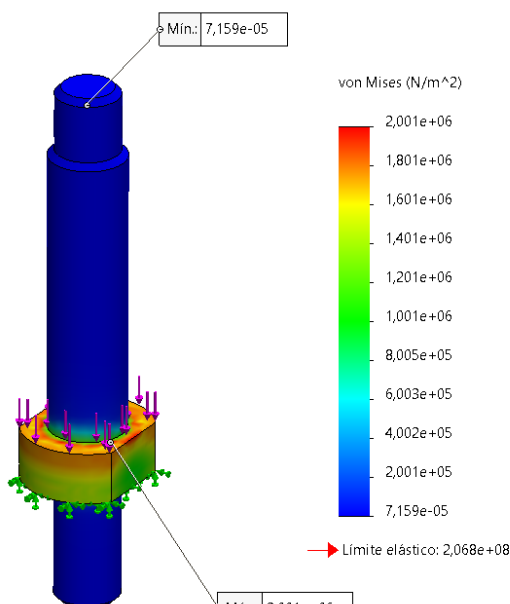


Figura 63. Tensiones de Von Mises de la pieza 1.

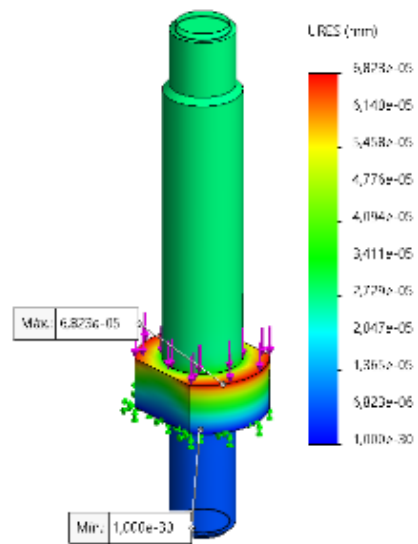
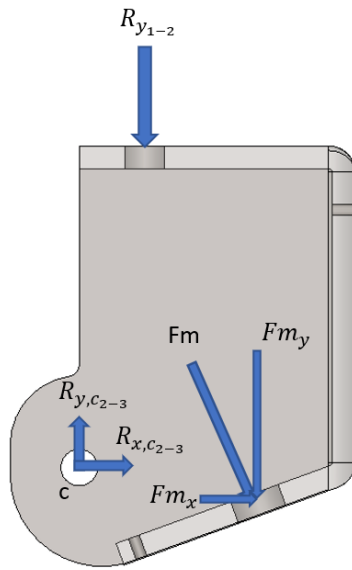


Figura 64. Desplazamientos de la pieza 1.

### 7.3.2.2. Validación técnica de la pieza N.º 2



La pieza número dos es el cuerpo de la suspensión, donde se unen entre sí todas las partes del conjunto. El punto *c* es el punto de unión y rotación de la horquilla. Las fuerzas que se observan en el DSL de esta pieza son la reacción  $R_{y_{1-2}}$ , la fuerza que ejerce el muelle contra el cuerpo y las reacciones resultantes de separar el contacto entre los cuerpos 2 y 3. Del sumatorio de fuerzas en el eje *x* se deduce que la reacción horizontal del punto *c* es cero. Para calcular la reacción vertical en el punto *c* se necesita descomponer la fuerza del muelle, que se ha calculado anteriormente. Habiendo un ángulo  $\theta = 20^\circ$ , la fuerza resultante del muelle en el eje *y* es el producto entre  $F_m$  y el seno de  $\theta$ , es decir,  $F_m = 1426.42 \text{ N}$ . El material

Figura 65. DSL de la pieza 2.

seleccionado para esta pieza es chapa de acero al carbono, un material predefinido en la galería de materiales de Solidworks que tiene un límite elástico de 282.68 MPa.

La tensión máxima de Von mises es de 37.67 MPa y su valor máximo de desplazamiento es de 9.8 micras, unos valores más que correctos para validar la pieza.

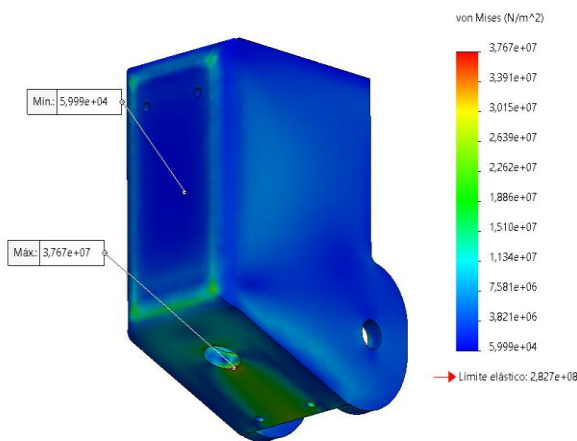


Figura 66. Tensiones de Von Mises de la pieza 2.

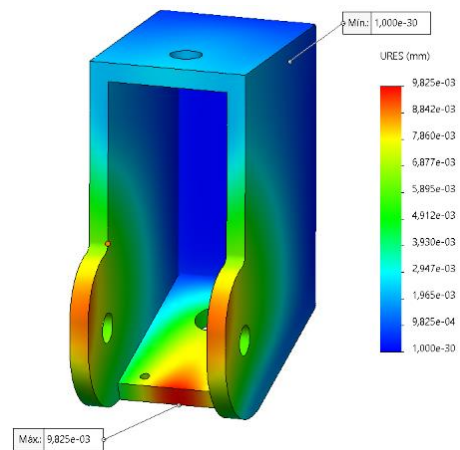


Figura 67. Desplazamientos de la pieza 2.

7.3.2.2. Validación técnica de la pieza N.º 3

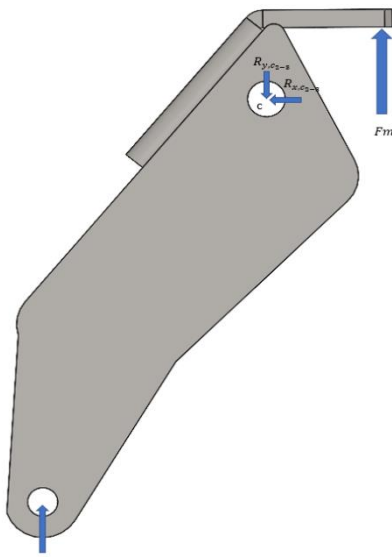


Figura 68. DSL de la pieza 3.

La última pieza por estudiar es la horquilla. La horquilla es la encargada de transmitir el desplazamiento de la rueda al resorte para que este lo absorba. Ya que se pretende ahorrar en costes de producción cortando de la misma chapa todas las piezas se utiliza para el estudio el mismo material que para la pieza 2. En el DSL de la pieza 3 se observan las siguientes fuerzas (Figura 69).

Tras analizar la pieza mediante el MEF, observamos que la tensión máxima equivalente que aparece en la pieza supera la tensión de límite elástico del material (Figura 70), por lo que se deformaría plásticamente. Ya que este resultado no es válido, ni siquiera pasamos a analizar los desplazamientos en la pieza.

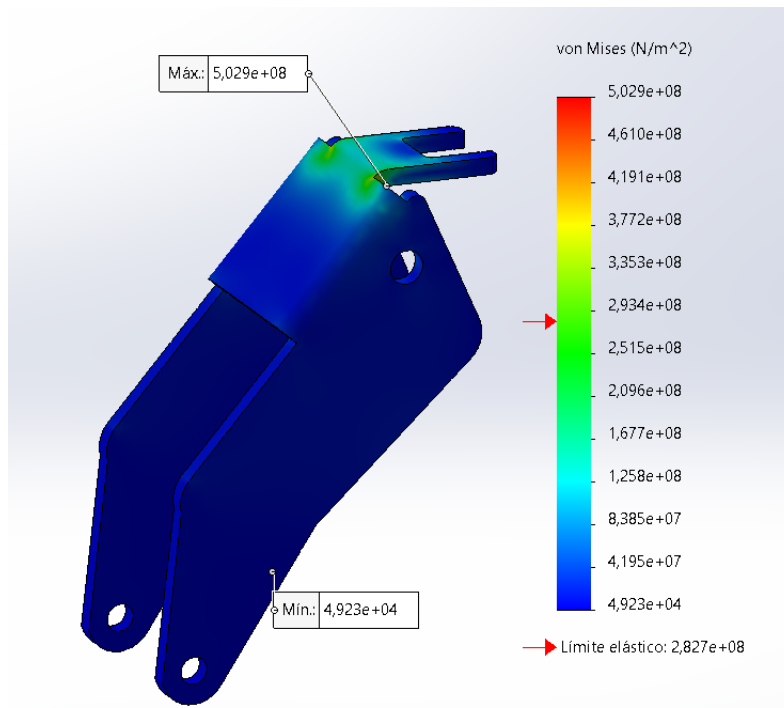


Figura 69. Resultado no válido de tensión equivalente en la pieza 3.

Para solucionar el problema, es necesario reducir la tensión máxima equivalente o, en su defecto, aumentar la tensión de límite elástico del material. Para ello, existen multitud de opciones, entre las cuales destacan las siguientes:

- Rediseñar la horquilla por completo
- Diseñar algún tipo de refuerzo para aumentar la inercia en el punto más crítico
- Cambiar de material por uno con un mayor límite elástico.

Esta última opción es la más sencilla, pero no será viable en todas las ocasiones. En lo que respecta a este proyecto, sí es posible cambiarlo. El material escogido es el acero inoxidable 1.4462 (X2CrNiMoN22-5-3), con un límite elástico de 650 MPa. Además, se puede encontrar en el mercado en chapas de espesores de entre 0.2 a 100 mm. (59)

Tras cambiar el material en ambas piezas de la suspensión, los datos que obtenemos son los siguientes:

Pieza 2

Tabla 9. Datos obtenidos de la validación técnica de la pieza 2 tras el cambio de material

Tensión máxima equivalente	27,61 Pa
Desplazamiento máximo	10,04 μm
Factor de seguridad mínimo	17,28

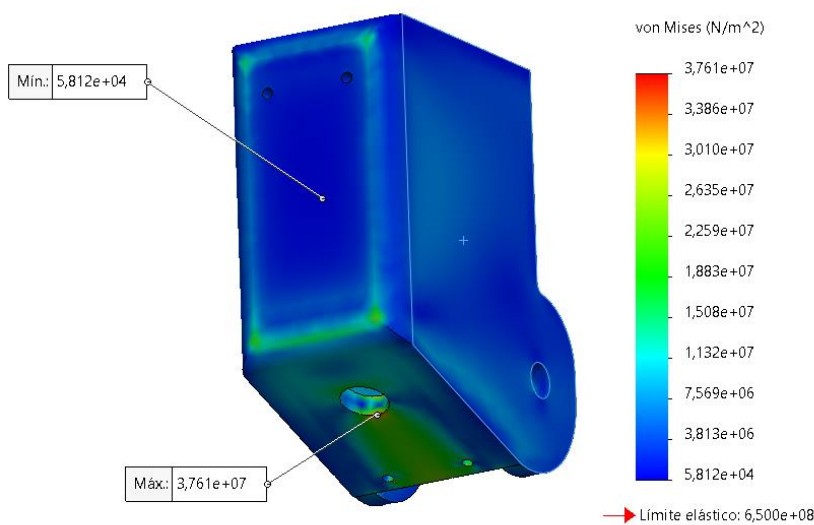


Figura 70. Desplazamientos definitivos en pieza 2.

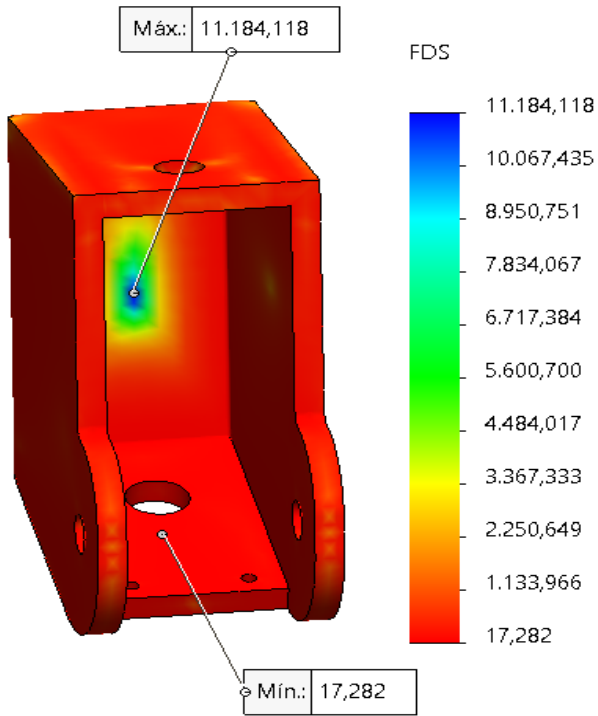


Figura 72. Desplazamientos definitivos en pieza 2

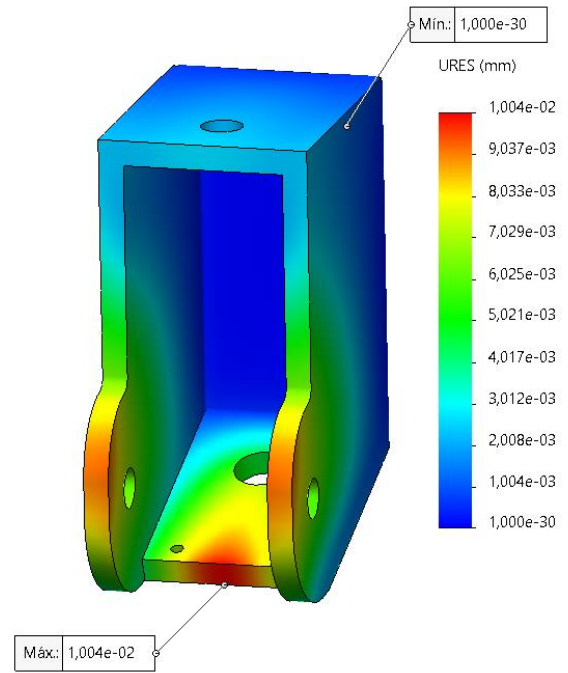


Figura 71. Tensión equivalente de Von Mises definitiva en pieza 2.

Pieza 3

Tabla 10. Datos obtenidos de la validación técnica de la pieza 3 tras el cambio de material

Tensión máxima equivalente	507, 4 Pa
Desplazamiento máximo	0,389 $\mu\text{m}$
Factor de seguridad mínimo	1,28



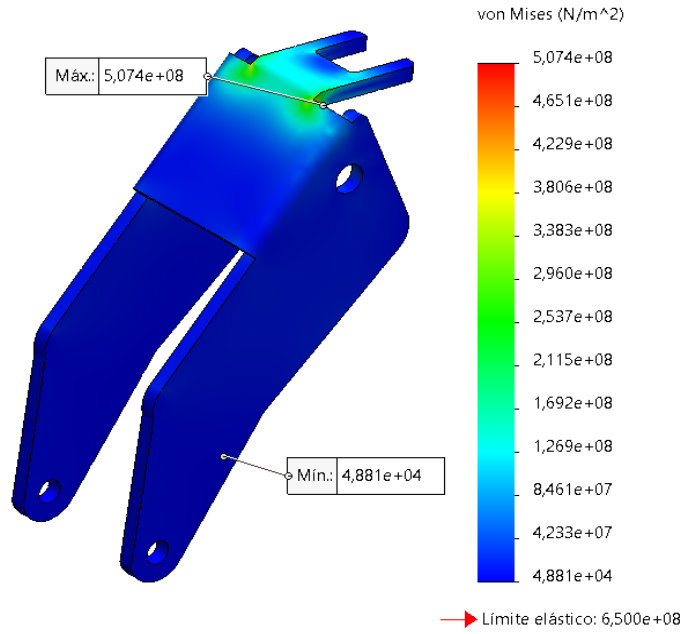


Figura 75. Tensión equivalente de Von Mises definitiva en pieza 3.

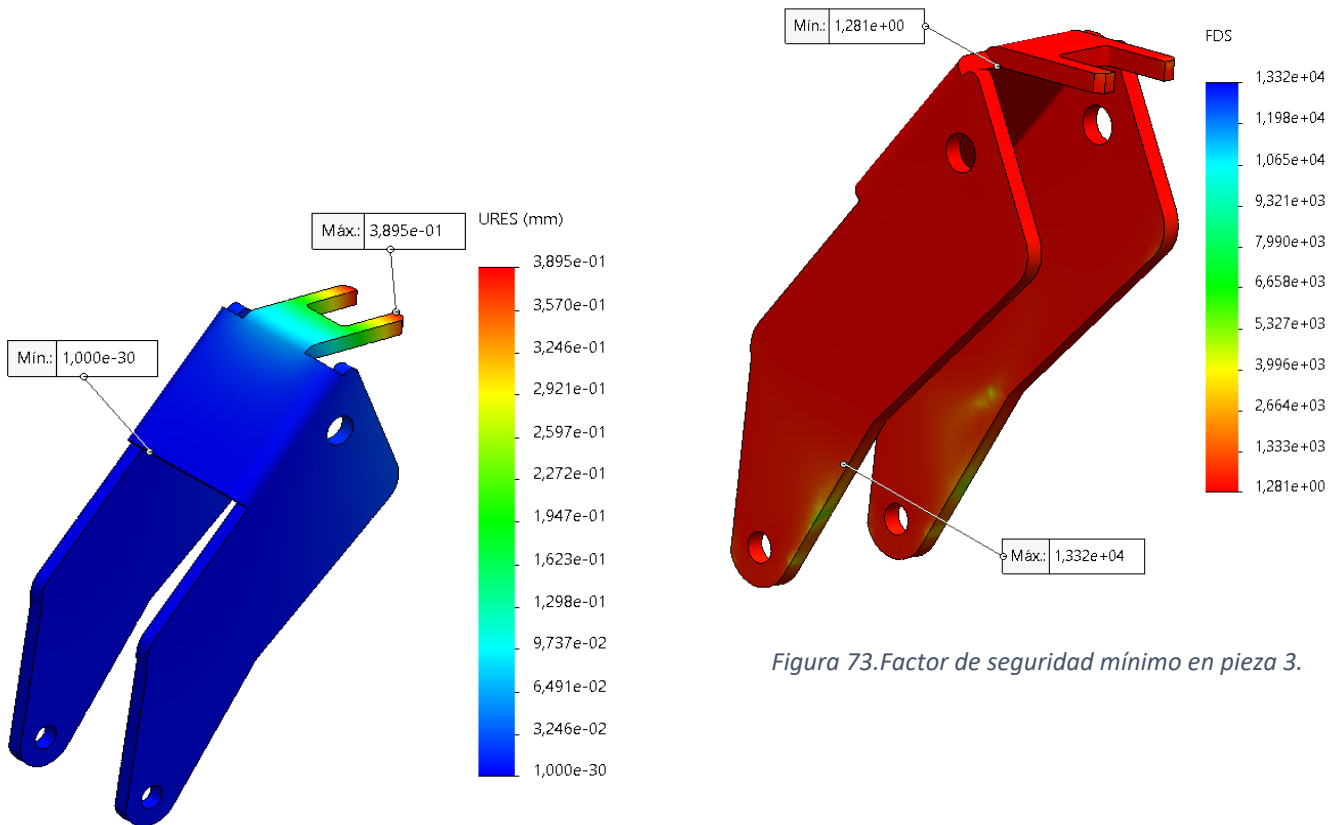


Figura 73. Factor de seguridad mínimo en pieza 3.

Figura 74. Desplazamientos definitivos en pieza 3.

## 7.4 DISEÑO FINAL.

Una vez se conocen todas las fuerzas que actúan en el sistema y que las piezas son lo suficientemente resistentes como para no alcanzar una deformación plástica solo queda la elección del resorte. En apartados anteriores se ha definido el diámetro exterior y la longitud libre, ahora, con esos datos, se va a seleccionar el resorte que mejor se adapte a las condiciones de trabajo.

Según catálogo general de 2014 de la empresa “STEEL MEFOBO” el resorte de compresión que mejor se adapta es la referencia “G20-032” de la página 9. Este muelle está regulado según la norma ISO 10243, es de color amarillo (lo cual indica que se trata de un muelle para cargas extrafuertes) y tiene una sección rectangular de 4.1mm x 3.8 mm (b x h). La categoría anterior (cargas fuertes) solo aguanta 1344 N al 25% de compresión, por lo que no cumple con las características marcadas al principio. En cambio, el resorte seleccionado solo necesita un 21% de compresión para soportar la carga calculada en el problema dinámico.

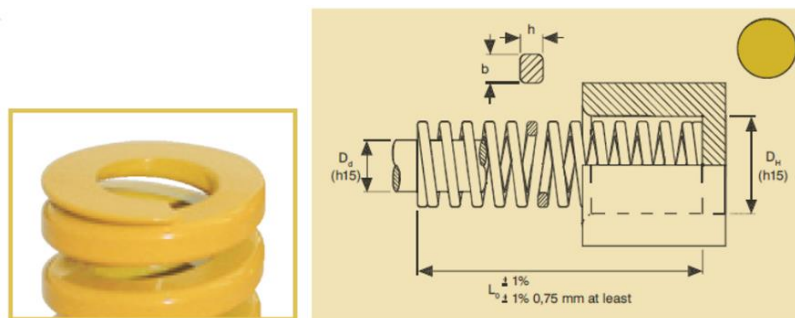


Figura 76. Resorte seleccionado.

### 7.4.1. Análisis topológico del diseño seleccionado.

Una de las formas de abaratar el coste de una pieza es realizar una optimización topológica, que consiste en eliminar las partes del cuerpo que no estén bajo cargas críticas o que incluso estando bajo cargas altas, no se vea afectada la funcionalidad del modelo. Cuando se trata de una fabricación mediante moldeo se traduce en un ahorro de material, por lo que se ahorra en materia prima. En cambio, en el modelo que se ha diseñado a lo largo de este proyecto, no se puede ahorrar en materia prima, sino que se puede recuperar parte del coste perdido reuniendo los recortes que sobren de la pieza en bruto para su posterior venta. Con esto se conseguiría aumentar los beneficios del producto.

A lo largo de este apartado se trata de realizar dicho análisis en las piezas 2 y 3 del conjunto para intentar reducir al máximo su masa sin renunciar a la resistencia mecánica.

#### 7.4.1.1. Análisis topológico de la pieza N 02

Para realizar un análisis topológico se debe observar en qué puntos de la pieza la tensión es mínima o nula. En el caso del cuerpo de la suspensión, las zonas con menos tensión son los laterales del cuerpo. En estos se puede realizar una ranura que aligere un poco el conjunto.

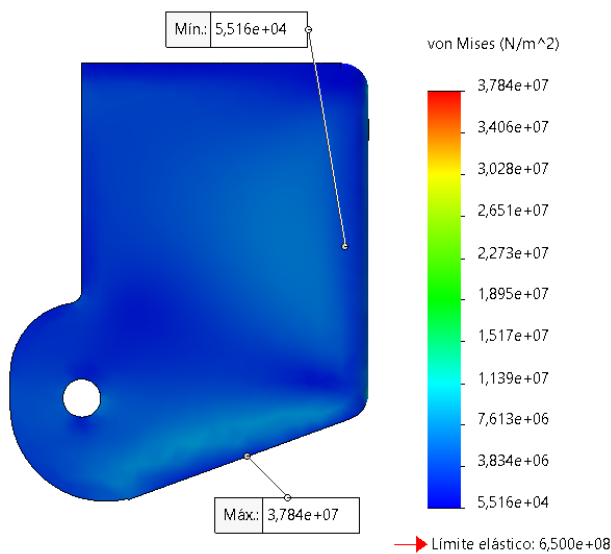


Figura 78 Zonas de mínima tensión en el cuerpo de la suspensión.

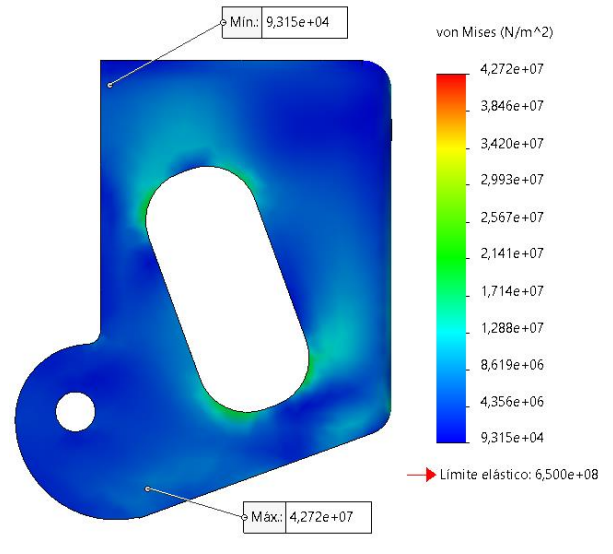


Figura 77. Tensión máxima equivalente en el cuerpo de la suspensión optimizado.

Como era de esperar, al retirar material de la zona con menor tensión, la tensión máxima equivalente apenas se ve incrementada. Ha pasado de un valor de 37.61 MPa a 42.72 MPa.

El desplazamiento máximo ha pasado de 10.04  $\mu\text{m}$  a 14.92  $\mu\text{m}$ , es decir, inapreciable. Y el factor de seguridad mínimo se mantiene en un nivel altamente conservador, habiendo pasado de 17.28 a 15.21.

Por otro lado, la gran ventaja es la reducción de masa que se ha obtenido. Para esta pieza, se ha pasado de 628.4 a 528.40 gramos, lo que se traduce en un 16%.

### 7.4.1.2. Análisis topológico de la pieza N 93

En el caso de la horquilla, la tensión es mínima en los lados paralelos a las caras verticales de la rueda (Figura 77). De ahí se puede eliminar material ya que apenas está trabajando. En la figura 78 se observa cómo la tensión máxima equivalente ha subido de 507.4 MPa a 519.5MPa. En la figura 79 se observa como los desplazamientos han aumentado hasta los 0.42 mm y por último, en la figura 80 se observa que el factor de seguridad mínimo ha bajado de 1.28 a 1.25. Estos valores son aceptables, el único que está al límite es el factor de seguridad, que indica que si hubiera un aumento de la tensión del 25% la pieza fallaría.

La masa de la horquilla se ha reducido un 24.3% pasando de los 566.69 gramos iniciales a los 428.77 gramos que pesa la horquilla optimizada.

La suma de ambas reducciones resta al conjunto final un total de 238 gramos.

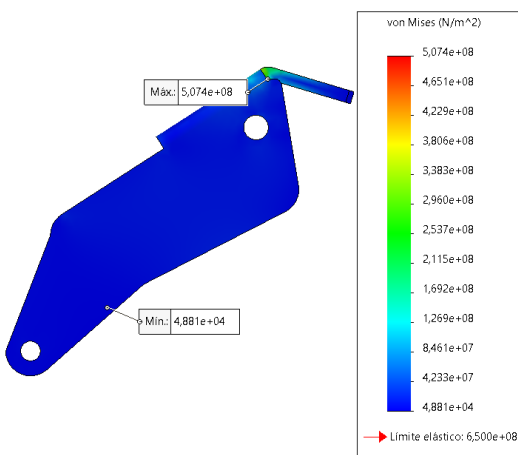


Figura 80. Zonas de mínima tensión para vaciado.

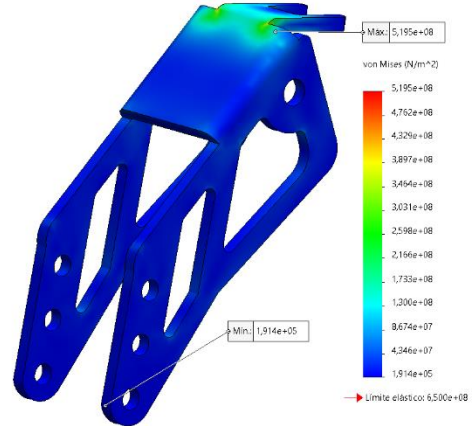


Figura 79. Tensión máxima equivalente en horquilla optimizada.

#### 7.4.2 Propuesta definitiva

Las piezas que componen el diseño final son las siguientes:

- Cuerpo
- Eje de dirección de la suspensión
- Horquilla
- Muelle
- Embellecedor
- Eje rotación horquilla
- Tuerca DIN 557
- Arandela DIN 9021
- Tornillo ISO 1045
- Tuerca DIN 934

Y el diseño final se puede ver en la figura a continuación:



Figura 81. Propuesta definitiva del diseño de la suspensión.

## 8 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO.

Para poder realizar un presupuesto lo más ajustado a la realidad, se ha tomado como punto inicial una plancha de acero inoxidable 1.4462 (X2CrNiMoN22-3) de tamaño 500x1000 mm, y se ha demostrado, gracias al programa SolidWorks, que caben, en cada una de las planchas 16 horquillas o 16 cuerpos de la suspensión. Por ello, se ha calculado que se necesitan 2 planchas para la creación de 16 suspensiones enteras. Se considera, por tanto, que 16 es el número mínimo de piezas a fabricar para optimizar la materia prima. Suponemos que dichas 16 suspensiones forman un lote de fabricación.

El coste real de los procesos de fabricación, diseño, ensamblaje etc. de la suspensión se ha estimado a partir de la observación directa de dichos procesos en un entorno conocido y aproximándolos al modelo del proyecto. Sin embargo, tanto el coste de arranque de máquina como el coste/hora de la fabricación de cada una de las piezas, dependerá, en última instancia, del número de piezas a fabricar y el lugar de fabricación de cada una. Y el coste de diseño, dependerá, a su vez del equipo humano del que se disponga. De igual manera, el coste unitario de cada uno de los materiales y materias primas que se han utilizado reflejados en las tablas se ha encontrado gracias a las páginas: [www.rationalstock.es/catalogo](http://www.rationalstock.es/catalogo), [www.impresoras3d.com/producto](http://www.impresoras3d.com/producto), [www.es.rs/online.com/web/p/barras-metalicas-y-barillas-metalicas](http://www.es.rs/online.com/web/p/barras-metalicas-y-barillas-metalicas) y [www.kramp.com](http://www.kramp.com), todas ellas de venta al por menor. Se ha tenido en cuenta, además, que los costes de patentes, marketing, beneficio esperado etc. representan el 60% del precio final del producto.

En el primer caso, se ha considerado la fabricación de únicamente un lote y se ha plasmado el presupuesto en la tabla 11. Si, en cambio, la producción aumentara en número de lotes, los costes de arranque de máquina o diseño no aumentaría de forma proporcional a cómo lo haría el coste final, tal y como vemos en las tablas 12 y 13. En el supuesto práctico donde estas piezas se pudieran fabricar en cadena y en grandes lotes, se entiende que, por razones comerciales, estos precios podrían variar de forma considerable a la baja.

Tabla 11. Presupuesto de fabricación de un único lote.

CONJUNTO DE SUSPENSIÓN						
<b>DISEÑO</b>						
Uds	Denominación			Cantidad	Precio (€)	Total (€)
H	Diseño de modelo			30	56	1680,00
H	Validación técnica preliminar			10	56	560,00
H	Optimización topológica			10	56	560,00
H	Validación técnica			5	56	280,00
						3.080,00 €
<b>MATERIALES</b>						
Uds	Denominación			Cantidad	Precio (€)	Total (€)
MATERIA PRIMA						
U	Plancha de Acero Inoxidable 1.4462 (X2CrNiMoN22-5-3) 500*1000 mm			2	385,595	771,19
M	VARILLA ACERO INOXIDABLE DIÁMETRO 12 MM			1,4	12,632	17,68
G	POLIPROPILENO			320	0,02557895	8,19
MATERIAL COMERCIAL						
U	Muelle matricería Diámetro ext. 20 mm Long. 32 mm			16	0,62	9,92
U	Tuerca DIN 557 M10			16	0,56	8,96
U	Arandela 10x30 M10			16	0,3596	5,75
U	Tuerca DIN 934 M10			16	0,088	1,41
U	Tornillo DIN 7985 M10 x 50			16	0,4613	7,38
U	Eje rotacional			16	0,831	13,30
						843,78 €
<b>MANO DE OBRA</b>						
Uds	Denominación		Coste arranque máquina	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
MANO DE OBRA DIRECTA						
H	Corte láser pieza 3			45	0,5	25
H	Corte láser pieza 2			45	0,5	25
H	Plegado CNC Pieza 3			45	0,27	25
H	Plegado CNC Pieza 2			45	0,27	25
H	Soldadura pieza 2			0	5	45
H	Torneado y roscado Pieza 1			45	8	10
H	Montaje			0	2	25
OPERACIONES SUBCONTRATADAS						
H		0		0	0	0
						618,50 €
<b>TOTAL</b>						4.542,28 €
<b>COSTE DE FABRICACIÓN POR UNIDAD</b>						283,89 €
<b>GASTOS DE GESTIÓN, PATENTES, BENEFICIOS...(60%)</b>						170,34 €
<b>PRECIO DE VENTA (POR PAR)</b>						908,46 €

Teniendo en cuenta dichas consideraciones, el coste de fabricación de cada suspensión, no superaría los 283,89€ y el precio de venta de un par de suspensiones se consideraría de 908,46€ tal y como se especifica en la Tabla 11.

En el hipotético caso de que la producción no fuera de un único lote si no que consideraríamos una producción mucho mayor, con el objetivo de reducir los costes, por ejemplo de 16000 u 8000 piezas, el precio disminuiría según las tablas 12 y 13, respectivamente.

Tabla 12. Presupuesto de fabricación de 1000 lotes

CONJUNTO DE SUSPENSIÓN						
<b>DISEÑO</b>						
Uds	Denominación		Cantidad	Precio (€)	Total (€)	
H	Diseño de modelo		30	56	1680,00	
H	Validación técnica preliminar		10	56	560,00	
H	Optimización topológica		10	56	560,00	
H	Validación técnica		5	56	280,00	
					3.080,00 €	
<b>MATERIALES</b>						
Uds	Denominación		Cantidad	Precio (€)	Total (€)	
<b>MATERIA PRIMA</b>						
U	Plancha de Acero Inoxidable 1.4462 (X2CrNiMoN22-5-2)		2000	385,595	771190,00	
M	VARILLA ACERO INOXIDABLE DIÁMETRO 12 MM		1400	12,632	17684,80	
G	POLIPROPILENO		320000	0,02557895	8185,26	
<b>MATERIAL COMERCIAL</b>						
U	Muelle matricería Diámetro ext. 20 mm Long. 32 mm		16000	0,62	9920,00	
U	Tuerca DIN 557 M10		16000	0,56	8960,00	
U	Arandela 10x30 M10		16000	0,3596	5753,60	
U	Tuerca DIN 934 M10		16000	0,088	1408,00	
U	Tornillo DIN 7985 M10 x 50		16000	0,4613	7380,80	
U	Eje rotacional		16000	0,831	13296,00	
					843.778,46 €	
<b>MANO DE OBRA</b>						
Uds	Denominación	Coste arranque máquina	Cantidad	Precio (€)	Total (€)	
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>						
H	Corte láser pieza 3		45	500	25	12545,00
H	Corte láser pieza 2		45	500	25	12545,00
H	Plegado CNC Pieza 3		45	270	25	6795,00
H	Plegado CNC Pieza 2		45	270	25	6795,00
H	Soldadura pieza 2		0	5000	45	225000,00
H	Torneado y roscado Pieza 1		45	8000	10	80045,00
H	Montaje		0	2000	25	50000,00
<b>OPERACIONES SUBCONTRATADAS</b>						
H	0		0	0	0	0,00
					393.725,00 €	
<b>TOTAL</b>					1.240.583,46 €	
<b>COSTE DE FABRICACIÓN POR UNIDAD</b>					77,54 €	
<b>GASTOS DE GESTIÓN, PATENTES, BENEFICIOS...(60%)</b>					46,52 €	
<b>PRECIO DE VENTA (POR PAR)</b>					248,12 €	



Tabla 13. Presupuesto de fabricación de 500 lotes

CONJUNTO DE SUSPENSIÓN						
<b>DISEÑO</b>						
Uds	Denominación		Cantidad	Precio (€)	Total (€)	
H	Diseño de modelo		30	56	1680,00	
H	Validación técnica preliminar		10	56	560,00	
H	Optimización topológica		10	56	560,00	
H	Validación técnica		5	56	280,00	
					3.080,00 €	
<b>MATERIALES</b>						
Uds	Denominación		Cantidad	Precio (€)	Total (€)	
<b>MATERIA PRIMA</b>						
U	Plancha de Acero Inoxidable 1.4462 (X2CrN)		1000	385,595	385595,00	
M	VARILLA ACERO INOXIDABLE DIÁMETRO 1		700	12,632	8842,40	
G	POLIPROPILENO		160000	0,02557895	4092,63	
<b>MATERIAL COMERCIAL</b>						
U	Muelle matricería Diámetro ext. 20 mm Lor		8000	0,62	4960,00	
U	Tuerca DIN 557 M10		8000	0,56	4480,00	
U	Arandela 10x30 M10		8000	0,3596	2876,80	
U	Tuerca DIN 934 M10		8000	0,088	704,00	
U	Tornillo DIN 7985 M10 x 50		8000	0,4613	3690,40	
U	Eje rotacional		8000	0,831	6648,00	
					421.889,23 €	
<b>MANO DE OBRA</b>						
Uds	Denominación	Coste arranque	Cantidad	Precio (€)	Total (€)	
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>						
H	Corte láser pieza 3		45	250	25	6295,00
H	Corte láser pieza 2		45	250	25	6295,00
H	Plegado CNC Pieza 3		45	135	25	3420,00
H	Plegado CNC Pieza 2		45	135	25	3420,00
H	Soldadura pieza 2		0	2500	45	112500,00
H	Torneado y roscado Pieza 1		45	4000	10	40045,00
H	Montaje		0	1000	25	25000,00
<b>OPERACIONES SUBCONTRATADAS</b>						
H	0		0	0	0	0,00
					196.975,00 €	
<b>TOTAL</b>					<b>621.944,23 €</b>	
<b>COSTE DE FABRICACIÓN POR UNIDAD</b>					<b>77,74 €</b>	
<b>GASTOS DE GESTIÓN, PATENTES, BENEFICIOS...(60%)</b>					<b>46,65 €</b>	
<b>PRECIO DE VENTA (POR PAR)</b>					<b>248,78 €</b>	

Se considera, entonces, que la situación más favorable es aquella donde se fabriquen 500 lotes (8000 suspensiones), ya que precio de venta es muy similar a la fabricación de 1000 lotes pero, por el contrario, la inversión inicial es muchísimo menor.

## 9 CONCLUSIÓN.

En la parte más inicial del presente proyecto se han expuesto varias cuestiones de gran interés que requerían de una respuesta concreta y respaldada por una base técnica y argumental sólida. Aunque la mayoría de las cuestiones se han ido resolviendo a lo largo de los apartados en los que se divide el trabajo, en esta última parte, es conveniente hacer una compilación más exhaustiva de todas ellas.

En materia de innovación tecnológica, las técnicas de la ingeniería del diseño centradas en el usuario pueden llegar a ser grandes impulsoras del afán universal por mejorar la vida de las personas en general. Y más concretamente, de aquellas que requieren de una ayuda, complemento o vehículo para su supervivencia física y psicológica, como son los usuarios de sillas de ruedas y su entorno social. La silla de ruedas, es un vehículo necesario para más 15 millones de personas en el mundo, a lo largo de la historia, su forma ha ido cambiando, y su uso ha ido simplificándose, sin embargo, aún existen problemáticas que resolver o mejorar, la principal que tan sólo entre el 5% y el 15% de dichas personas, pueden acceder a ella. La aplicación de nuevas metodologías, materiales y técnicas a los procesos de producción reales conlleva una mejora sustancial de la calidad, seguridad, durabilidad y resistencia de las piezas que conforman, en este caso concreto, una silla de ruedas manual, y se ponen a la venta en el mercado global. La búsqueda por mejorar la estabilidad y reducir la vibración de las sillas de ruedas mediante la novedosa aplicación de una suspensión en las ruedas delanteras, representa la excusa perfecta para hacer hincapié en la importancia de abordar las necesidades de un colectivo tan extendido como olvidado, como es el de los usuarios de sillas de ruedas y sus familias.

A lo largo de este proyecto, se ha tratado de dar respuesta a algunas de las necesidades básicas de los usuarios de sillas de ruedas, como son la comodidad y la independencia, a través de la modelización de esta suspensión delantera para la silla. Sin embargo, no es la primera vez que la ergonomía y salud de las personas que usan sillas de ruedas está en el punto de mira desde una perspectiva tecnológica. En el mercado actual, existen dispositivos que sujetos a las sillas facilitan el uso y el transporte de la mismas, así como evitan gran parte de las vibraciones y sus complejas consecuencias. Estos modelos anti vibratorios, así como los planteados a lo largo del proyecto, están basados, por un lado, en las suspensiones de otros productos mucho más

extendidos como los carros infantiles, carros de compra, las bicicletas, motocicletas, automóviles etc. y por otro, en las patentes de algunas reconocidas marcas de automoción.

Uno de los objetivos principales del estudio, inherente, además, en cada uno de sus apartados, ha sido el de poder llegar a un público mayor, y cubrir un amplio nicho de mercado. Para ello, era necesario encontrar un punto de unión entre la innovación, con la aplicación de técnicas y materiales novedosos y el enfoque al usuario, con precios competitivos, fabricación sencilla y gran utilidad, para intentar conseguirlo el diseño de esta pieza se ha parametrizado de forma muy concreta. El cumplimiento de dichas especificaciones ha sido clave para el desempeño del proyecto. Desde el punto de vista técnico, el diseño es sólido, fácil de fabricar y fabricado a partir de un material muy resistente, desde el punto de vista económico el resultado del coste unitario máximo calculado ha resultado muy satisfactorio ya que es mucho menor que el coste de su homólogo en le mercado actual, las *froglegs*, favoreciendo el objetivo de llegar a un público muy afectado por los costes económicos de la dependencia física.

Sin embargo, y una vez modelizado, ha resultado complicado imaginar el posicionamiento de la pieza en un mercado realista. Desde el punto de vista teórico, la pieza es técnica, y económicamente viable, y cumple con la universalidad social que se buscaba al inicio. Sin embargo, y desde el punto de vista práctico, y por tanto realista, es difícil conocer a ciencia cierta si la pieza podría sobrevivir ante la presión que ejercen las leyes de la oferta y la demanda en los mercados maduros.

Se puede decir, por tanto, y no de manera tímida, que el proyecto si ha cumplido con la hipótesis inicial: *Estudiar un diseño de suspensión delantera para una silla de ruedas de uso manual*. Se ha conseguido conocer las necesidades de los usuarios de sillas de ruedas, se ha conseguido conocer el grueso de la población que necesita de este apoyo físico, se ha conseguido fabricar una pieza teóricamente viable... El siguiente paso, sería, poder fabricarla, probarla, cuantificar las posibles mejoras y lanzarla al mercado, comprobando así, su viabilidad real.

## 10 BIBLIOGRAFÍA.

- (1) Organización Mundial de la Salud (OMS) (2011). *Resumen: informe mundial la discapacidad* (No. WHO/NMH/VIP/11.03). Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- (2) Organización Mundial de la Salud (OMS). *Discapacidades*. <<https://www.who.int/topics/disabilities/es/>> [Consulta: 08 de abril de 2020].
- (3) Organización Mundial de la Salud (OMS). *Lesiones medulares*. <<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>> [Consulta: 11 de febrero de 2020].
- (4) Tododisca. *Solo el 15% de las personas que necesitan silla de ruedas la tienen*. <<https://www.tododisca.com/solo-el-15-de-las-personas-que-necesitan-silla-de-ruedas-la-tienen/>> [Consulta : 15 de febrero de 2020].
- (5) Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos. *Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad*. <<https://www.ohchr.org/SP/HRBodies/CRPD/Pages/disabilitiesconvention.aspx>> [Consulta: 12 de abril de 2020].
- (6) Europa press. *Expertos lamentan que las empresas no vean en la accesibilidad una inversión, sino "un gasto"*. <<https://www.europapress.es/epsocial/responsables/noticia-expertos-lamentan-empresas-no-vean-accesibilidad-inversion-gasto-20130709173108.html>> [Consulta: 12 de abril de 2020].
- (7) Diario ABC. *Los obstáculos del Casco Antiguo de Sevilla se lo ponen difícil a las personas con movilidad reducida*. < <https://sevilla.abc.es/sevilla/sevi-obstaculos-casco-antiguo->

[sevilla-ponen-dificil-personas-movilidad-reducida-201712201639\\_noticia.html](#)>

[Consulta: 12 de abril de 2020].

- (8) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2014). *Aspectos ergonómicos de las vibraciones*. Recuperado de <<https://www.insst.es/documents/94886/96076/Aspectos+ergonomicos+de+las+vibraciones.pdf/97befb6a-7ca4-4fee-bf01-58104c1aed1b>> [Consulta: 14 de abril de 2020].
- (9) Asister. *Silla de ruedas, cómo elegir*. <<https://www.asister.es/es/tienda/silla-de-ruedas-como-elegir/>> [Consulta: 27 de abril de 2020].
- (10) TotalCare Europe. *Historia de la Silla de Ruedas*. <<https://totalcare-europe.com/blog/2017/01/24/sabias-que-la-primera-silla-de-ruedas-se-creo-en/>> [Consulta 01 de mayo de 2020].
- (11) AENOR (2018). *Productos de apoyo para personas con discapacidad. Clasificación y terminología*. (ISO 9999:2016). Madrid: AENOR.
- (12) Singiresu S. Rao (2004). *Mechanical vibrations*. Miami: Pearson.
- (13) Mecapedia. *Resortes de compresión*. <[http://www.mecapedia.uji.es/resorte\\_de\\_compresion.htm](http://www.mecapedia.uji.es/resorte_de_compresion.htm)> [Consulta: 02 de mayo de 2020].
- (14) Richad G. Budynas, J. Keith Nisbett. (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- (15) Enrique Martínez López. *Cálculo de resortes helicoidales de compresión*. Cartagena. Universidad Politécnica de Cartagena, <<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3379/pfc5169.pdf?sequence=1>> [Consulta: 03 de mayo de 2020].

- (16) AENOR (1997). *Documentación técnica de productos. Resortes. Parte 2: Presentación de los datos técnicos de los resortes cilíndricos de compresión.* (ISO 2162-2:1993). Madrid: AENOR.
- (17) AENOR (1997). *Documentación técnica de productos. Resortes. Parte 2: Presentación de los datos técnicos de los resortes cilíndricos de compresión.* (ISO 2162-2:1993). Madrid: AENOR.
- (18) Muelles Leyva. *Muelles de tracción.* <<http://www.muellesleyva.com/portfolio/muelles-de-traccion/>> [Consulta: 10 de mayo de 2020].
- (19) Ingemecánica. *Cálculo de muelles helicoidales.* <<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn129.html>> [Consulta: 11 de mayo de 2020].
- (20) Federtek tecnología del muelle. *Muelles de torsión.* <<http://muellesfedertek.com/productos/muelles-de-torsion/>> [Consulta: 11 de mayo de 2020].
- (21) Fernández Caballero D. (2011). *Modelización generalizada de resortes espirales a torsión. Aplicación en almacenamiento de energía.* Tesis. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- (22) Gerez, C. (2014). *Resortes Mecánicos helicoidales.* <[https://www.academia.edu/16888296/Ing. Carlos Gerez Resortes mec%C3%A1nicos helicoidales](https://www.academia.edu/16888296/Ing._Carlos_Gerez_Resortes_mec%C3%A1nicos_helicoidales)> [Consulta: 17 de mayo de 2020].
- (23) Rodríguez Matienzo, J. y Otero Pereiro, L. (2006). *Modelo de un muelle de ballestas considerando la fricción entre hojas.* <<http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/viewFile/145/479>> [Consulta: 24 de mayo de 2020].

- (24) Infotaller tv. (2018). *Qué es la barra de torsión y como funciona*. <[https://www.infotaller.tv/electromecanica/barra-torsion-funciona\\_0\\_1187581236.html](https://www.infotaller.tv/electromecanica/barra-torsion-funciona_0_1187581236.html)> [Consulta: 24 de mayo de 2020].
- (25) Kral, S. L. (2002). *U.S. Patent No. 6,460,641*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- (26) Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es/patente#HtVUuW6>> [26de mayo de 2020].
- (27) Organización mundial de la propiedad intelectual. *Preguntas frecuentes: Patentes*. <[https://www.wipo.int/patents/es/faq\\_patents.html](https://www.wipo.int/patents/es/faq_patents.html)> [Consulta: 26 de mayo de 2020].
- (28) Foshan Shunkangda Medical Technology Co., Ltd., Ronghong, Y., Gangliao, W., & Peng, L. (2018). *CN108175587A*. Foshan, China: Dongguang Zhongda Zongda Marca registrada de patentes, oficina 44251.
- (29) Guangdong Shunde Yitu Sports Technology Co.Ltd. (2018). *CN208838375U*. Foshan, China: Agencia de Patentes y Marcas de Guangzhou Sanhuan Ltd. 44202. (Espacenet).
- (30) Guangdong Kaiyang Medical Technology Group Co., Ltd., Feiqing, H., & Jingrong, H. (2015). *CN204121305U*. Foshan, China: Oficina estatal de patentes de la república popular de china.
- (31) Matsunaga manufacturing Co., Ltd., Tamitomo, H., & Noriyuki, M. (2009). N.º *JP4264718B2*. Gifu, Japón: Hiroe Associates.
- (32) SUNRISE MEDICAL US LLC, & HART HARLAN, H. (2015). *WO2015139027A1*. Toledo, Ohio: MacMillan, Sobanski & Todd, LLC.

- (33) Integrated Vision Inc., & Strong Russell, W. (2005). *WO2005056314A1*. Southfield, Missouri: World intellectual property organization.
- (34) XIAMEN LENCO IND CO LTD, & GONG, Y. (2011). *CN201768099U*. Fujian, China: Agencia de Patentes y Marcas Xiamen Xinhua.
- (35) Nicholls, K. (2008). *US2008116660A1*. Cleveland, Ohio: FaySharpe LLP.
- (36) Nut Industries, Delmatoff, P. J., & Box, M. S. (2018). *US2018296410A1*. San Jose, California: US Patent and Trademark Office.
- (37) Frog Legs Inc., & Chelgren, E. M. (2000). *US6149169A*. Vinton, Iowa: United State Patent.
- (38) Matsunaga manufacturing Co., Ltd., Takashi, M., & Noriyuki, M. (2009). N.º *JP2010149653A*. Gifu, Japón: Hiroe Associates.
- (39) Adaptado. (2016). *Horquillas de suspensión Glide de Tilitte*. <<http://www.adaptado.es/horquillas-de-suspension-glide-de-tilite/>> [Consulta: 06 de junio de 2020].
- (40) Frog Legs. (s.f.) *About us*. <<https://froglegsinc.com/pages/history>> [Consulta: 06 de junio de 2020].
- (41) Frog Legs. (s.f.). [Tienda online]. <<https://froglegsinc.com/collections/forks>> [Consulta: 06 de junio de 2020].
- (42) Maidesite.(s.f.)[Tienda online]. <[https://www.hengzekang.com/maidesiteproducts?product\\_id=63&product\\_category=28](https://www.hengzekang.com/maidesiteproducts?product_id=63&product_category=28)> [Consulta: 07 de junio de 2020].
- (43) Bugaboo. (s.f.). [Tienda online]. <<https://www.bugaboo.com/>> [Consulta: 07 de junio de 2020].



- (44) Zglide<<https://zglidesuspension.com/>>[Consulta: 10 de junio de 2020].
- (45) Ozebiz. *Camber, Caster and Toe: What Do They Mean?*.  
<<http://www.ozebiz.com.au/racetech/theory/align.html>> [Consulta: 17 de agosto de 2020].
- (46) *Suspension secrets. Caster.*  
<<https://suspensionsecrets.co.uk/caster/#:~:text=The%20only%20notable%20advantage%20to,steering%20very%20easy%20to%20turn.>> [Consulta: 17 de agosto de 2020].
- (47) *World Wide Cyclery. How To: Set Up Suspension Sag - Step By Step!*  
<<https://www.worldwidecyclery.com/blogs/worldwide-cyclery-blog/how-to-setting-suspension-sag>> [Consulta: 18 de agosto de 2020].
- (48) Campos Verdi, K. J. (2016). Diseño de acople mecatrónico para automatización de sillas de ruedas convencionales.
- (49) Torres Roman, M. J. (2012). Diseño de adaptación y elaboración de un manual de procedimientos para transformar sillas de ruedas convencionales en sillas para pacientes con problemas neurológicos y escasos recursos económicos.
- (50) *Gorgues J. (2005) Selección y adaptación de sillas de ruedas convencionales*  
[<https://www.elsevier.es/>]
- (51) *Sunrise Medical (2018) La historia de la silla de ruedas: Evolución hasta nuestros días.*  
[<https://www.sunrisemedical.es/blog/historia-silla-de-ruedas>]
- (52) *Valle, I. (2016). Sillas de ruedas eléctricas. Opciones de mandos de control y cambios de postura.*

- (53) Fernando, S. L., René, T. C., Guillermo, U. S., & Beatriz, R. A. (2011). *Rediseño para la Optimización de una Silla de Ruedas Eléctrica de dos Posiciones*. Instituto Politécnico Nacional, Sección de estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”, Zacatenco.
- (54) Rodríguez, C. M., Suárez, M. H., & Guerrero, E. S. (2019). Dispositivo para la movilidad autónoma de personas usuarias de sillas de ruedas convencionales. *Revista Ingeniería Biomédica*, 13(25).
- (55) Saray, P. H., & Milán, D. M. (2011). Ergonomía para la discapacidad: Una propuesta de silla de ruedas ergonómica y económica. *Arquetipo*,
- (56) Cruz Roja (2014) *Tipos y grados de discapacidad*. [www.cruzroja.es/]
- (57) “¿Qué significa el ratio de la suspensión y cómo afecta? <[https://www.mountainbike.es/consejos-de-compra/que-significa-el-ratio-de-la-suspension-y-como-afecta\\_61515\\_102.html#:~:text=El%20ratio%20es%20%3A1,tendremos%20suspensiones%20regresivas%20o%20progresivas](https://www.mountainbike.es/consejos-de-compra/que-significa-el-ratio-de-la-suspension-y-como-afecta_61515_102.html#:~:text=El%20ratio%20es%20%3A1,tendremos%20suspensiones%20regresivas%20o%20progresivas)> [Consulta: 19 de agosto de 2020].
- (58) ¿Cuánto tiempo se tarda en recorrer un kilómetro andando a paso normal? <<https://www.lasprovincias.es/sociedad/tiempo-tarda-recorrer-kilometro-20200424145455-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>> [Consulta: 27 de agosto de 2021].
- (59) EDELSTAHLBLECHE Liefer- & Lagerprogramm <[https://www.nironit.es/fileadmin/user\\_upload/RZ\\_NN\\_DB\\_Edelstahlbleche\\_18\\_03\\_de\\_web.pdf](https://www.nironit.es/fileadmin/user_upload/RZ_NN_DB_Edelstahlbleche_18_03_de_web.pdf)> [Consulta: 31 de agosto de 2021]



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

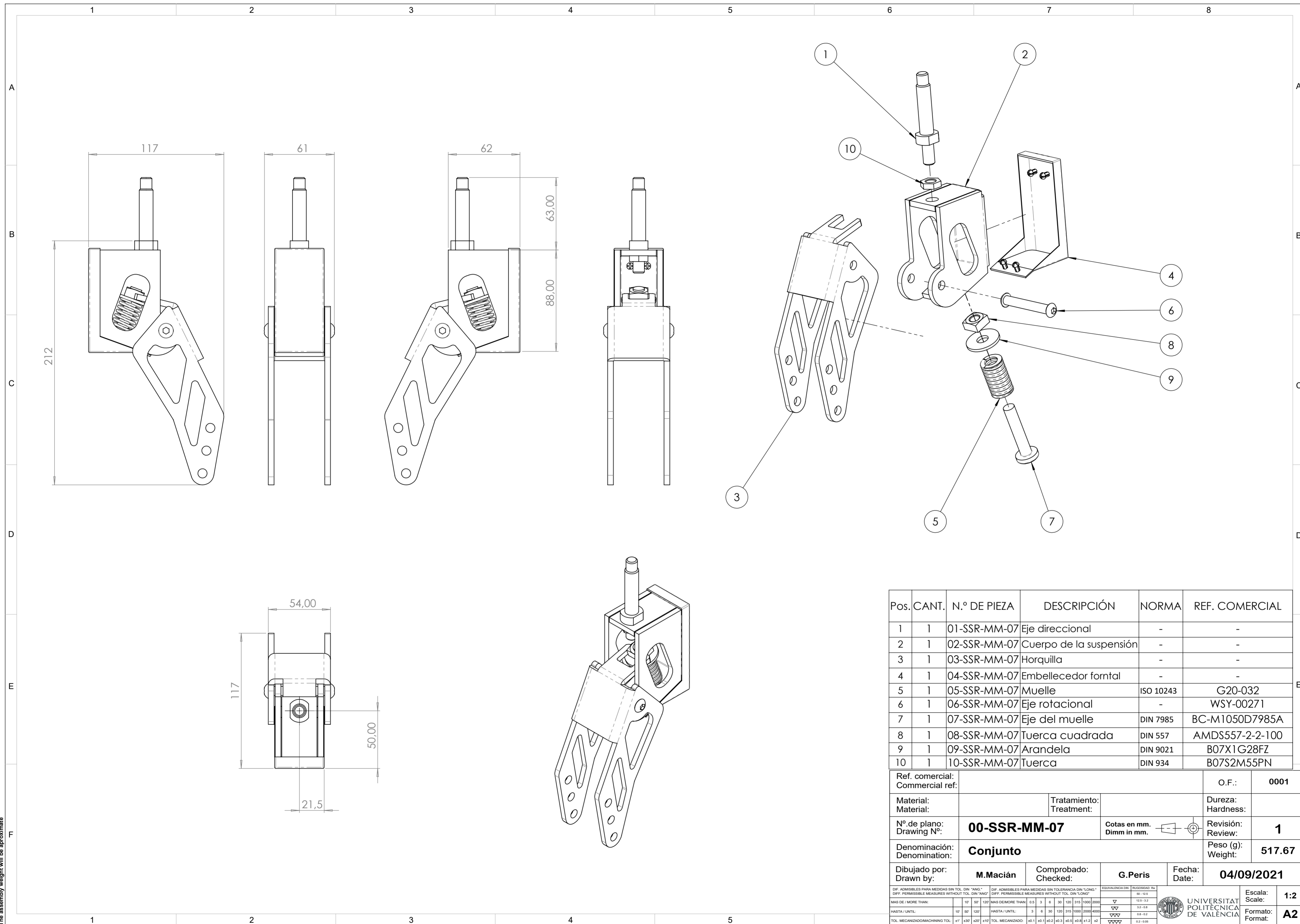
---

*TRABAJO FINAL DEL*

*REALIZADO POR*

*TUTORIZADO POR*

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

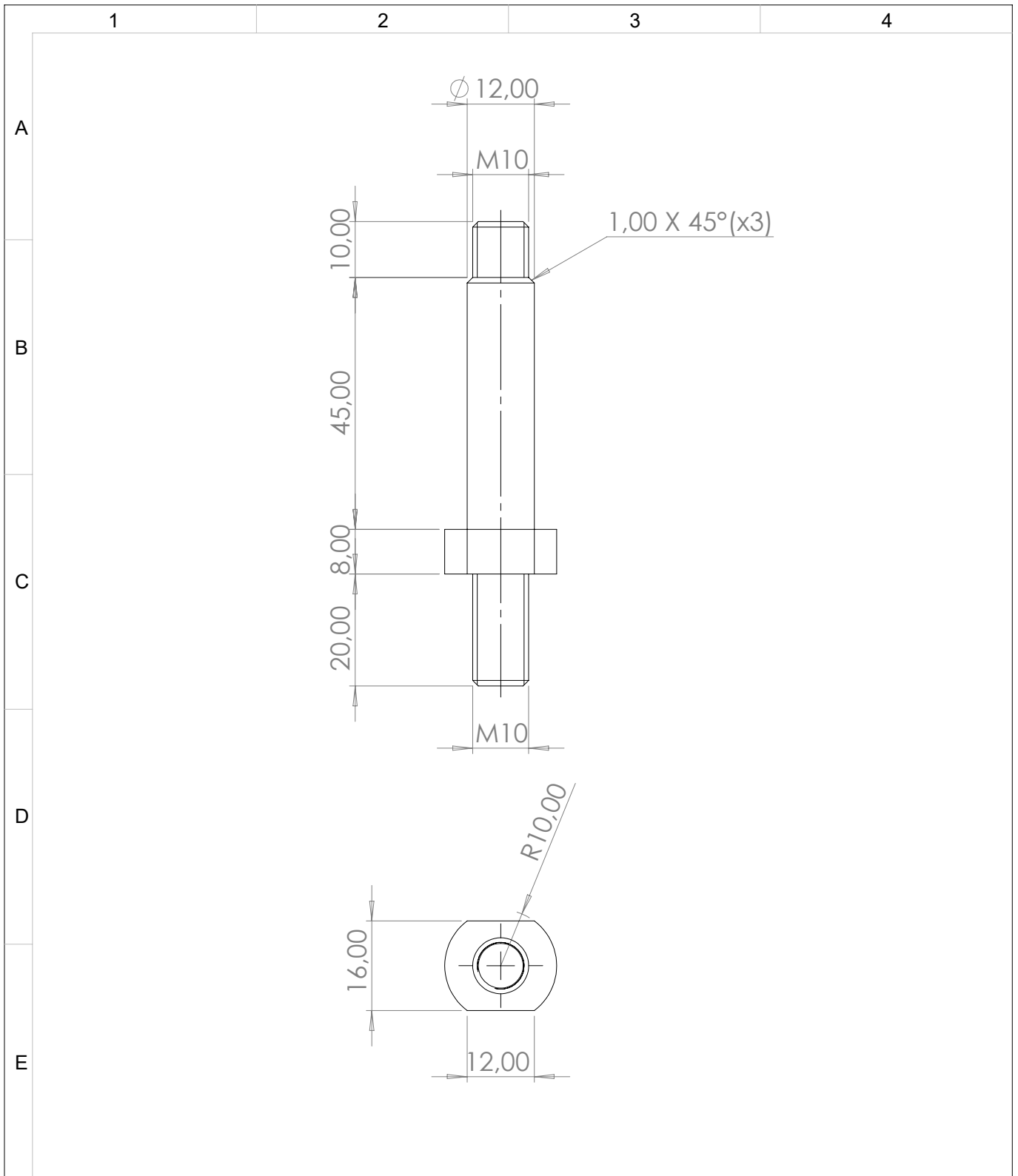


Pos.	CANT.	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	NORMA	REF. COMERCIAL
1	1	01-SSR-MM-07	Eje direccional	-	-
2	1	02-SSR-MM-07	Cuerpo de la suspensión	-	-
3	1	03-SSR-MM-07	Horquilla	-	-
4	1	04-SSR-MM-07	Embellecedor fontal	-	-
5	1	05-SSR-MM-07	Muelle	ISO 10243	G20-032
6	1	06-SSR-MM-07	Eje rotacional	-	WSY-00271
7	1	07-SSR-MM-07	Eje del muelle	DIN 7985	BC-M1050D7985A
8	1	08-SSR-MM-07	Tuerca cuadrada	DIN 557	AMDS557-2-2-100
9	1	09-SSR-MM-07	Arandela	DIN 9021	B07X1G28FZ
10	1	10-SSR-MM-07	Tuerca	DIN 934	B07S2M55PN

Ref. comercial:		O.F.:	0001
Material:		Tratamiento:	
Dureza:		Hardness:	
Nº de plano:	<b>00-SSR-MM-07</b>	Cotas en mm.	
Drawing Nº:		Dimm in mm.	
Denominación:	<b>Conjunto</b>	Revisión:	<b>1</b>
Weight:		Peso (g):	<b>517.67</b>
Dibujado por:	<b>M.Macián</b>	Comprobado:	<b>G.Peris</b>
Checked:		Fecha:	<b>04/09/2021</b>

<small>DIF. ADMISIBLES PARA MEDIDAS SIN TOL. DIN "ANG."</small> <small>DIFF. PERMISSIBLE MEASURES WITHOUT TOL. DIN "ANG."</small>		<small>DIF. ADMISIBLES PARA MEDIDAS SIN TOLERANCIA DIN "LONG."</small> <small>DIFF. PERMISSIBLE MEASURES WITHOUT TOL. DIN "LONG."</small>		<small>EQUIVALENCIA DIN</small>		<small>RUGOSIDAD Ra</small>	
MAS DE / MORE THAN:	10' 50' 120'	MAS DEMORE THAN:	0,5 3 6 30 120 315 1000 2000	▽	12,5-3,2		
HASTA / UNTIL:	10' 50' 120'	HASTA / UNTIL:	3 6 30 120 315 1000 2000 4000	▽▽	3,2-0,8		
TOL. MECANIZADO/MACHINING TOL:	±1' ±30' ±20'	TOL. MECANIZADO:	±0,1 ±0,1 ±0,2 ±0,3 ±0,5 ±0,8 ±1,2 ±2	▽▽▽	0,8-0,2		
					0,2-0,06		

El peso de los conjuntos será aproximado  
 The assembly weight will be approximate



El peso de los conjuntos será aproximado  
The assembly weight will be approximate

Ref. comercial: Commercial ref:				O.F.:	<b>0001</b>
Material: Material:	<b>Acero inoxidable forjado</b>	Tratamiento: Treatment:		Dureza: Hardness:	
Nº.de plano: Drawing Nº:	<b>01-SSR-MM-07</b>		Cotas en mm. Dimm in mm.	Revisión: Review:	<b>01</b>
Denominación: Denomination:	<b>Eje direccional</b>			Peso (g): Weight:	<b>77.20</b>
Dibujado por: Drawn by:	<b>M.Macián</b>	Comprobado: Checked:	<b>G.Peris</b>	Fecha: Date:	<b>02/09/2021</b>
DIF. ADMISIBLES PARA MEDIDAS SIN TOL. DIN "ANG." DIFF. PERMISSIBLE MEASURES WITHOUT TOL. DIN "ANG"		DIF. ADMISIBLES PARA MEDIDAS SIN TOLERANCIA DIN "LONG." DIFF. PERMISSIBLE MEASURES WITHOUT TOL. DIN "LONG"		EQUIVALENCIA DIN	RUGOSIDAD Ra
MAS DE / MORE THAN:		MAS DE/MORE THAN:		50 - 12.5	
10' 50' 120'		0.5 3 6 30 120 315 1000 2000		12.5 - 3.2	
HASTA / UNTIL:		HASTA / UNTIL:		3.2 - 0.8	
10' 50' 120'		3 6 30 120 315 1000 2000 4000		0.8 - 0.2	
TOL. MECANIZADO/MACHINING TOL:		TOL. MECANIZADO:		0.2 - 0.05	
±1' ±30' ±20' ±10'		±0.1 ±0.1 ±0.2 ±0.3 ±0.5 ±0.8 ±1.2 ±2			

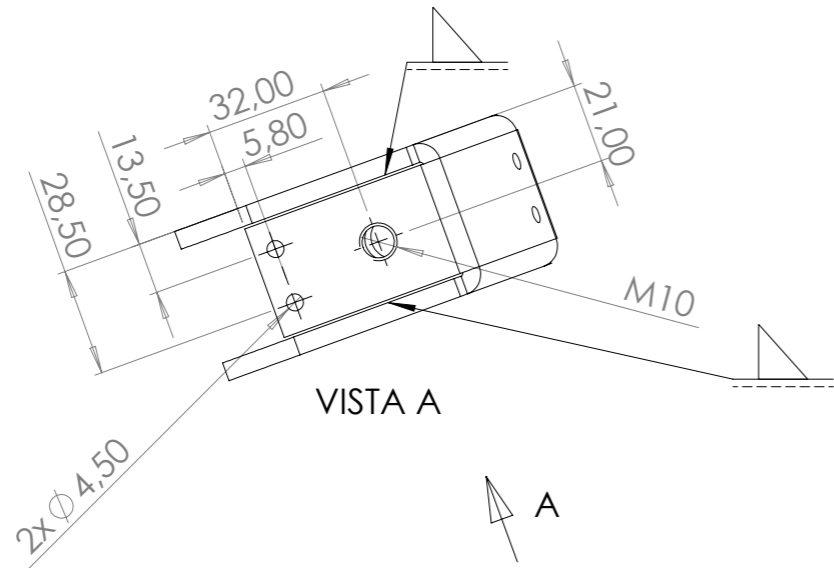


UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

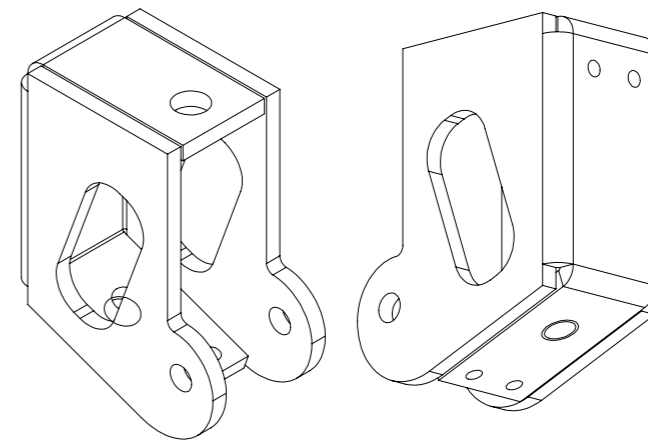
Escala:  
Scale: **1:1**  
Formato:  
Format: **A4**

1 2 3 4 5 6 7 8

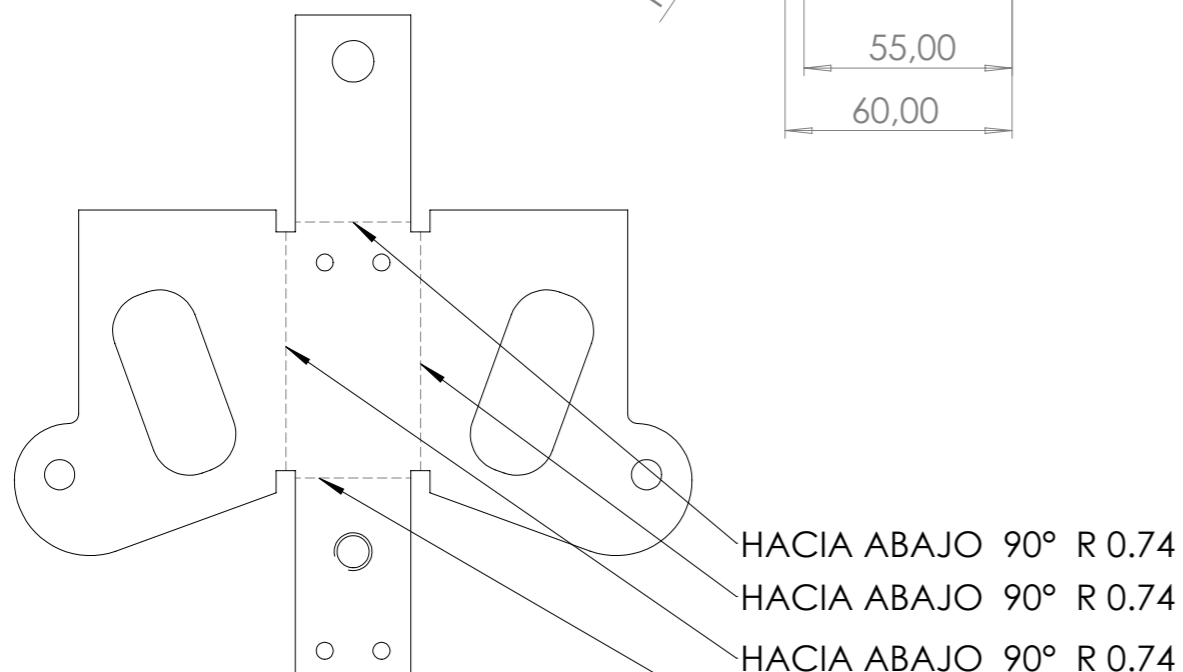
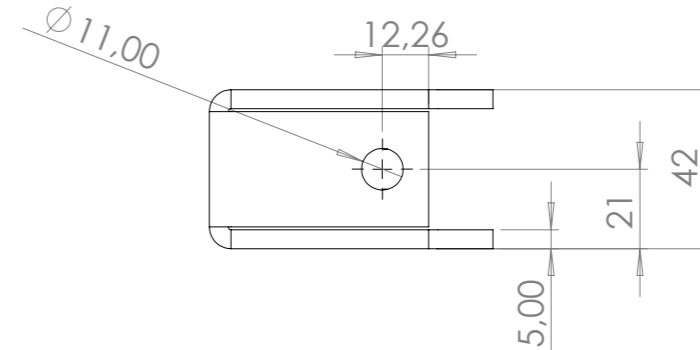
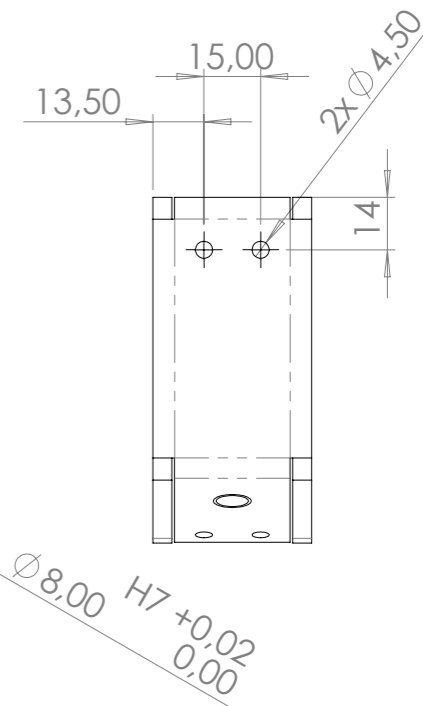
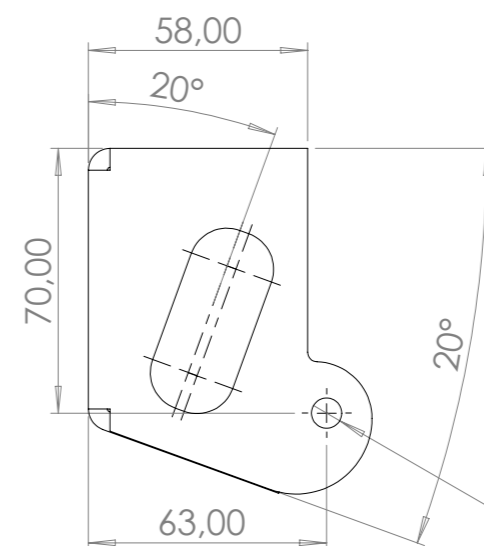
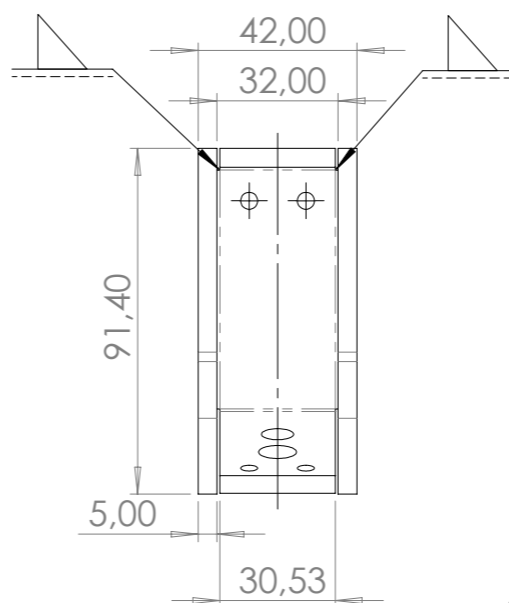
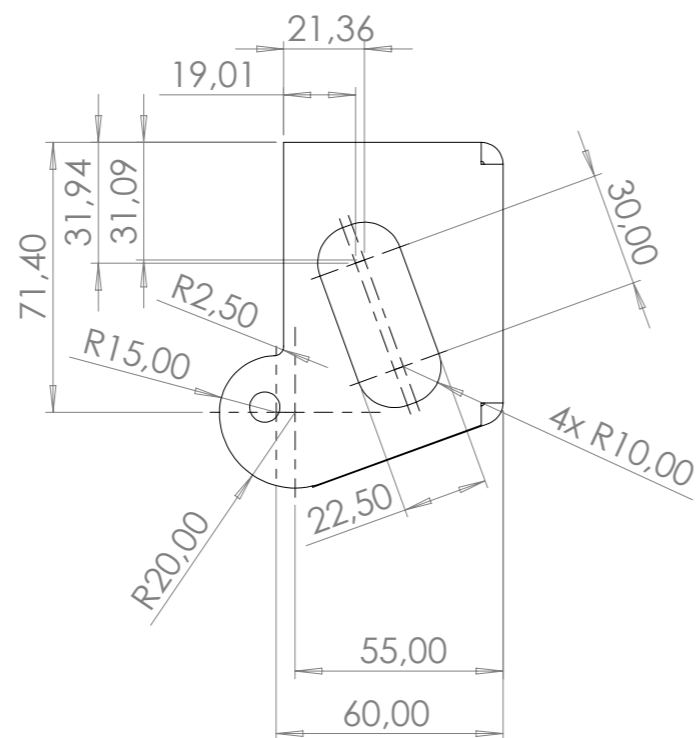
A  
B  
C  
D  
E



VISTA A



VISTAS ISOMETRICAS



VISTA DE CHAPA DESPLEGADA

- HACIA ABAJO 90° R 0.74
- HACIA ABAJO 90° R 0.74
- HACIA ABAJO 90° R 0.74
- HACIA ABAJO 70° R 0.74

Ref. comercial: Commercial ref:				O.F.:	0001
Material: Material:	1.4462 (X2CrNiMoN22-5-3)	Tratamiento: Treatment:		Dureza: Hardness:	
Nº. de plano: Drawing Nº:	<b>02-SSR-MM-07</b>		Cotas en mm. Dimm in mm.	Revisión: Review:	<b>01</b>
Denominación: Denomination:	<b>Cuerpo de la suspensión</b>			Peso (g): Weight:	<b>517.67</b>
Dibujado por: Drawn by:	<b>M.Macián</b>	Comprobado: Checked:	<b>G.Peris</b>	Fecha: Date:	<b>02/09/2021</b>
DIF. ADMISIBLES PARA MEDIDAS SIN TOL. DIN "ANG." DIFF. PERMISSIBLE MEASURES WITHOUT TOL. DIN "ANG"		DIF. ADMISIBLES PARA MEDIDAS SIN TOLERANCIA DIN "LONG." DIFF. PERMISSIBLE MEASURES WITHOUT TOL. DIN "LONG"		EQUIVALENCIA DIN	RUGOSIDAD Ra
MAS DE / MORE THAN:	10' 50' 120'	MAS DE/MORE THAN:	0.5 3 6 30 120 315 1000 2000	▽	50 - 12.5
HASTA / UNTIL:	10' 50' 120'	HASTA / UNTIL:	3 6 30 120 315 1000 2000 4000	▽▽	12.5 - 3.2
TOL. MECANIZADO/MACHINING TOL:	±1' ±30' ±20' ±10'	TOL. MECANIZADO:	±0.1 ±0.1 ±0.2 ±0.3 ±0.5 ±0.8 ±1.2 ±2	▽▽▽	3.2 - 0.8
				▽▽▽▽	0.8 - 0.2
					0.2 - 0.05

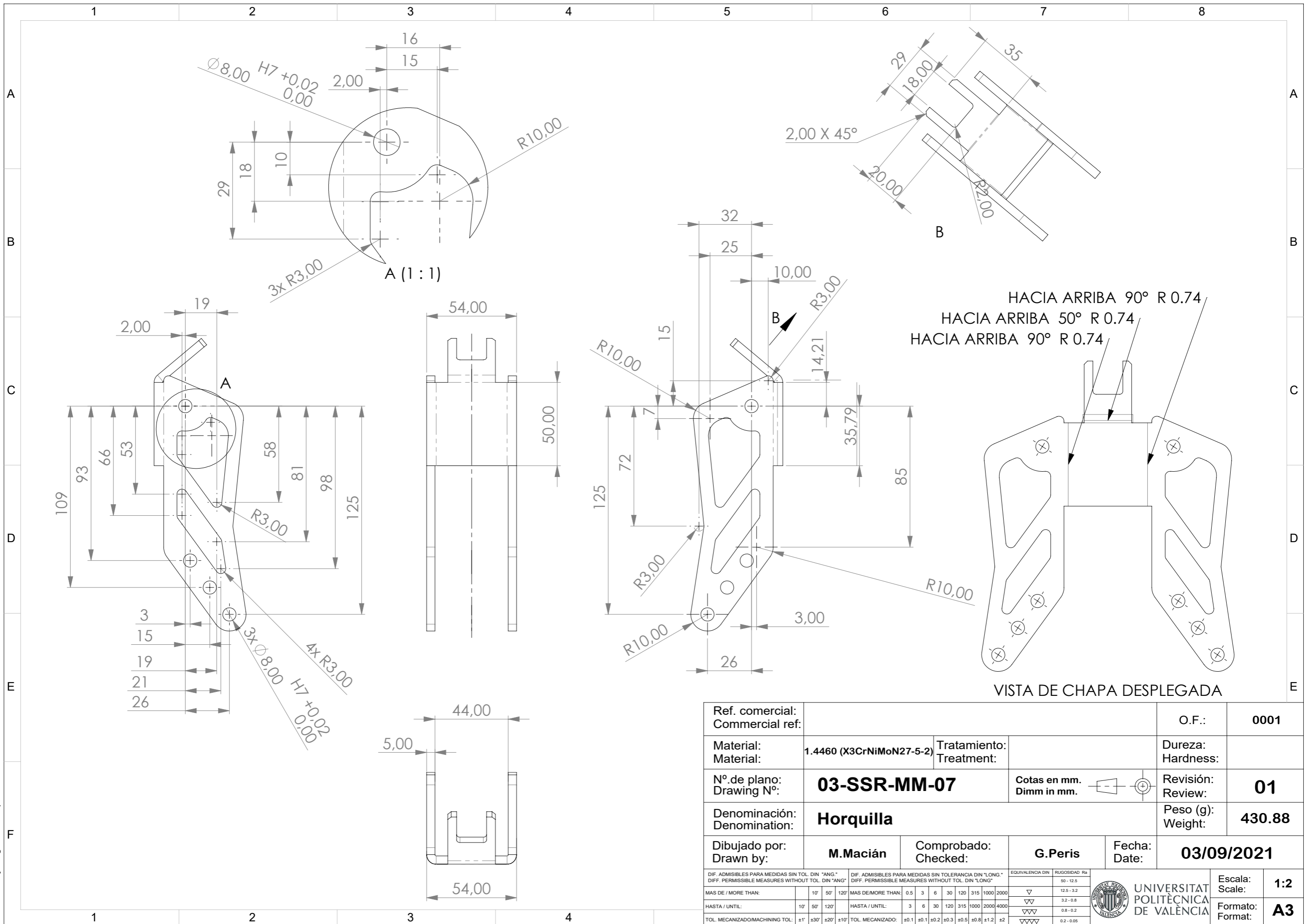
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escala: **1:2**

Formato: **A3**

El peso de los conjuntos será aproximado. The assembly weight will be approximate.

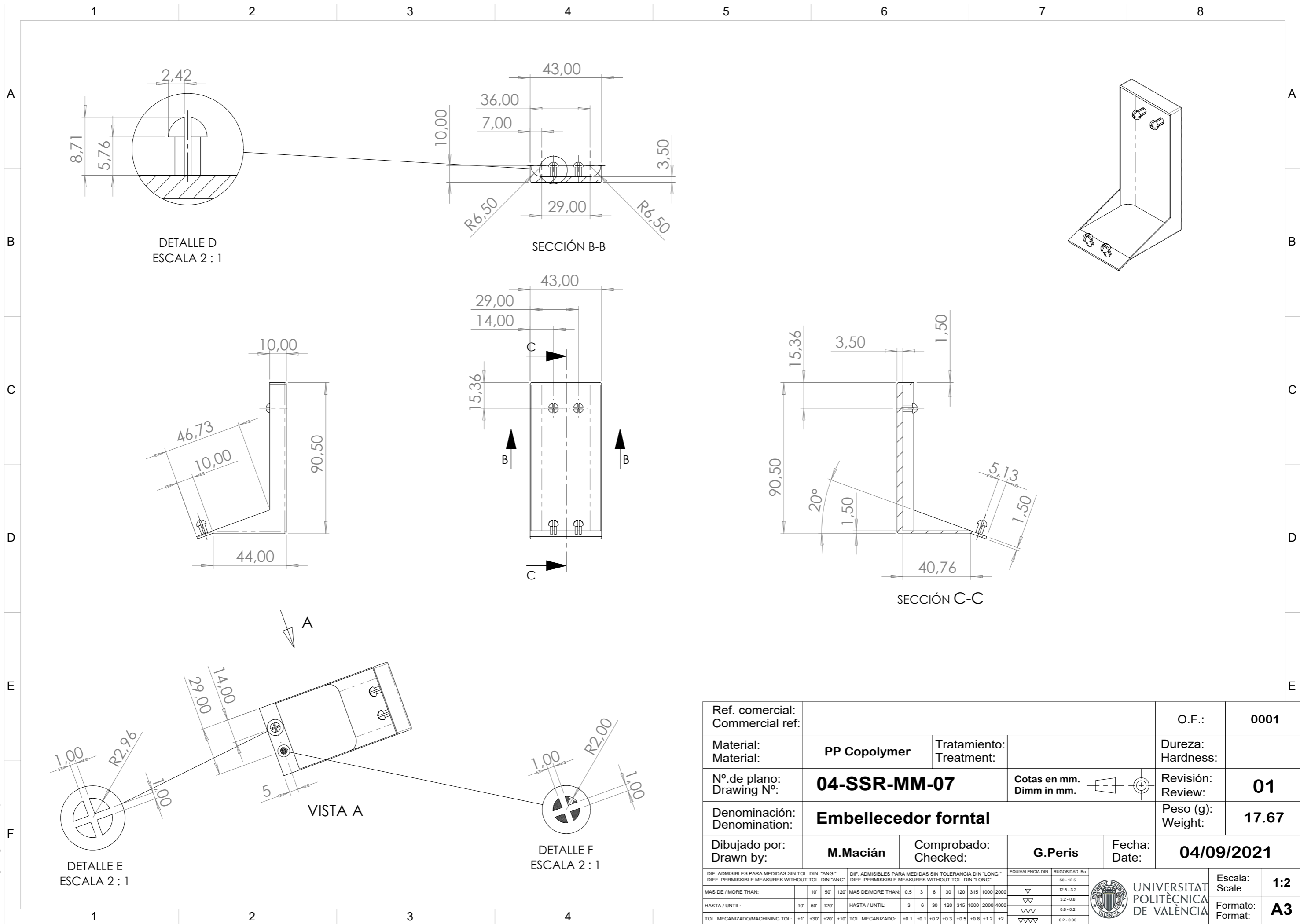
El peso de los conjuntos será aproximado.  
The assembly weight will be approximate.



Ref. comercial: Commercial ref:			O.F.:	0001
Material: Material:	1.4460 (X3CrNiMoN27-5-2)	Tratamiento: Treatment:	Dureza: Hardness:	
Nº. de plano: Drawing Nº:	<b>03-SSR-MM-07</b>		Cotas en mm. Dimm in mm.	Revisión: Review:
Denominación: Denomination:	<b>Horquilla</b>		Peso (g): Weight:	<b>430.88</b>
Dibujado por: Drawn by:	<b>M.Macián</b>	Comprobado: Checked:	<b>G.Peris</b>	Fecha: Date:
				<b>03/09/2021</b>
DIF. ADMISIBLES PARA MEDIDAS SIN TOL. DIN "ANG." DIFF. PERMISSIBLE MEASURES WITHOUT TOL. DIN "ANG"		EQUIVALENCIA DIN		RUGOSIDAD Ra
MAS DE / MORE THAN:		MAS DE/MORE THAN:		50 - 12.5
HASTA / UNTIL:		HASTA / UNTIL:		12.5 - 3.2
TOL. MECANIZADO/MACHINING TOL:		TOL. MECANIZADO:		3.2 - 0.8
				0.8 - 0.2
				0.2 - 0.05


**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
 Escala: **1:2**  
 Formato: **A3**

El peso de los conjuntos será aproximado.  
The assembly weight will be approximate.



Ref. comercial: Commercial ref:		O.F.:	0001
Material: Material:	PP Copolymer	Tratamiento: Treatment:	Dureza: Hardness:
Nº. de plano: Drawing Nº:	<b>04-SSR-MM-07</b>	Cotas en mm. Dimm in mm.	Revisión: Review:
Denominación: Denomination:	<b>Embellecedor forntal</b>		Peso (g): Weight:
Dibujado por: Drawn by:	<b>M.Macián</b>	Comprobado: Checked:	Fecha: Date:
		<b>G.Peris</b>	<b>04/09/2021</b>
<small>DIF. ADMISIBLES PARA MEDIDAS SIN TOL. DIN "ANG." DIFF. PERMISSIBLE MEASURES WITHOUT TOL. DIN "ANG"</small>		<small>EQUIVALENCIA DIN RUGOSIDAD Ra</small>	
<small>MAS DE / MORE THAN:</small>		<small>50 - 12.5</small>	
<small>HASTA / UNTIL:</small>		<small>12.5 - 3.2</small>	
<small>TOL. MECANIZADO/MACHINING TOL:</small>		<small>3.2 - 0.8</small>	
		<small>0.8 - 0.2</small>	
		<small>0.2 - 0.05</small>	


**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
 Escala: **1:2**  
 Formato: **A3**





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

*TRABAJO FINAL DEL*

*REALIZADO POR*

*TUTORIZADO POR*

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

# Muelles Matricería

## Catálogo General

---



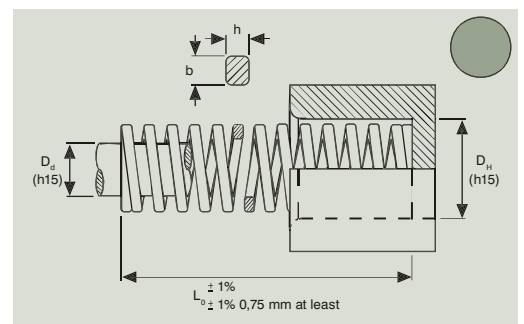
## Anexo muelles para matrickería y estampaciones

Ref.	Carga	Perfil	Pág.
VL	Muelles carga extra-ligera		?
V	Muelles carga ligera		
B	Muelles carga mediana		
R	Muelles carga fuerte		
G	Muelles carga extra-fuerte		

Ref.	Carga	Perfil	Pág.
A	Muelles carga ultra-fuerte		?
MBL	Muelles carga ligera		
MHL	Muelles carga mediana		
HGO	Muelles carga fuerte		
XHG	Muelles carga extra-fuerte		

### Sección rectangular ISO 10243 Muelles carga extra-ligera

- C** MOLLES CÀRREGA EXTRA-LLEUGERA
- GB** EXTRA-LIGHT LOAD SPRINGS
- F** RESSORTS CHARGE EXTRA-LÉGÈRE
- D** FEDERN FÜR LEICHTE SPANNUNG



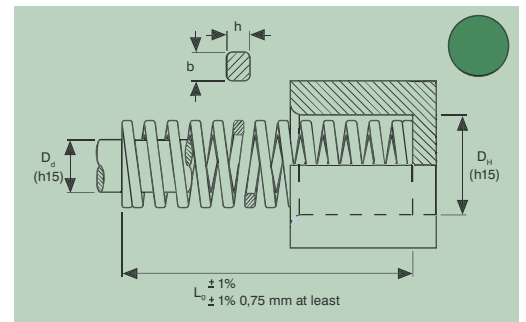
Ref.	D <sub>H</sub> Hole Diameter mm	D <sub>d</sub> Rod Diameter mm	L <sub>0</sub> Free Length mm	R Spring Constant N/mm ± 10%	A 30% L <sub>0</sub> + 3.000.000		B 40% L <sub>0</sub> ~ 1.500.000		C 45% L <sub>0</sub> 300 - 500.000		D 50% L <sub>0</sub> 100 - 200.000		E Do not use aprox. mm
					mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm
VL 20 - 025	20	10	25	29.4	7.5	221	10.0	294	11.3	331	12.5	368	13.9
VL 20 - 032			32	22.6	9.6	217	12.8	289	14.4	325	16.0	362	18.2
VL 20 - 038			38	18.6	11.4	212	15.2	283	17.1	318	19.0	353	22.0
VL 20 - 044			44	15.7	13.2	207	17.6	276	19.8	311	22.0	345	25.8
VL 20 - 051			51	13.7	15.3	210	20.4	279	23.0	314	25.5	349	30.3
VL 20 - 064			64	11.3	19.2	217	25.6	289	28.8	325	32.0	362	38.9
VL 20 - 076			76	9.8	22.8	223	30.4	298	34.2	335	38.0	372	47.0
VL 20 - 089			89	8.3	26.7	222	35.6	295	40.1	332	44.5	369	55.7
VL 20 - 102			102	7.4	30.6	226	40.8	302	45.9	340	51.0	377	64.2
VL 20 - 115			115	6.4	34.5	221	46.0	294	51.8	331	57.5	368	72.9
VL 20 - 127			127	5.9	38.1	225	50.8	300	57.2	337	63.5	375	80.7
VL 20 - 139			139	5.4	41.7	225	55.6	300	62.6	338	69.5	375	88.4
VL 20 - 152			152	4.9	45.6	223	60.8	298	68.4	335	76.0	372	96.7
VL 20 - 305			305	2.5	91.5	229	122	305	137	343	153	381	196
VL 25 - 025			25	12.5	25	53.9	7.5	404	10.0	539	11.3	606	12.5
VL 25 - 032	32	42.2			9.6	405	12.8	540	14.4	608	16.0	675	17.2
VL 25 - 038	38	35.8			11.4	408	15.2	544	17.1	612	19.0	680	20.7
VL 25 - 044	44	31.4			13.2	414	17.6	553	19.8	622	22.0	691	24.4
VL 25 - 051	51	27.0			15.3	413	20.4	551	23.0	620	25.5	689	28.5
VL 25 - 064	64	21.6			19.2	415	25.6	553	28.8	622	32.0	691	36.5
VL 25 - 076	76	18.1			22.8	413	30.4	550	34.2	619	38.0	688	43.9
VL 25 - 089	89	15.2			26.7	406	35.6	541	40.1	609	44.5	676	51.4
VL 25 - 102	102	13.2			30.6	404	40.8	539	45.9	606	51.0	673	59.3
VL 25 - 115	115	11.8			34.5	407	46.0	543	51.8	611	57.5	679	67.2
VL 25 - 127	127	10.6			38.1	404	50.8	538	57.2	606	63.5	673	74.4
VL 25 - 139	139	9.6			41.7	400	55.6	534	62.6	600	69.5	667	81.6
VL 25 - 152	152	8.8			45.6	401	60.8	535	68.4	602	76.0	669	89.5
VL 25 - 178	178	7.6			53.4	406	71.2	541	80.1	609	89.0	676	105
VL 25 - 203	203	6.7			60.9	408	81.2	544	91.4	612	102	680	121
VL 25 - 305	305	4.4	91.5	403	122	537	137	604	153	671	182		
VL 32 - 038	32	16	38	43.1	11.4	491	15.2	655	17.1	737	19.0	819	19.9
VL 32 - 044			44	37.3	13.2	492	17.6	656	19.8	739	22.0	821	23.5
VL 32 - 051			51	32.4	15.3	496	20.4	661	23.0	744	25.5	826	27.6
VL 32 - 064			64	25.5	19.2	490	25.6	653	28.8	734	32.0	816	35.2
VL 32 - 076			76	21.6	22.8	492	30.4	657	34.2	739	38.0	821	42.4
VL 32 - 089			89	18.1	26.7	483	35.6	644	40.1	725	44.5	805	50.0
VL 32 - 102			102	15.7	30.6	480	40.8	641	45.9	721	51.0	801	57.6
VL 32 - 115			115	14.2	34.5	490	46.0	653	51.8	735	57.5	817	65.5
VL 32 - 127			127	12.7	38.1	484	50.8	645	57.2	726	63.5	806	72.5
VL 32 - 139			139	11.6	41.7	484	55.6	645	62.6	726	69.5	806	79.4
VL 32 - 152			152	10.6	45.6	483	60.8	644	68.4	725	76.0	806	87.3
VL 32 - 178			178	9.0	53.4	481	71.2	641	80.1	721	89.0	801	103
VL 32 - 203			203	7.8	60.9	475	81.2	633	91.4	713	102	792	118
VL 32 - 254			254	6.4	76.2	488	102	650	114	732	127	813	148
VL 32 - 305			305	5.3	91.5	485	122	647	137	727	153	808	178

Ref.	$D_H$	$D_d$	$L_0$	R	A		B		C		D		E		
	Hole Diameter	Rod Diameter			Free Length	Spring Constant	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$		Do not use	
	b x h				30% $L_0$	30% $L_0$	40% $L_0$	40% $L_0$	45% $L_0$	45% $L_0$	50% $L_0$	50% $L_0$	aprox.		
	mm	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm		
VL 40 - 051	40	20	51	48.1	15.3	736	20.4	981	23.0	1104	25.5	1227	28.0		
VL 40 - 064			64	39.2	19.2	753	25.6	1004	28.8	1129	32.0	1254	36.2		
VL 40 - 076			76	33.3	22.8	759	30.4	1012	34.2	1139	38.0	1265	43.7		
VL 40 - 089			89	28.4	26.7	758	35.6	1011	40.1	1137	44.5	1264	51.7		
VL 40 - 102			102	24.5	30.6	750	40.8	1000	45.9	1125	51.0	1250	59.8		
VL 40 - 115			115	22.1	34.5	762	46.0	1017	51.8	1144	57.5	1271	67.9		
VL 40 - 127			127	19.6	38.1	747	50.8	996	57.2	1120	63.5	1245	75.2		
VL 40 - 139			139	17.7	41.7	738	55.6	984	62.6	1107	69.5	1230	82.4		
VL 40 - 152			152	16.2	45.6	739	60.8	985	68.4	1108	76.0	1231	90.6		
VL 40 - 178			178	13.7	53.4	732	71.2	975	80.1	1097	89.0	1219	106		
VL 40 - 203			203	12.3	60.9	749	81.2	999	91.4	1124	101	1248	122		
VL 40 - 254			254	9.8	76.2	747	102	996	114	1120	127	1245	154		
VL 40 - 305			305	8.3	91.5	759	122	1013	137	1139	152	1266	185		
VL 50 - 064			50	25	64	86.3	19.2	1657	25.6	2209	28.8	2485	32.0	2762	35.1
VL 50 - 076					76	70.6	22.8	1610	30.4	2146	34.2	2415	38.0	2683	42.2
VL 50 - 089	89	59.8			26.7	1597	35.6	2129	40.1	2395	44.5	2661	50.3		
VL 50 - 102	102	52.0			30.6	1591	40.8	2122	45.9	2387	51.0	2652	58.4		
VL 50 - 115	115	46.1			34.5	1590	46.0	2121	51.8	2386	57.5	2651	66.1		
VL 50 - 127	127	42.2			38.1	1608	50.8	2144	57.2	2412	63.5	2680	73.8		
VL 50 - 139	139	38.2			41.7	1593	55.6	2124	62.6	2389	69.5	2655	80.9		
VL 50 - 152	152	34.3			45.6	1564	60.8	2085	68.4	2346	76.0	2607	89.0		
VL 50 - 178	178	29.4			53.4	1570	71.2	2093	80.1	2355	89.0	2617	105		
VL 50 - 203	203	25.5			60.9	1553	81.2	2071	91.4	2329	101	2588	121		
VL 50 - 254	254	20.6			76.2	1570	102	2093	114	2355	127	2616	152		
VL 50 - 305	305	17.2			91.5	1574	122	2098	137	2361	152	2623	184		

## Sección rectangular ISO 10243

### Muelles carga ligera

- C** MOLLES CÀRREGA LLEUGERA
- GB** LIGHT LOAD SPRINGS
- F** RESSORTS CHARGE LÉGÈRE
- D** FEDERN FÜR NORMALE SPANNUNG



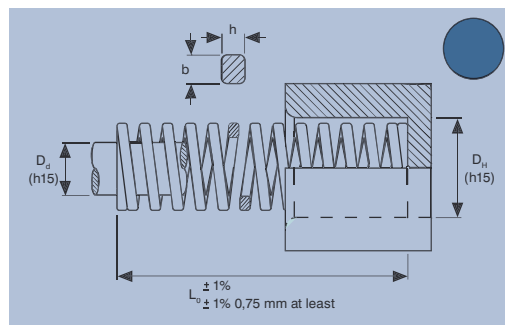
Ref.	$D_H$	$D_d$	$L_0$	R	A		B		C		D		E		
	Hole Diameter	Rod Diameter			Free Length	Spring Constant	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$		Do not use	
	b x h				25% $L_0$	25% $L_0$	30% $L_0$	30% $L_0$	35% $L_0$	35% $L_0$	40% $L_0$	40% $L_0$	aprox.		
	mm	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm		
V 10 - 032	10	25	32	8.5	8.0	68	9.6	82	11.2	95	12.8	109	17.5		
V 10 - 038			38	6.8	9.5	65	11.4	78	13.3	90	15.2	103	20.8		
V 10 - 044			44	6.0	11.0	66	13.2	79	15.4	92	17.6	106	23.9		
V 10 - 051			51	5.0	12.8	64	15.3	77	17.9	89	20.4	102	28.9		
V 10 - 064			64	4.3	16.0	69	19.2	83	22.4	96	25.6	110	36.1		
V 10 - 076			76	3.2	19.0	61	22.8	73	26.6	85	30.4	97	43.2		
V 10 - 305	305	1.7 x 1.1	76.3	84	91.5	101	107	117	122	134	178				
V 13 - 025	12.5	6.3	25	17.9	6.3	113	7.5	134	8.8	157	10.0	179	13.2		
V 13 - 032			32	16.4	8.0	131	9.6	157	11.2	184	12.8	210	18.0		
V 13 - 038			38	13.6	9.5	129	11.4	155	13.3	181	15.2	207	21.0		
V 13 - 044			44	12.1	11.0	133	13.2	160	15.4	186	17.6	213	24.0		
V 13 - 051			51	11.4	12.8	146	15.3	174	17.9	203	20.4	233	28.7		
V 13 - 064			64	9.3	16.0	149	19.2	179	22.4	208	25.6	238	35.8		
V 13 - 076			76	7.1	19.0	135	22.8	162	26.6	189	30.4	216	42.7		
V 13 - 089			89	5.4	22.3	120	26.7	144	31.2	168	35.6	192	50.4		
V 13 - 102			102	4.1	25.5	105	30.6	125	35.7	146	40.8	167	58.4		
V 13 - 305			305	2.4 x 1.4	76.3	107	91.5	128	107	149	122	171	172		
V 16 - 025			16	8	25	23.4	6.3	147	7.5	176	8.8	205	10.0	234	12.6
V 16 - 032					32	22.9	8.0	183	9.6	220	11.2	256	12.8	293	16.4
V 16 - 038	38	19.3			9.5	183	11.4	220	13.3	257	15.2	293	19.7		
V 16 - 044	44	17.1			11.0	188	13.2	226	15.4	263	17.6	301	22.5		
V 16 - 051	51	15.7			12.8	201	15.3	240	17.9	280	20.4	320	26.3		
V 16 - 064	64	10.7			16.0	171	19.2	205	22.4	240	25.6	274	33.3		
V 16 - 076	76	10.0			19.0	190	22.8	228	26.6	266	30.4	304	40.2		
V 16 - 089	89	8.6			22.3	192	26.7	230	31.2	268	35.6	306	47.6		
V 16 - 102	102	7.8			25.5	199	30.6	239	35.7	278	40.8	318	55.4		
V 16 - 115	115	6.6			28.8	190	34.5	228	40.3	266	46.0	304	60.8		
V 16 - 305	305	3.2 x 1.5			76.3	191	91.5	229	107	267	122	305	165		



## Sección rectangular ISO 10243

### Muelles carga mediana

- C** MOLLES CÀRREGA MITJANA
- GB** MEDIUM LOAD SPRINGS
- F** RESSORTS CHARGE MOYENNE
- D** FEDERN FÜR MITTLERE SPANNUNG



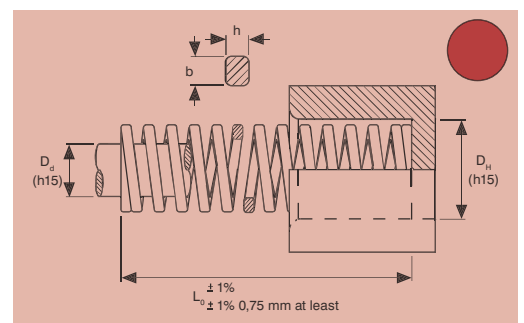
Ref.	D <sub>H</sub> Hole Diameter mm	D <sub>d</sub> Rod Diameter mm	L <sub>0</sub> Free Length mm	R Spring Constant N/mm ± 10%	A 25% L <sub>0</sub> + 3.000.000		B 30% L <sub>0</sub> ~ 1.500.000		C 35% L <sub>0</sub> 300 - 500.000		D 40% L <sub>0</sub> 100 - 200.000		E aprox. Do not use mm
					b x h	N	N	N	N	N			
B 10 - 032	10	5	32	13.0	8.0	104	9.6	125	10.8	140	12.0	156	14.2
B 10 - 038			38	11.9	9.5	113	11.4	136	12.8	153	14.3	170	16.8
B 10 - 044			44	10.3	11.0	113	13.2	136	14.9	153	16.5	170	19.4
B 10 - 051			51	8.9	12.8	114	15.3	136	17.2	153	19.1	170	23.4
B 10 - 064			64	7.5	16.0	120	19.2	144	21.6	162	24.0	180	28.2
B 10 - 076			76	5.3	19.0	101	22.8	121	25.7	136	28.5	151	34.2
B 10 - 305	1.9 x 1.3	305	1.6	76.3	122	91.5	146	103	165	114	183	134	
B 13 - 025	12.5	6.3	25	30.0	6.3	189	7.5	225	8.4	253	9.4	282	11.9
B 13 - 032			32	24.8	8.0	198	9.6	238	10.8	268	12.0	298	16.2
B 13 - 038			38	21.4	9.5	203	11.4	244	12.8	274	14.3	306	18.7
B 13 - 044			44	18.5	11.0	204	13.2	244	14.9	275	16.5	305	21.3
B 13 - 051			51	15.5	12.8	198	15.3	237	17.2	267	19.1	296	25.6
B 13 - 064			64	12.1	16.0	194	19.2	232	21.6	261	24.0	290	32.4
B 13 - 076	76	10.2	19.0	194	22.8	233	25.7	262	28.5	291	39.0		
B 13 - 089	89	8.4	22.3	187	26.7	224	30.0	252	33.4	281	45.9		
B 13 - 102	102	6.3	25.5	161	30.6	193	34.4	217	38.3	241	52.3		
B 13 - 305	2.5 x 1.5	305	2.1	76.3	160	91.5	192	103	216	114	240	153	
B 16 - 025	16	8	25	49.4	6.3	311	7.5	371	8.4	417	9.4	464	10.5
B 16 - 032			32	37.1	8.0	297	9.6	356	10.8	401	12.0	445	13.2
B 16 - 038			38	33.9	9.5	322	11.4	386	12.8	435	14.3	485	17.2
B 16 - 044			44	30.0	11.0	330	13.2	396	14.9	446	16.5	495	19.4
B 16 - 051			51	26.4	12.8	338	15.3	404	17.2	454	19.1	504	24.2
B 16 - 064			64	20.5	16.0	328	19.2	394	21.6	443	24.0	492	29.2
B 16 - 076	76	17.8	19.0	338	22.8	406	25.7	457	28.5	507	36.3		
B 16 - 089	89	15.2	22.3	339	26.7	406	30.0	457	33.4	508	41.7		
B 16 - 102	102	13.5	25.5	344	30.6	413	34.4	465	38.3	517	48.9		
B 16 - 115	115	11.8	28.8	340	34.5	407	38.8	458	43.1	509	53.1		
B 16 - 305	3.2 x 2.0	305	4.8	76.3	366	91.5	439	103	494	114	549	142	
B 20 - 025	20	10	25	98.0	6.3	617	7.5	735	8.4	827	9.4	921	10.5
B 20 - 032			32	72.6	8.0	581	9.6	697	10.8	784	12.0	871	13.9
B 20 - 038			38	56.0	9.5	532	11.4	638	12.8	718	14.3	801	16.6
B 20 - 044			44	47.5	11.0	523	13.2	627	14.9	705	16.5	784	18.8
B 20 - 051			51	41.7	12.8	534	15.3	638	17.2	718	19.1	796	23.1
B 20 - 064			64	32.3	16.0	517	19.2	620	21.6	698	24.0	775	27.5
B 20 - 076	76	25.1	19.0	477	22.8	572	25.7	644	28.5	715	33.8		
B 20 - 089	89	22.0	22.3	491	26.7	587	30.0	661	33.4	735	39.7		
B 20 - 102	102	19.8	25.5	505	30.6	606	34.4	682	38.3	758	47.3		
B 20 - 115	115	18.1	28.8	521	34.5	624	38.8	703	43.1	780	52.5		
B 20 - 127	127	16.6	31.8	528	38.1	632	42.9	712	47.6	790	56.9		
B 20 - 139	139	15.1	35.0	529	42.0	634	46.9	708	52.5	793	62.1		
B 20 - 152	152	13.2	38.0	500	45.6	600	51.3	677	57.0	750	67.6		
B 20 - 305	4.1 x 2.4	305	6.1	76.3	465	91.5	558	103	628	114	698	143	
B 25 - 025	25	12.5	25	147	6.3	926	7.5	1103	8.4	1240	9.4	1382	10.2
B 25 - 032			32	118	8.0	944	9.6	1133	10.8	1274	12.0	1416	13.7
B 25 - 038			38	93.0	9.5	884	11.4	1060	12.8	1193	14.3	1330	15.7
B 25 - 044			44	80.8	11.0	889	13.2	1067	14.9	1200	16.5	1333	18.2
B 25 - 051			51	68.6	12.8	878	15.3	1050	17.2	1181	19.1	1310	21.7
B 25 - 064			64	53.0	16.0	848	19.2	1018	21.6	1145	24.0	1272	26.0
B 25 - 076	76	43.2	19.0	821	22.8	985	25.7	1108	28.5	1231	32.3		
B 25 - 089	89	38.2	22.3	852	26.7	1020	30.0	1147	33.4	1276	38.0		
B 25 - 102	102	33.0	25.5	842	30.6	1010	34.4	1136	38.3	1264	43.0		
B 25 - 115	115	28.0	28.8	806	34.5	966	38.8	1087	43.1	1207	48.6		
B 25 - 127	127	25.9	31.8	824	38.1	987	42.9	1110	47.6	1233	53.7		
B 25 - 139	139	23.2	35.0	812	42.0	974	46.9	1088	52.5	1218	59.4		
B 25 - 152	152	20.8	38.0	790	45.6	948	51.3	1067	57.0	1186	63.8		
B 25 - 178	178	17.8	44.5	792	53.4	951	60.1	1069	66.8	1189	76.6		
B 25 - 203	203	15.8	50.8	803	60.9	962	68.5	1082	76.1	1202	88.4		
B 25 - 305	5.4 x 3.3	305	10.2	76.3	778	91.5	933	103	1050	114	1167	135	

Ref.	D <sub>H</sub>	D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	R	A		B		C		D		E		
	Hole Diameter b x h	Rod Diameter	Free Length	Spring Constant ± 10%	25% L <sub>0</sub> + 3.000.000	N	30% L <sub>0</sub> ~ 1.500.000	N	35% L <sub>0</sub> 300 - 500.000	N	40% L <sub>0</sub> 100 - 200.000	N	Do not use		
	mm	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm		
B 32 - 038	32	16	38	185	9.5	1758	11.4	2109	12.8	2373	14.3	2646	16.3		
B 32 - 044			44	158	11.0	1738	13.2	2086	14.9	2346	16.5	2607	18.9		
B 32 - 051			51	134	12.8	1715	15.3	2050	17.2	2306	19.1	2559	23.1		
B 32 - 064			64	99.0	16.0	1584	19.2	1901	21.6	2138	24.0	2376	28.5		
B 32 - 076			76	80.5	19.0	1530	22.8	1835	25.7	2065	28.5	2294	34.2		
B 32 - 089			89	69.1	22.3	1541	26.7	1845	30.0	2076	33.4	2308	40.4		
B 32 - 102			102	58.8	25.5	1499	30.6	1799	34.4	2024	38.3	2252	48.0		
B 32 - 115			115	51.5	28.8	1483	34.5	1777	38.8	1999	43.1	2220	54.3		
B 32 - 127			127	44.8	31.8	1425	38.1	1707	42.9	1920	47.6	2132	59.2		
B 32 - 139			139	42.3	35.0	1481	42.0	1777	46.9	1984	52.5	2221	65.3		
B 32 - 152			152	37.8	38.0	1436	45.6	1724	51.3	1939	57.0	2155	73.0		
B 32 - 178			178	32.5	44.5	1446	53.4	1736	60.1	1952	66.8	2171	84.5		
B 32 - 203			203	28.9	50.8	1468	60.9	1760	68.5	1980	76.1	2199	96.9		
B 32 - 254			254	21.4	63.5	1359	76.2	1631	85.7	1835	95.3	2039	121		
B 32 - 305			305	18.3	76.3	1396	91.5	1674	103	1884	114	2094	147		
B 40 - 051			40	20	51	182	12.8	2330	15.3	2785	17.2	3130	19.1	3476	21.4
B 40 - 064	64	140			16.0	2240	19.2	2688	21.6	3024	24.0	3360	26.8		
B 40 - 076	76	108			19.0	2052	22.8	2462	25.7	2770	28.5	3078	32.7		
B 40 - 089	89	90.7			22.3	2023	26.7	2422	30.0	2724	33.4	3029	39.0		
B 40 - 102	102	81.0			25.5	2066	30.6	2479	34.4	2788	38.3	3102	44.1		
B 40 - 115	115	71.8			28.8	2068	34.5	2477	38.8	2787	43.1	3095	50.6		
B 40 - 127	127	62.7			31.8	1994	38.1	2389	42.9	2687	47.6	2985	55.9		
B 40 - 139	139	57.5			35.0	2013	42.0	2415	46.9	2697	52.5	3019	61.8		
B 40 - 152	152	51.6			38.0	1961	45.6	2353	51.3	2647	57.0	2941	67.5		
B 40 - 178	178	44.1			44.5	1962	53.4	2355	60.1	2649	66.8	2946	77.2		
B 40 - 203	203	36.7			50.8	1864	60.9	2235	68.5	2514	76.1	2793	91.8		
B 40 - 254	254	30.1			63.5	1911	76.2	2294	85.7	2580	95.3	2869	113		
B 40 - 305	305	24.6			76.3	1877	91.5	2251	103	2532	114	2814	138		
B 50 - 064	50	25			64	209	16.0	3344	19.2	4013	21.6	4514	24.0	5016	28.2
B 50 - 076					76	168	19.0	3192	22.8	3830	25.7	4309	28.5	4788	34.9
B 50 - 089					89	140	22.3	3122	26.7	3738	30.0	4205	33.4	4676	39.2
B 50 - 102			102	119	25.5	3035	30.6	3641	34.4	4097	38.3	4558	47.3		
B 50 - 115			115	106	28.8	3053	34.5	3657	38.8	4114	43.1	4569	52.6		
B 50 - 127			127	97.0	31.8	3085	38.1	3696	42.9	4158	47.6	4617	59.8		
B 50 - 139			139	87.0	35.0	3045	42.0	3654	46.9	4081	52.5	4568	65.1		
B 50 - 152			152	80.0	38.0	3040	45.6	3648	51.3	4104	57.0	4560	70.8		
B 50 - 178			178	69.5	44.5	3093	53.4	3711	60.1	4175	66.8	4643	84.2		
B 50 - 203			203	59.8	50.8	3038	60.9	3642	68.5	4097	76.1	4551	96.5		
B 50 - 229			229	50.9	57.3	2917	68.7	3497	77.3	3934	85.9	4372	108		
B 50 - 254			254	43.9	63.5	2788	76.2	3345	85.7	3763	95.3	4184	122		
B 50 - 305			305	38.6	76.3	2945	91.5	3532	103	3973	114	4416	147		
B 63 - 076			63	38	76	312	19.0	5928	22.8	7114	25.7	8003	28.5	8892	30.7
B 63 - 089					89	260	22.3	5798	26.7	6942	30.0	7810	33.4	8684	36.5
B 63 - 102					102	221	25.5	5636	30.6	6763	34.4	7608	38.3	8464	43.6
B 63 - 115	115	187			28.8	5386	34.5	6452	38.8	7258	43.1	8060	48.9		
B 63 - 127	127	168			31.8	5342	38.1	6401	42.9	7201	47.6	7997	54.2		
B 63 - 152	152	136			38.0	5168	45.6	6202	51.3	6977	57.0	7752	65.7		
B 63 - 178	178	114			44.5	5073	53.4	6088	60.1	6849	66.8	7615	76.5		
B 63 - 203	203	100			50.8	5080	60.9	6090	68.5	6851	76.1	7610	88.0		
B 63 - 229	229	89.2			57.3	5111	68.7	6128	77.3	6894	85.9	7662	104		
B 63 - 254	254	78.4			63.5	4978	76.2	5974	85.7	6721	95.3	7472	112		
B 63 - 305	305	64.7			76.3	4937	91.5	5920	103	6660	114	7402	134		

## Sección rectangular ISO 10243

### Muelles carga fuerte

- C** MOLLES CÀRREGA FORTA
- GB** STRONG LOAD SPRINGS
- F** RESSORTS CHARGE FORTE
- D** FEDERN FÜR HOHE SPANNUNG



Ref.	D <sub>H</sub>	D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	R	A		B		C		D		E
	Hole Diameter b x h	Rod Diameter	Free Length	Spring Constant ± 10%	20% L <sub>0</sub> + 3.000.000	N	25% L <sub>0</sub> ~ 1.500.000	N	27,5% L <sub>0</sub> 300 - 500.000	N	30% L <sub>0</sub> 100 - 200.000	N	Do not use
	mm	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm
R 10 - 032	10	5	32	17.5	6.4	112	8.0	140	8.8	154	9.6	168	12.1
R 10 - 038			38	17.1	7.6	130	9.5	162	10.5	179	11.4	195	13.2
R 10 - 044			44	15.0	8.8	132	11.0	165	12.1	182	13.2	198	15.1
R 10 - 051			51	12.8	10.2	131	12.8	164	14.0	180	15.3	196	19.5
R 10 - 064			64	10.7	12.8	137	16.0	171	17.6	188	19.2	205	21.8
R 10 - 076			76	7.5	15.2	114	19.0	143	20.9	157	22.8	171	27.9
R 10 - 305			305	2.1	61.0	128	76.3	160	83.9	176	91.5	192	127



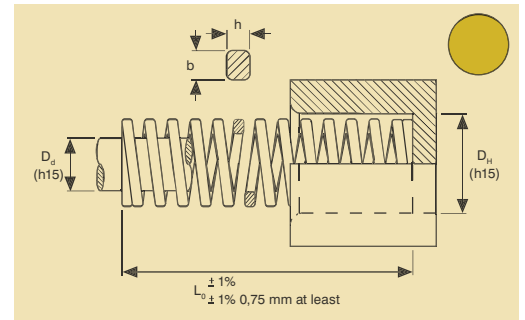


Ref.	D <sub>H</sub>	D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	R	A		B		C		D		E		
	Hole Diameter b x h	Rod Diameter	Free Length	Spring Constant ± 10%	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	Do not use		
R 50 - 064	50	25	64	413	12.8	5286	16.0	6608	17.6	7269	19.2	7930	22.4		
R 50 - 076			76	339	15.2	5153	19.0	6441	20.9	7085	22.8	7729	26.5		
R 50 - 089			89	288	17.8	5126	22.3	6422	24.5	7049	26.7	7690	31.5		
R 50 - 102			102	245	20.4	4998	25.5	6248	28.1	6872	30.6	7497	37.6		
R 50 - 115			115	215	23.0	4945	28.8	6192	31.6	6799	34.5	7418	42.7		
R 50 - 127			127	192	25.4	4877	31.8	6106	34.9	6706	38.1	7315	47.5		
R 50 - 139			139	168	28.0	4704	35.0	5880	38.2	6422	42.0	7056	51.8		
R 50 - 152			152	154	30.4	4682	38.0	5852	41.8	6437	45.6	7022	57.8		
R 50 - 178			178	134	35.6	4770	44.5	5963	49.0	6559	53.4	7156	68.5		
R 50 - 203			203	117	40.6	4750	50.8	5944	55.8	6532	60.9	7125	77.6		
R 50 - 254			254	89	50.8	4521	63.5	5652	69.9	6217	76.2	6782	97.9		
R 50 - 305			305	73	61.0	4453	76.3	5570	83.9	6123	91.5	6680	121		
R 63 - 076			63	38	76	618	15.2	9394	19.0	11742	20.9	12916	22.8	14090	24.7
R 63 - 089					89	515	17.8	9167	22.3	11485	24.5	12605	26.7	13751	30.0
R 63 - 102					102	438	20.4	8935	25.5	11169	28.1	12286	30.6	13403	35.1
R 63 - 115	115	370			23.0	8510	28.8	10656	31.6	11701	34.5	12765	37.5		
R 63 - 127	127	333			25.4	8458	31.8	10589	34.9	11630	38.1	12687	45.9		
R 63 - 152	152	269			30.4	8178	38.0	10222	41.8	11244	45.6	12266	56.5		
R 63 - 178	178	226			35.6	8046	44.5	10057	49.0	11063	53.4	12068	66.8		
R 63 - 203	203	198			40.6	8039	50.8	10058	55.8	11053	60.9	12058	78.8		
R 63 - 254	254	155			50.8	7874	63.5	9843	69.9	10827	76.2	11811	102		
R 63 - 305	305	128			61.0	7808	76.3	9766	83.9	10736	91.5	11712	122		

## Sección rectangular ISO 10243

### Muelles carga extra-fuerte

- C** MOLLES CÀRREGA EXTRA-FORTA
- GB** EXTRA-STRONG LOAD SPRINGS
- F** RESSORTS CHARGE EXTRA-FORTE
- D** FEDERN FÜR HÖCHSTE SPANUNG



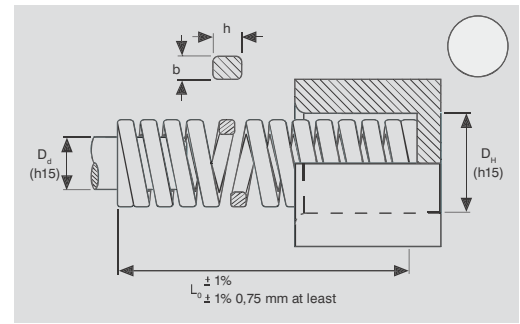
Ref.	D <sub>H</sub>	D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	R	A		B		C		D		E		
	Hole Diameter b x h	Rod Diameter	Free Length	Spring Constant ± 10%	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	Do not use		
G 10 - 032	10	5	32	27.9	5.4	151	6.4	179	7.2	201	8.0	223	10.6		
G 10 - 038			38	23.7	6.5	154	7.6	180	8.6	203	9.5	225	12.6		
G 10 - 044			44	19.2	7.5	144	8.8	169	9.9	190	11.0	211	13.8		
G 10 - 051			51	16.5	8.7	144	10.2	168	11.5	189	12.8	211	16.2		
G 10 - 064			64	13.2	10.9	144	12.8	169	14.4	190	16.0	211	20.4		
G 10 - 076			76	10.9	12.9	141	15.2	166	17.1	186	19.0	207	25.2		
G 10 - 305			305	2.6	51.9	135	61.0	159	68.6	178	76.3	198	111		
G 13 - 025			12.5	6.3	25	58.5	4.3	252	5.0	293	5.6	329	6.3	369	8.1
G 13 - 032					32	43.9	5.4	237	6.4	281	7.2	316	8.0	351	9.9
G 13 - 038					38	36.0	6.5	234	7.6	274	8.6	308	9.5	342	12.9
G 13 - 044					44	30.3	7.5	227	8.8	267	9.9	300	11.0	333	14.1
G 13 - 051					51	26.2	8.7	228	10.2	267	11.5	301	12.8	335	17.4
G 13 - 064					64	21.2	10.9	231	12.8	271	14.4	305	16.0	339	21.0
G 13 - 076					76	17.1	12.9	221	15.2	260	17.1	292	19.0	325	26.4
G 13 - 089					89	14.5	15.1	219	17.8	258	20.0	290	22.3	323	31.5
G 13 - 102	102	12.7			17.3	220	20.4	259	23.0	291	25.5	324	36.0		
G 13 - 305	305	4.3			51.9	223	61.0	262	68.6	295	76.3	328	111		
G 16 - 025	16	8			25	118	4.3	507	5.0	590	5.6	664	6.3	743	8.5
G 16 - 032					32	89.0	5.4	481	6.4	570	7.2	641	8.0	712	11.0
G 16 - 038					38	72.1	6.5	469	7.6	548	8.6	616	9.5	685	13.2
G 16 - 044					44	60.9	7.5	457	8.8	536	9.9	603	11.0	670	14.7
G 16 - 051					51	52.3	8.7	455	10.2	533	11.5	600	12.8	669	17.7
G 16 - 064			64	41.2	10.9	449	12.8	527	14.4	593	16.0	659	21.9		
G 16 - 076			76	34.1	12.9	440	15.2	518	17.1	583	19.0	648	27.8		
G 16 - 089			89	29.5	15.1	445	17.8	525	20.0	591	22.3	658	31.2		
G 16 - 102			102	25.6	17.3	443	20.4	522	23.0	588	25.5	653	37.9		
G 16 - 115			115	22.4	19.6	439	23.0	515	25.9	580	28.8	645	44.5		
G 16 - 305			305	8.4	51.9	436	61.0	512	68.6	576	76.3	641	113		



# Sección rectangular ISO 10243

## Muelles carga ultra-fuerte

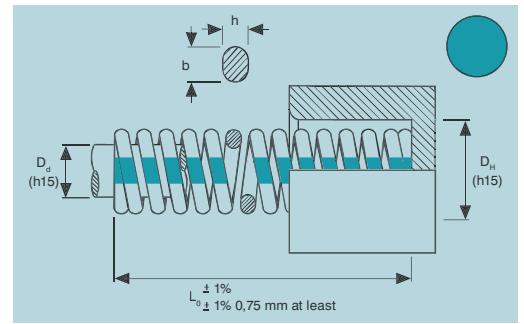
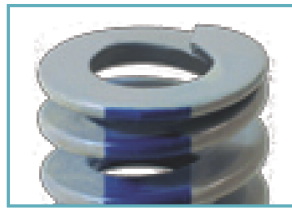
- C** MOLLES CÀRREGA ULTRA-FORTA
- GB** ULTRA-STRONG LOAD SPRINGS
- F** RESSORTS CHARGE ULTRA-FORTE
- D** FEDERN FÜR ULTRA-HOHE SPANNUNG



Ref.	$D_H$	$D_d$	$L_0$	R	A	B	C	D	E				
	Hole Diameter mm	Rod Diameter mm	Free Length mm	Spring Constant N/mm $\pm 10\%$	10% $L_0$ + 3.000.000 N	12% $L_0$ ~ 1.500.000 N	13,5% $L_0$ 300 - 500.000 N	15% $L_0$ 100 - 200.000 N	Do not use				
	b x h												
A 25 - 076	25	12,5	76	556	7.6	4226	9.1	5060	10.3	5705	13.4	6338	16
A 25 - 089			89	462	8.9	4112	10.7	4943	12.0	5551	13.4	6168	20
A 25 - 102			102	390	10.2	3978	12.2	4758	13.8	5370	15.3	5967	23
A 25 - 115			115	360	11.5	4140	13.8	4968	15.5	5589	17.3	6210	26
A 25 - 127			127	326	12.7	4140	15.2	4955	17.1	5589	19.1	6210	28
A 25 - 152			152	255	15.2	3876	18.2	4641	20.5	5233	22.8	5814	34
A 25 - 178			178	230	17.8	4094	21.4	4922	24.0	5527	26.7	6141	39
A 25 - 203			203	202	20.3	4101	24.4	4929	27.4	5536	30.5	6151	45
A 25 - 305			305	136	30.5	4148	36.6	4978	41.2	5600	45.8	6222	63
A 32 - 064			32	16	64	1077	6.4	6892	7.7	8270	8.6	9305	9.6
A 32 - 076	76	874			7.6	6642	9.1	7971	10.3	8967	11.4	9964	16
A 32 - 089	89	721			8.9	6419	11	7702	12.0	8663	13.3	9628	20
A 32 - 102	102	620			10	6324	12	7589	13.8	8537	15.3	9486	23
A 32 - 115	115	560			12	6440	14	7728	15.5	8694	17.2	9660	26
A 32 - 127	127	496			13	6299	15	7559	17.1	8504	19.0	9449	28
A 32 - 152	152	408			15	6202	18	7442	20.5	8372	22.8	9302	34
A 32 - 178	178	353			18	6280	21	7536	24.0	8483	26.7	9420	39
A 32 - 203	203	304			20	6171	24	7405	27.4	8331	30.4	9257	45
A 32 - 254	254	243			25	6177	30	7413	34.3	8332	38.1	9266	62
A 32 - 305	305	196	31	5978	37	7174	41.2	8070	45.7	8967	75		
A 40 - 089	40	20	89	880	8.9	7832	10.7	9416	12.0	10573	13.4	11748	20
A 40 - 102			102	762	10.2	7772	12.2	9296	13.8	10493	15.3	11659	23
A 40 - 115			115	679	11.5	7809	13.8	9370	15.5	10541	17.3	11713	26
A 40 - 127			127	622	12.7	7899	15.2	9454	17.1	10664	19.1	11849	28
A 40 - 152			152	509	15.2	7737	18.2	9264	20.5	10445	22.8	11605	36
A 40 - 178			178	429	17.8	7636	21.4	9181	24.0	10309	26.7	11454	43
A 40 - 203			203	374	20.3	7592	24.4	9126	27.4	10249	30.5	11388	49
A 40 - 254			254	296	25.4	7518	30.5	9028	34.3	10150	38.1	11278	62
A 40 - 305			305	246	30.5	7530	36.6	9004	41.2	10129	45.8	11255	75
A 50 - 089			50	25	89	1410	8.9	12549	10.7	15087	12.0	16941	13.4
A 50 - 102	102	1215			10.2	12393	12.2	14823	13.8	16731	15.3	18590	22
A 50 - 115	115	1076			11.5	12374	13.8	14849	15.5	16705	17.3	18561	25
A 50 - 127	127	968			12.7	12294	15.2	14714	17.1	16596	19.1	18440	28
A 50 - 152	152	806			15.2	12251	18.2	14669	20.5	16539	22.8	18377	34
A 50 - 178	178	698			17.8	12424	21.4	14937	24.0	16773	26.7	18637	40
A 50 - 203	203	612			20.3	12424	24.4	14933	27.4	16772	30.5	18635	45
A 50 - 254	254	472			25.4	11989	30.5	14396	34.3	16185	38.1	17983	58
A 50 - 305	305	388			30.5	11834	36.6	14201	41.2	15976	45.8	17751	70

## Sección hilo ovalada Muelles carga ligera. Color plateado-azul

- C** MOLLES CÀRREGA LLEUGERA. COLOR PLATEJAT-BLAU
- GB** LIGHT LOAD SPRINGS. SILVER-BLUE COLOR
- F** RESSORTS DE CHARGE LÉGÈRE. ARGENT-BLEU
- D**



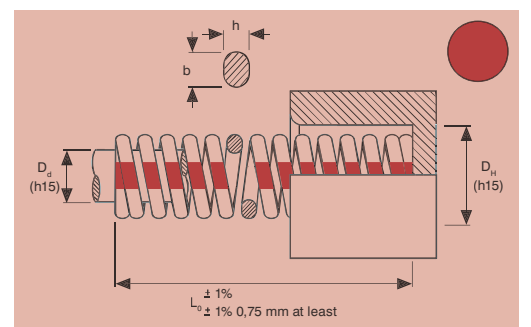
Ref.	D <sub>H</sub> Hole Diameter mm	D <sub>d</sub> Rod Diameter mm	L <sub>0</sub> Free Length mm	R Spring Constant N/mm ± 10%	A 25% L <sub>0</sub> + 3.000.000		B 40% L <sub>0</sub> ~ 1.500.000		C 45% L <sub>0</sub> 300 - 500.000		D 50% L <sub>0</sub> 100 - 200.000		E Do not use mm		
					mm	N	mm	N	mm	N	mm	N			
MBL 10 - 032	9,5	4,5	32	12.3	8.0	98	12.8	157	14.4	177	16.0	197	17.5		
MBL 10 - 038			38	9.8	9.5	93	15.2	149	17.1	168	19.0	186	20.8		
MBL 10 - 044			44	8.8	11.0	97	17.6	155	19.8	174	22.0	194	23.9		
MBL 10 - 051			51	7.5	12.8	96	20.4	153	23.0	172	25.5	191	28.9		
MBL 10 - 064			64	4.9	16.0	78	25.6	125	28.8	141	32.0	157	36.1		
MBL 10 - 076			76	3.8	19.0	72	30.4	116	34.2	130	38.0	144	43.2		
MBL 10 - 305	1,96 x 1,00		305	1.2	76.3	92	122.0	146	137.3	165	152.5	183	178.7		
MBL 13 - 025	13	7	25	18.9	6.3	119	10.0	189	11.3	213	12.5	236	13.2		
MBL 13 - 032			32	15.4	8.0	123	12.8	197	14.4	222	16.0	246	18.0		
MBL 13 - 038			38	13.5	9.5	128	15.2	205	17.1	231	19.0	257	21.0		
MBL 13 - 044			44	11.8	11.0	130	17.6	208	19.8	234	22.0	260	24.0		
MBL 13 - 051			51	10.0	12.8	128	20.4	204	23.0	230	25.5	255	28.7		
MBL 13 - 064			64	7.6	16.0	122	25.6	195	28.8	219	32.0	243	35.8		
MBL 13 - 076			76	5.9	19.0	112	30.4	179	34.2	202	38.0	224	42.7		
MBL 13 - 089			89	4.8	22.3	107	35.6	171	40.1	192	44.5	214	50.4		
MBL 13 - 102			102	3.4	25.5	87	40.8	139	45.9	156	51.0	173	58.4		
MBL 13 - 305			2,50 x 1,46		305	1.6	76.3	122	122.0	195	137.3	220	152.5	244	172.0
MBL 16 - 025	16	8,7	25	22.9	6.3	144	10.0	229	11.3	258	12.5	286	12.7		
MBL 16 - 032			32	22.5	8.0	180	12.8	288	14.4	324	16.0	360	16.6		
MBL 16 - 038			38	18.9	9.5	180	15.2	287	17.1	323	19.0	359	20.0		
MBL 16 - 044			44	16.8	11.0	185	17.6	296	19.8	333	22.0	370	23.4		
MBL 16 - 051			51	15.4	12.8	197	20.4	314	23.0	353	25.5	393	26.8		
MBL 16 - 064			64	10.5	16.0	168	25.6	269	28.8	302	32.0	336	33.2		
MBL 16 - 075			76	9.8	19.0	186	30.4	298	34.2	335	38.0	372	41.8		
MBL 16 - 089			89	8.4	22.3	187	35.6	299	40.1	336	44.5	374	48.6		
MBL 16 - 102			102	7.7	25.5	196	40.8	314	45.9	353	51.0	393	55.5		
MBL 16 - 115			115	5.9	28.8	170	46.0	271	51.8	305	57.5	339	62.2		
MBL 16 - 305	2,80 x 1,88		305	2.5	76.3	191	122.0	305	137.3	343	152.5	381	170.9		
MBL 19 - 025	19,5	9,5	25	53.0	6.3	334	10.0	530	11.3	596	12.5	663	12.7		
MBL 19 - 032			32	43.1	8.0	345	12.8	552	14.4	621	16.0	690	17.0		
MBL 19 - 038			38	34.3	9.5	326	15.2	521	17.1	587	19.0	652	20.3		
MBL 19 - 044			44	30.4	11.0	334	17.6	535	19.8	602	22.0	669	23.5		
MBL 19 - 051			51	25.5	12.8	326	20.4	520	23.0	585	25.5	650	27.4		
MBL 19 - 064			64	20.6	16.0	330	25.6	527	28.8	593	32.0	659	34.7		
MBL 19 - 076			76	16.2	30.4	492	38.0	616	34.2	554	42.4	687	42.4		
MBL 19 - 089			89	14.2	22.3	317	35.6	506	40.1	569	44.5	632	48.9		
MBL 19 - 102			102	12.2	25.5	311	40.8	498	45.9	560	51.0	622	56.6		
MBL 19 - 115			115	11.0	28.8	317	46.0	506	51.8	569	57.5	633	64.1		
MBL 19 - 127			127	9.8	31.8	312	50.8	498	57.2	560	63.5	622	71.7		
MBL 19 - 140			140	8.3	35.0	291	56.0	465	63.0	523	70.0	581	79.8		
MBL 19 - 152			152	7.2	38.0	274	60.8	438	68.4	492	76.0	547	85.9		
MBL 19 - 305			4,00 x 2,00		305	4.1	76.3	313	122.0	500	137.3	563	152.5	625	167.8
MBL 26 - 025	25,5	13	25	107.9	6.3	680	10.0	1079	11.3	1214	12.5	1349	12.6		
MBL 26 - 032			32	80.4	8.0	643	12.8	1029	14.4	1158	16.0	1286	16.1		
MBL 26 - 038			38	62.8	9.5	597	15.2	955	17.1	1074	19.0	1193	19.1		
MBL 26 - 044			44	52.0	11.0	572	17.6	915	19.8	1030	22.0	1144	22.9		
MBL 26 - 051			51	43.1	12.8	552	20.4	879	23.0	989	25.5	1099	27.3		
MBL 26 - 064			64	35.3	16.0	565	25.6	904	28.8	1017	32.0	1130	33.3		
MBL 26 - 076			76	29.4	19.0	559	30.4	894	34.2	1005	38.0	1117	39.5		
MBL 26 - 089			89	24.5	22.3	546	35.6	872	40.1	981	44.5	1090	47.7		
MBL 26 - 102			102	21.6	25.5	551	40.8	881	45.9	991	51.0	1102	56.4		
MBL 26 - 115			115	18.6	28.8	536	46.0	856	51.8	963	57.5	1070	62.2		
MBL 26 - 127			127	17.2	31.8	547	50.8	874	57.2	983	63.5	1092	69.4		
MBL 26 - 140			140	15.7	35.0	550	56.0	879	63.0	989	70.0	1099	76.9		
MBL 26 - 152			152	14.7	38.0	559	60.8	894	68.4	1005	76.0	1117	83.0		
MBL 26 - 178			178	12.7	44.5	565	71.2	904	80.1	1017	89.0	1130	98.6		
MBL 26 - 203			203	10.8	50.8	549	81.2	877	91.4	987	101.5	1096	111.9		
MBL 26 - 305			5,50 x 2,50		305	7.4	76.3	565	122.0	903	137.3	1016	152.5	1129	165.4

Ref.	D <sub>H</sub>	D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	R	A		B		C		D		E		
	Hole Diameter b x h	Rod Diameter	Free Length	Spring Constant ± 10%	25% L <sub>0</sub> + 3.000.000	40% L <sub>0</sub> ~ 1.500.000	45% L <sub>0</sub> 300 - 500.000	50% L <sub>0</sub> 100 - 200.000	Do not use		Do not use		aprox.		
	mm	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm		
MBL 32 - 038	32	16	38	88.3	9.5	839	15.2	1342	17.1	1510	19.0	1678	19.2		
MBL 32 - 044			44	76.5	11.0	842	17.6	1346	19.8	1515	22.0	1683	22.4		
MBL 32 - 051			51	60.8	12.8	778	20.4	1240	23.0	1395	25.5	1550	25.8		
MBL 32 - 064			64	49.0	16.0	784	25.6	1254	28.8	1411	32.0	1568	33.1		
MBL 32 - 076			76	41.2	19.0	783	30.4	1252	34.2	1409	38.0	1566	39.9		
MBL 32 - 089			89	35.3	22.3	787	35.6	1257	40.1	1414	44.5	1571	47.1		
MBL 32 - 102			102	30.4	25.5	775	40.8	1240	45.9	1395	51.0	1550	54.4		
MBL 32 - 115			115	27.5	28.8	792	46.0	1265	51.8	1423	57.5	1581	61.1		
MBL 32 - 127			127	23.5	31.8	747	50.8	1194	57.2	1343	63.5	1492	68.2		
MBL 32 - 140			140	21.6	35.0	756	56.0	1210	63.0	1361	70.0	1512	75.7		
MBL 32 - 152			152	19.6	38.0	745	60.8	1192	68.4	1341	76.0	1490	82.3		
MBL 32 - 178			178	17.7	44.5	788	71.2	1260	80.1	1418	89.0	1575	97.3		
MBL 32 - 203			203	14.7	50.8	747	81.2	1194	91.4	1343	101.5	1492	110.2		
MBL 32 - 254			254	12.7	63.5	806	101.6	1290	114.3	1452	127.0	1613	137.9		
MBL 32 - 305	305	9.8	76.3	748	122.0	1196	137.3	1345	152.5	1495	163.8				
MBL 38 - 051	38,5	19,5	51	71.4	12.8	042	20.4	1661	23.0	1639	25.5	2076	26.3		
MBL 38 - 064			64	62.8	16.0	1005	25.6	1608	28.8	1809	32.0	2010	33.1		
MBL 38 - 076			76	51.0	19.0	969	30.4	1550	34.2	1744	38.0	1938	39.9		
MBL 38 - 089			89	43.1	22.6	961	35.6	1534	40.1	1726	44.5	1918	47.4		
MBL 38 - 102			102	36.3	25.5	926	40.8	1481	45.9	1666	51.0	1851	54.7		
MBL 38 - 115			115	32.4	28.8	933	46.0	1490	51.8	1677	57.5	1863	61.4		
MBL 38 - 127			127	29.4	31.8	935	50.8	1494	57.2	1680	63.5	1867	68.1		
MBL 38 - 140			140	27.0	35.0	945	56.0	1512	63.0	1701	70.0	1890	76.8		
MBL 38 - 152			152	24.5	38.0	931	60.8	1490	68.4	1676	76.0	1862	82.5		
MBL 38 - 178			178	21.6	44.5	961	71.2	1539	80.1	1730	89.0	1922	97.9		
MBL 38 - 203			203	18.6	50.8	945	81.2	1510	91.4	1699	101.5	1888	110.3		
MBL 38 - 254			254	14.7	63.5	933	101.6	1494	114.3	1680	127.0	1867	140.0		
MBL 38 - 305			305	10.8	76.3	824	122.0	1318	137.3	1482	152.5	1647	164.1		
MBL 51 - 064			51	25,5	64	156.9	16.0	2510	25.6	4017	28.8	4519	32.0	5021	32.1
MBL 51 - 076	76	132.4			19.0	2516	30.4	4025	34.2	4528	38.0	5031	41.2		
MBL 51 - 089	89	114.7			22.3	2558	35.6	4083	40.1	4594	44.5	5104	48.1		
MBL 51 - 102	102	98.1			25.5	2502	40.8	4002	45.9	4503	51.0	5003	54.7		
MBL 51 - 115	115	87.3			28.8	2514	46.0	4016	51.8	4518	57.5	5020	62.2		
MBL 51 - 127	127	77.5			31.8	2465	50.8	3937	57.2	4429	63.5	4921	69.4		
MBL 51 - 140	140	69.6			35.0	2436	56.0	3898	63.0	4385	70.0	4872	76.8		
MBL 51 - 152	152	64.7			38.0	2459	60.8	3934	68.4	4425	76.0	4917	81.9		
MBL 51 - 178	178	53.0			44.5	2359	71.2	3774	80.1	4245	89.0	4717	98.1		
MBL 51 - 203	203	47.1			50.8	239	81.2	3825	91.4	4303	101.5	4781	112.5		
MBL 51 - 254	254	37.5			63.5	2381	101.6	3810	114.3	4286	127.0	4763	141.2		
MBL 51 - 305	305	31.4			76.3	2396	122.0	3831	137.3	4310	152.5	4789	169.9		
MBL 63 - 076	63	38			76	189.3	19.0	3597	30.4	5755	34.2	6474	38.0	7193	38.4
MBL 63 - 089					89	156.9	22.3	3499	35.6	5586	40.1	6284	44.5	6982	46.0
MBL 63 - 102			102	133.4	25.5	3402	40.8	5443	45.9	6123	51.0	6803	52.8		
MBL 63 - 115			115	116.7	28.8	3361	46.0	5368	51.8	6039	57.5	6710	59.7		
MBL 63 - 127			127	104.0	31.8	3307	50.8	5283	57.2	5944	63.5	6604	67.4		
MBL 63 - 140			140	93.1	35.0	3259	56.0	5214	63.0	5865	70.0	6517	74.7		
MBL 63 - 152			152	84.3	38.0	3203	60.8	5125	68.4	5766	76.0	6407	81.9		
MBL 63 - 178			178	82.6	44.5	3231	71.2	5169	80.1	6616	89.0	6461	98.5		
MBL 63 - 203			203	62.8	50.8	3190	81.2	5099	91.4	5737	101.5	6374	109.1		
MBL 63 - 254			254	47.1	63.5	2991	101.6	4785	114.3	5384	127.0	5982	140.2		
MBL 63 - 305			305	38.2	76.3	2915	122.0	4660	137.3	5243	152.5	5826	162.9		

## Sección hilo ovalada

### Muelles carga mediana. Color plateado-rojo

- C** MOLLES CÀRREGA MITJANA. COLOR PLATEJAT-VERMELL
- GB** MEDIUM LOAD SPRINGS. SILVER-RED COLOR
- F** RESSORTS CHARGE MOYENNE. ARGENT-ROUGE
- D**



Ref.	D <sub>H</sub>	D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	R	A		B		C		D		E
	Hole Diameter b x h	Rod Diameter	Free Length	Spring Constant ± 10%	20% L <sub>0</sub> + 3.000.000	25% L <sub>0</sub> ~ 1.500.000	31% L <sub>0</sub> 300 - 500.000	37% L <sub>0</sub> 100 - 200.000	Do not use		Do not use		aprox.
	mm	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm
MHR 10 - 032	9,5	4,7	32	15.2	6.4	97	8.0	122	9.9	151	11.8	179	14.2
MHR 10 - 038			38	13.2	7.6	100	9.5	125	11.8	155	14.1	186	16.8
MHR 10 - 044			44	11.3	8.8	99	11.0	124	13.6	154	16.3	184	19.4
MHR 10 - 051			51	8.4	10.2	86	12.8	108	15.8	133	18.9	159	23.4
MHR 10 - 064			64	7.2	12.8	92	16.0	115	19.8	143	23.7	171	28.2
MHR 10 - 076			76	5.8	15.2	88	19.0	110	23.6	137	28.1	163	34.2
MHR 10 - 305	1,90 x 1,30		305	1.5	61.0	91	76.3	114	94.6	142	112.9	169	133.8

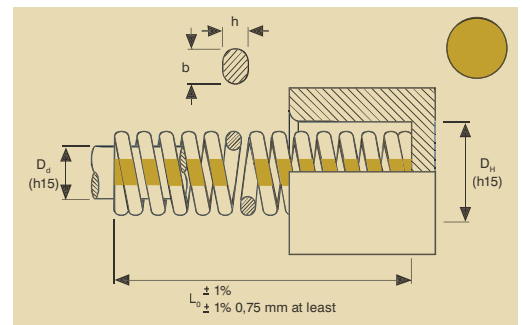


Ref.	$D_H$	$D_d$	$L_0$	R	A		B		C		D		E
	Hole Diameter	Rod Diameter			Free Length	Spring Constant	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	
	b x h	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm
MHR 51 - 064			64	210.8	12.8	2698	16.0	3373	19.8	4182	23.7	4996	27.3
MHR 51 - 076			76	171.6	15.2	2608	19.0	3260	23.6	4043	28.1	4822	31.1
MHR 51 - 089			89	142.2	17.8	2531	22.3	3171	27.6	3923	32.9	4678	38.2
MHR 51 - 102			102	119.6	20.4	2440	25.5	3050	31.6	3782	37.7	4509	43.5
MHR 51 - 115			115	107.9	23.0	2482	28.8	3108	35.7	3847	42.6	4597	48.3
MHR 51 - 127	51	25.5	127	100.0	25.4	2540	31.8	3180	39.4	3937	47.0	4700	55.1
MHR 51 - 140			140	90.2	28.0	2526	35.0	3157	43.4	3915	51.8	4672	61.4
MHR 51 - 152			152	84.3	30.4	2563	38.0	3203	47.1	3972	56.2	4738	67.5
MHR 51 - 178			178	71.1	35.6	2531	44.5	3164	55.2	3923	65.9	4685	79.1
MHR 51 - 203			203	61.8	40.6	2509	50.8	3139	62.9	3889	75.1	4641	89.2
MHR 51 - 254			254	49.5	50.8	2515	63.5	3143	78.7	3898	94.0	4653	113.2
MHR 51 - 305			305	43.1	61.0	2629	76.3	3289	94.6	4075	112.9	4866	143.4
MHR 63 - 076	11.40 x 5.80		76	300.1	15.2	4562	19.0	5702	23.6	7070	28.1	8433	29.3
MHR 63 - 089			89	240.3	17.8	4277	22.3	5359	27.6	6630	32.9	4906	36.1
MHR 63 - 102			102	211.8	20.4	4321	25.5	5401	31.6	6697	37.7	4985	43.9
MHR 63 - 115			115	188.3	23.0	4331	28.8	5423	35.7	6713	42.6	8022	48.4
MHR 63 - 127			127	162.8	25.4	4135	31.8	5177	39.4	6409	47.0	7652	55.2
MHR 63 - 140	63	38	140	156.9	28.0	1393	35.0	5491	43.4	6809	51.8	8127	63.9
MHR 63 - 152			152	147.1	30.4	4472	38.0	5590	47.1	6931	56.2	8267	66.0
MHR 63 - 178			178	108.9	35.6	3877	44.5	4846	55.2	6009	65.9	7177	76.9
MHR 63 - 203			203	94.1	40.6	3820	50.8	4780	62.9	5922	75.1	7067	86.7
MHR 63 - 229			229	86.3	45.8	3953	57.2	4945	71.0	6126	84.7	7310	99.0
MHR 63 - 254			254	75.5	50.8	3835	63.5	4794	78.7	5945	94.0	7097	112.2
MHR 63 - 305	11.50 x 9.70		305	64.7	61.0	3947	76.3	4937	94.6	6117	112.9	7305	132.9

## Sección hilo ovalada

### Muelles carga fuerte. Color plateado-oro

- C** MOLLES CÀRREGA FORTA. COLOR PLATEJAT-OR
- GB** HEAVY LOAD SPRINGS. SILVER-GOLD COLOR
- F** RESSORTS CHARGE FORTE. ARGENT-OR
- D**



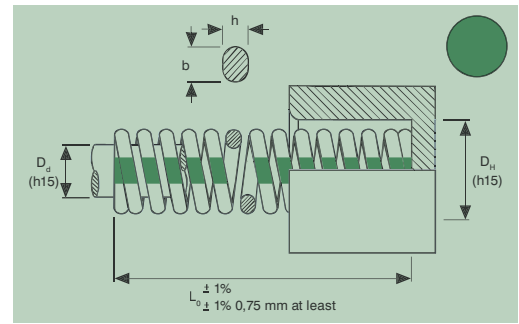
Ref.	$D_H$	$D_d$	$L_0$	R	A		B		C		D		E
	Hole Diameter	Rod Diameter			Free Length	Spring Constant	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	
	b x h	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm
HGO 10 - 032			32	18.6	4.8	89	6.4	119	8.0	149	9.6	179	12.1
HGO 10 - 038			38	15.9	5.7	91	7.6	121	9.5	151	11.4	181	13.2
HGO 10 - 044			44	13.7	6.6	90	8.8	121	11.0	151	13.2	181	15.1
HGO 10 - 051			51	11.8	7.7	91	10.2	120	12.8	150	15.3	180	19.5
HGO 10 - 064			64	8.8	9.6	84	12.8	113	16.0	141	19.2	169	21.8
HGO 10 - 076			76	6.4	11.4	73	15.2	97	19.0	122	22.8	146	27.9
HGO 10 - 305	1.90 x 1.50		305	1.7	45.8	78	61.0	104	76.3	130	91.5	156	127.2
HGO 13 - 025			25	37.3	3.8	142	5.0	187	6.3	233	7.5	280	9.8
HGO 13 - 032			32	32.5	4.8	156	6.4	208	8.0	260	9.6	312	13.6
HGO 13 - 038			38	28.4	5.7	162	7.6	216	9.5	270	11.4	324	14.6
HGO 13 - 044			44	24.5	6.6	162	8.8	216	11.0	270	13.2	323	18.1
HGO 13 - 051	13	7	51	18.6	7.7	143	10.2	190	12.8	237	15.3	285	22.3
HGO 13 - 064			64	15.7	9.6	151	12.8	201	16.0	251	19.2	301	27.3
HGO 13 - 076			76	13.7	11.4	156	15.2	208	19.0	260	22.8	312	33.1
HGO 13 - 089			89	10.8	13.4	145	17.8	192	22.3	240	26.7	288	38.9
HGO 13 - 102			102	7.4	15.3	113	20.4	151	25.5	189	30.6	226	43.8
HGO 13 - 305	2.40 x 1.90		305	3.1	45.8	142	61.0	189	76.3	236	91.5	284	139.7
HGO 16 - 025			25	78.2	3.8	297	5.0	391	6.3	489	7.5	587	8.4
HGO 16 - 032			32	49.8	4.8	287	6.4	383	8.0	398	9.6	574	10.5
HGO 16 - 038			38	41.0	5.7	291	7.6	388	9.5	390	11.4	581	13.6
HGO 16 - 044			44	43.1	6.6	284	8.8	379	11.0	474	13.2	569	15.9
HGO 16 - 051			51	38.2	7.7	294	10.2	390	12.8	487	15.3	584	18.9
HGO 16 - 064	16	8.7	64	31.4	9.6	301	12.8	402	16.0	502	19.2	603	24.9
HGO 16 - 076			76	12.5	11.4	279	15.2	372	19.0	238	22.8	559	29.2
HGO 16 - 089			89	20.6	13.4	276	17.8	367	22.3	458	26.7	550	34.5
HGO 16 - 102			102	18.6	15.3	285	20.4	379	25.5	474	30.6	569	39.1
HGO 16 - 115			115	15.7	17.3	272	23.0	361	28.8	451	34.5	542	44.0
HGO 16 - 305	3.10 x 2.50		305	5.7	45.8	261	61.0	348	76.3	435	91.5	522	103.6

Ref.	D <sub>H</sub>	D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	R	A		B		C		D		E		
	Hole Diameter b x h	Rod Diameter	Free Length	Spring Constant ± 10%	15% L <sub>0</sub> + 3.000.000	20% L <sub>0</sub> ~ 1.500.000	25% L <sub>0</sub> 300 - 500.000	30% L <sub>0</sub> 100 - 200.000	Do not use						
	mm	mm	mm	N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm		
HGO 19 - 025	19.5	9.5	25	181.4	3.8	689	5.0	907	6.3	1134	7.5	1361	8.5		
HGO 19 - 032			32	137.3	4.8	659	6.4	879	8.0	1098	9.6	1318	11.0		
HGO 19 - 038			38	107.9	5.7	615	7.6	820	9.5	1025	11.4	1230	12.7		
HGO 19 - 044			44	94.1	6.6	621	8.8	828	11.0	1035	13.2	1242	15.2		
HGO 19 - 051			51	78.5	7.7	604	10.2	801	12.8	1001	15.3	1201	17.8		
HGO 19 - 064			64	65.0	9.6	624	12.8	832	16.0	1040	19.2	1248	22.9		
HGO 19 - 076			76	56.9	11.4	649	15.2	865	19.0	1081	22.8	1297	27.8		
HGO 19 - 089			89	47.1	13.4	6341	17.8	838	22.3	1048	26.7	1258	32.1		
HGO 19 - 102			102	41.2	15.3	630	20.4	840	25.5	1051	30.6	1261	37.1		
HGO 19 - 115			115	36.3	17.3	628	23.0	835	28.8	1044	34.5	1252	43.0		
HGO 19 - 127			127	32.4	19.1	619	25.4	823	31.8	1029	38.1	1234	46.8		
HGO 19 - 140			140	29.4	21.0	617	28.0	823	35.0	1029	42.0	1235	53.1		
HGO 19 - 152			152	25.5	22.8	581	30.4	775	38.0	969	45.6	1263	56.4		
HGO 19 - 305			305	14.7	45.8	673	61.0	897	76.3	1121	91.5	1345	115.3		
HGO 26 - 025			25.5	13	25	333.4	3.8	1267	5.0	1667	6.3	2084	7.5	2501	7.7
HGO 26 - 032	32	257.4			4.8	1236	6.4	1647	8.0	2059	9.6	2471	10.6		
HGO 26 - 038	38	210.8			5.7	1202	7.6	1602	9.5	2003	11.4	2403	12.8		
HGO 26 - 044	44	176.5			6.6	1165	8.8	1553	11.0	1942	13.2	2330	15.2		
HGO 26 - 051	51	148.1			7.7	1140	10.2	1511	12.8	1888	15.3	2266	17.7		
HGO 26 - 064	64	119.6			9.6	1148	12.8	1531	16.0	1914	19.2	2296	22.9		
HGO 26 - 076	76	100.0			11.4	1140	15.2	1520	19.0	1900	22.8	2280	27.5		
HGO 26 - 089	89	83.4			13.4	1118	17.8	1485	22.3	1856	26.7	2227	32.6		
HGO 26 - 102	102	73.6			15.3	1126	20.4	1501	25.5	1877	30.6	2252	39.7		
HGO 26 - 115	115	63.7			17.3	1102	23.0	1465	28.8	1831	34.5	2198	42.7		
HGO 26 - 127	127	56.9			19.1	1087	25.4	1445	31.8	1807	38.1	2168	47.9		
HGO 26 - 140	140	51.0			21.0	1071	28.0	1428	35.0	1785	42.0	2142	52.9		
HGO 26 - 152	152	47.1			22.8	1074	30.4	1432	38.0	1790	45.6	2148	57.0		
HGO 26 - 178	178	41.2			26.7	100	35.6	1467	44.5	1833	53.4	2200	68.2		
HGO 26 - 203	203	36.3			30.5	1107	40.6	1474	50.8	1842	60.9	2211	77.4		
HGO 26 - 305	305	22.6	45.8	1035	61.0	1379	76.3	1723	91.5	2068	113.0				
HGO 32 - 038	32	16	38	362.9	5.7	2069	7.6	2758	9.5	3448	11.4	4137	12.6		
HGO 32 - 044			44	307.9	6.6	2032	8.8	2710	11.0	3387	13.2	4064	13.7		
HGO 32 - 051			51	262.8	7.7	2024	10.2	2681	12.8	3351	15.3	4021	16.0		
HGO 32 - 064			64	205.9	9.6	1977	12.8	2636	16.0	3294	19.2	3953	21.8		
HGO 32 - 076			76	171.6	11.4	1956	15.2	2608	19.0	3260	22.8	3912	26.7		
HGO 32 - 089			89	147.1	13.4	1971	17.8	2618	22.3	3273	26.7	3928	29.9		
HGO 32 - 102			102	127.5	15.3	1951	20.4	2601	25.5	3251	30.6	3902	37.1		
HGO 32 - 115			115	112.8	17.3	1951	23.0	2594	28.8	3243	34.5	3892	41.6		
HGO 32 - 127			127	121.0	19.1	1929	25.4	2565	31.8	3842	38.1	3848	45.1		
HGO 32 - 140			140	88.3	21.0	1854	28.0	2472	35.0	3091	42.0	3709	51.0		
HGO 32 - 152			152	80.9	22.8	1845	30.4	2459	38.0	3074	45.6	3689	54.6		
HGO 32 - 178			178	68.6	26.7	1832	35.6	2442	44.5	3053	53.4	3683	65.0		
HGO 32 - 203			203	59.8	30.5	1824	40.6	2428	50.8	3035	60.9	3842	75.7		
HGO 32 - 254			254	46.9	38.1	1787	50.8	2383	63.5	2978	76.2	3574	95.6		
HGO 32 - 305			305	39.2	45.8	1795	61.0	2391	76.3	2989	91.5	3587	118.0		
HGO 38 - 051	38.5	19.5	51	313.8	7.7	2416	10.2	3201	12.8	4001	15.3	4801	21.4		
HGO 38 - 064			64	230.5	9.6	2213	12.8	2750	16.0	3688	19.2	4426	28.8		
HGO 38 - 076			76	196.1	11.4	2236	15.2	2781	19.0	3726	22.8	4471	33.6		
HGO 38 - 089			89	171.6	13.4	2299	17.8	3054	22.3	3818	26.7	4582	40.3		
HGO 38 - 102			102	142.2	15.3	2176	20.4	2901	25.5	3626	30.6	4351	46.1		
HGO 38 - 115			115	124.5	17.3	2154	23.0	2864	28.8	3579	34.5	4295	52.2		
HGO 38 - 127			127	112.8	19.1	2154	25.4	2865	31.8	3581	38.1	4298	58.4		
HGO 38 - 140			140	103.0	21.0	2163	28.0	2884	35.0	3605	42.0	4326	64.5		
HGO 38 - 152			152	93.2	22.8	2125	30.4	2833	38.0	3542	45.6	4250	70.8		
HGO 38 - 178			178	80.4	26.7	2147	35.6	2862	44.5	3578	53.4	4293	82.0		
HGO 38 - 203			203	70.6	30.5	2153	40.6	2866	50.8	3583	60.9	4300	95.8		
HGO 38 - 254			254	56.9	38.1	2168	50.8	2891	63.5	3613	76.2	4336	118.6		
HGO 38 - 305			305	47.1	45.8	2157	61.0	2873	76.3	3591	91.5	4310	145.5		
HGO 51 - 064			51	25.5	64	392.3	9.6	3766	12.8	5021	16.0	6277	19.2	7532	22.5
HGO 51 - 076					76	328.5	11.4	3745	15.2	4993	19.0	6242	22.8	7490	27.2
HGO 51 - 089	89	274.6			13.4	3680	17.8	4888	22.3	6110	26.7	7332	32.0		
HGO 51 - 102	102	235.4			15.3	3602	20.4	4802	25.5	6003	30.6	7203	36.9		
HGO 51 - 115	115	205.9			17.3	3562	23.0	4736	28.8	5920	34.5	7104	42.8		
HGO 51 - 127	127	186.3			19.1	3558	25.4	4732	31.8	5915	38.1	7098	47.5		
HGO 51 - 140	140	166.7			21.0	3501	28.0	4668	35.0	5835	42.0	7001	54.2		
HGO 51 - 152	152	147.1			22.8	3354	30.4	4472	38.0	5590	45.6	6708	58.1		
HGO 51 - 178	178	127.5			26.7	3404	35.6	4539	44.5	5674	53.4	6809	69.6		
HGO 51 - 203	203	112.8			30.5	3440	40.6	4580	50.8	5725	60.9	6870	80.3		
HGO 51 - 254	254	88.3			38.1	3364	50.8	4486	63.5	5607	76.2	6728	101.7		
HGO 51 - 305	305	70.6			45.8	3233	61.0	4307	76.3	5383	91.5	6460	123.9		



Sección hilo ovalada  
Muelles carga extra-fuerte. Color plateado-verde

- C** MOLLES CÀRREGA EXTRA-FORTA. COLOR PLATEJAT-VERD
- GB** EXTRA-HEAVY LOAD SPRINGS. SILVER-GREEN COLOR
- F** RESSORTS CHARGE EXTRA-FORTE. ARGENT-VERTE
- D**



Ref.	$D_H$	$D_d$	$L_0$	R	A		B		C		D		E		
	Hole Diameter	Rod Diameter			$15\% L_0$	$20\% L_0$	$22.5\% L_0$	$25\% L_0$	Do not use						
	b x h	mm	Free Length	Spring Constant	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm		
XHG 10 - 032	9,5	4,7	32	29.7	4.8	143	6.4	190	7.2	214	8.0	238	10.9		
XHG 10 - 038			38	25.4	5.7	145	7.6	193	8.6	217	9.5	241	13.4		
XHG 10 - 044			44	20.2	6.6	133	8.8	178	9.9	200	11.0	222	13.8		
XHG 10 - 051			51	17.6	7.7	136	10.2	180	11.5	202	12.8	225	16.8		
XHG 10 - 064			64	14.0	9.6	134	12.8	179	14.4	202	16.0	224	20.2		
XHG 10 - 076			76	11.4	11.4	130	15.2	173	17.1	195	19.0	217	25.9		
XHG 10 - 305			1.97 x 1.50	305	2.6	45.8	119	61.0	159	68.6	178	76.3	198	113.5	
XHG 13 - 025			13	7	25	56.1	3.8	213	5.0	281	5.6	316	6.3	353	8.5
XHG 13 - 032					32	42.1	4.8	202	6.4	269	7.2	303	8.0	337	10.5
XHG 13 - 038					38	35.0	5.7	200	7.6	266	8.6	299	9.5	333	12.8
XHG 13 - 044	44	29.8			6.6	197	8.8	262	9.9	295	11.0	328	14.0		
XHG 13 - 051	51	24.5			7.7	198	10.2	250	11.5	281	12.8	314	16.1		
XHG 13 - 064	64	20.2			9.6	194	12.8	259	14.4	291	16.0	323	21.1		
XHG 13 - 076	76	15.8			11.4	180	15.2	240	17.1	270	19.0	300	24.5		
XHG 13 - 089	89	14.0			13.4	188	17.8	249	20.0	280	22.3	312	30.0		
XHG 13 - 102	102	10.8			15.3	165	20.4	220	23.0	248	25.5	275	35.6		
XHG 13 - 305	2.50 x 2.00	305			4.4	45.8	202	61.0	268	68.6	302	76.3	336	104.7	
XHG 16 - 025	16	8.7	25	110.3	3.8	419	5.0	552	5.6	620	6.3	695	7.8		
XHG 16 - 032			32	82.3	4.8	395	6.4	527	7.2	593	8.0	658	10.2		
XHG 16 - 038			38	66.7	5.7	380	7.6	507	8.6	570	9.5	634	12.2		
XHG 16 - 044			44	56.1	6.6	370	8.8	494	9.9	555	11.0	617	14.0		
XHG 16 - 051			51	50.8	7.7	391	10.2	518	11.5	583	12.8	650	16.6		
XHG 16 - 064			64	38.5	9.6	370	12.8	493	14.4	554	16.0	616	19.5		
XHG 16 - 076			76	31.5	11.4	359	15.2	479	17.1	539	19.0	599	25.8		
XHG 16 - 089			89	28.0	13.4	375	17.8	498	20.0	561	22.3	624	29.5		
XHG 16 - 102			102	23.6	15.3	361	20.4	481	23.0	542	25.5	602	33.9		
XHG 16 - 115			115	20.6	17.3	356	22.0	474	25.9	533	28.8	593	38.3		
XHG 16 - 305	3.10 x 2.76	305	7.8	45.8	357	61.0	476	68.6	535	76.3	595	89.9			
XHG 19 - 025	19.5	9.5	25	205.9	3.8	782	5.0	1030	5.6	1158	6.3	1297	7.1		
XHG 19 - 032			32	166.7	4.8	800	6.4	1067	7.2	1200	8.0	1334	9.4		
XHG 19 - 038			38	132.4	5.7	755	7.5	1006	8.6	1132	9.5	1258	11.6		
XHG 19 - 044			44	117.7	6.6	777	8.8	1036	9.9	1165	11.0	1295	13.9		
XHG 19 - 051			51	98.1	7.7	755	10.2	1001	11.5	1126	12.8	1256	16.2		
XHG 19 - 064			64	83.4	9.6	801	12.8	1068	14.4	1201	16.0	1334	21.5		
XHG 19 - 076			76	68.6	11.4	782	15.2	1043	17.1	1173	19.0	1303	25.0		
XHG 19 - 089			89	54.9	13.4	736	17.8	977	20.0	1099	21.8	1224	30.4		
XHG 19 - 102			102	48.1	15.3	736	20.4	981	23.0	1104	25.5	1227	34.9		
XHG 19 - 115			115	41.2	17.3	713	22.0	948	25.9	1066	28.8	1187	42.0		
XHG 19 - 127	127	38.2	19.1	730	24.0	970	28.6	1092	31.5	1215	46.4				
XHG 19 - 140	140	33.3	21.0	699	28.0	932	31.5	1049	35.0	1166	49.1				
XHG 19 - 152	152	31.4	22.8	716	30.4	955	34.2	1074	38.0	1193	53.5				
XHG 19 - 305	4.00 x 3.60	305	16.5	45.8	756	61.0	1007	68.6	1132	76.3	1259	115.0			
XHG 26 - 025	25.5	13	25	441.3	3.8	1677	5.0	2207	5.6	2482	6.3	2780	6.7		
XHG 26 - 032			32	343.2	4.8	1647	6.4	2196	7.2	2471	8.0	2746	9.5		
XHG 26 - 038			38	323.6	5.7	1845	7.6	2459	8.6	2767	9.5	3074	11.8		
XHG 26 - 044			44	264.8	6.6	1748	8.8	2330	9.9	2622	11.0	2913	14.1		
XHG 26 - 051			51	201.0	7.7	1548	10.2	2050	11.5	2306	12.8	2573	17.0		
XHG 26 - 064			64	156.9	9.6	1506	12.8	2008	14.4	2259	16.0	2510	21.0		
XHG 26 - 076			76	127.5	11.4	1454	15.2	1938	17.1	2180	19.0	2423	24.9		
XHG 26 - 089			89	107.9	13.4	1446	17.8	1921	20.0	2161	22.3	2406	29.9		
XHG 26 - 102			102	96.1	15.3	1470	20.4	1960	23.0	2205	25.5	2451	33.9		
XHG 26 - 115			115	84.3	17.3	1458	23.0	1939	25.9	2181	28.8	2428	39.1		
XHG 26 - 127	127	75.5	19.1	1442	25.4	1918	28.6	2157	31.8	2401	42.2				
XHG 26 - 140	140	63.7	21.0	1338	28.0	1784	31.5	2007	35.0	2230	47.7				
XHG 26 - 152	152	62.8	22.8	1432	30.4	1909	34.2	2148	38.0	2386	51.1				
XHG 26 - 178	178	53.9	26.7	1439	35.6	1919	40.1	2159	44.5	2399	62.1				
XHG 26 - 203	203	46.1	30.5	1406	40.6	1872	45.7	2106	50.8	2342	70.0				
XHG 26 - 305	5.50 x 4.70	305	33.3	45.8	1525	61.0	2031	68.6	2285	76.3	2541	105.5			

Ref.	D <sub>H</sub> Hole Diameter	D <sub>d</sub> Rod Diameter	L <sub>0</sub> Free Length	R Spring Constant	A 15% L <sub>0</sub>	B 20% L <sub>0</sub>	C 22.5% L <sub>0</sub>	D 25% L <sub>0</sub>	E aprox.						
	b x h mm	mm	mm	± 10% N/mm	+ 3.000.000 mm N	~ 1.500.000 mm N	300 - 500.000 mm N	100 - 200.000 mm N	Do not use mm						
XHG 32 - 038	32	16	38	470.7	5.7	2683	7.6	3577	8.6	4024	9.5	4472	10.2		
XHG 32 - 044			44	392.3	6.6	2589	8.8	3452	9.9	3884	11.0	4315	13.0		
XHG 32 - 051			51	333.4	7.7	2567	10.2	3401	11.5	3826	12.8	4268	15.3		
XHG 32 - 064			64	264.8	9.6	2542	12.8	3389	14.4	3813	16.0	4237	20.4		
XHG 32 - 076			76	215.7	11.4	2459	15.2	3279	17.1	3688	19.0	4098	23.2		
XHG 32 - 089			89	166.7	13.4	2234	17.8	2967	20.0	3338	22.3	3717	28.3		
XHG 32 - 102			102	147.1	15.3	2251	20.4	3001	23.0	3376	25.5	3751	33.4		
XHG 32 - 115			115	137.3	17.3	2375	23.0	3158	25.9	3553	28.8	3954	38.6		
XHG 32 - 127			127	127.5	19.1	2435	25.4	3239	28.6	3643	31.8	4055	41.3		
XHG 32 - 140			140	112.8	21.0	2369	28.0	3158	31.5	3553	35.0	3948	45.0		
XHG 32 - 152			152	103.0	22.8	2348	30.4	3131	34.2	3523	38.0	3914	49.9		
XHG 32 - 178			178	92.2	26.7	2462	35.6	3282	40.1	3693	44.5	4103	58.1		
XHG 32 - 203			203	75.5	34.5	2303	40.6	3065	45.7	3448	50.8	3835	66.0		
XHG 32 - 254			254	60.8	38.1	2316	50.8	3089	57.2	3475	63.5	3861	82.7		
XHG 32 - 305			305	49.0	45.8	2244	61.0	2989	68.6	3363	6.03	3739	99.5		
XHG 38 - 051	38.5	19.5	51	539.4	7.7	4153	10.2	5502	11.5	6190	12.8	6904	13.8		
XHG 38 - 064			64	460.9	9.6	4425	12.8	5900	14.4	6637	16.0	7374	19.9		
XHG 38 - 076			76	353.0	11.4	4024	15.2	5366	17.1	6036	19.0	6707	22.9		
XHG 38 - 089			89	294.2	13.4	3942	17.8	5237	20.0	5891	22.3	6561	28.9		
XHG 38 - 102			102	255.0	15.3	3902	20.4	5202	23.0	5852	25.5	6503	31.9		
XHG 38 - 115			115	255.6	17.3	3903	23.0	5189	25.9	6614	28.8	6497	36.2		
XHG 38 - 127			127	201.0	19.1	3839	25.4	5105	28.6	5744	31.8	6392	41.0		
XHG 38 - 140			140	186.3	21.0	3912	28.0	5216	31.5	5868	35.0	6521	45.3		
XHG 38 - 152			152	166.7	22.8	3801	30.4	5068	34.2	5701	38.0	6335	50.2		
XHG 38 - 178			178	147.1	26.7	3928	35.6	5237	40.1	5891	44.5	6546	57.7		
XHG 38 - 203			203	127.5	30.5	3889	40.6	5177	45.7	5824	50.8	6477	68.7		
XHG 38 - 254			254	98.1	38.1	3738	50.8	4983	57.2	5606	63.5	6229	84.3		
XHG 38 - 305			305	83.4	45.8	3820	61.0	5087	68.6	5723	76.3	6363	105.3		
XHG 51 - 064			51	25.5	64	645.3	9.6	6195	12.8	8260	14.4	9292	16.0	10325	16.5
XHG 51 - 076					76	554.1	11.4	6317	15.2	8422	17.1	9475	19.0	10528	20.9
XHG 51 - 089	89	451.1			13.4	6045	17.8	8030	20.0	9033	22.3	10060	23.9		
XHG 51 - 102	102	402.1			15.3	6152	20.4	8203	23.0	9228	25.5	10254	29.3		
XHG 51 - 115	115	343.2			17.3	5937	23.0	7894	25.9	8880	28.8	9884	32.3		
XHG 51 - 127	127	313.8			19.1	5994	25.4	7971	28.6	8967	31.8	9979	36.7		
XHG 51 - 140	140	284.4			21.0	5972	28.0	7963	31.5	8959	35.0	9954	40.7		
XHG 51 - 152	152	264.8			22.8	6037	30.4	8050	34.2	9056	38.0	10062	44.1		
XHG 51 - 178	178	225.6			26.7	6024	35.6	8031	40.1	9035	44.8	10039	51.6		
XHG 51 - 203	203	193.7			30.5	5908	40.6	7864	45.7	8847	50.8	9840	57.6		
XHG 51 - 254	254	153.0			38.1	5829	50.8	7772	57.2	8744	63.5	9716	73.3		
XHG 51 - 305	305	146.1			45.8	6691	61.0	8912	68.6	10026	76.3	11147	89.2		

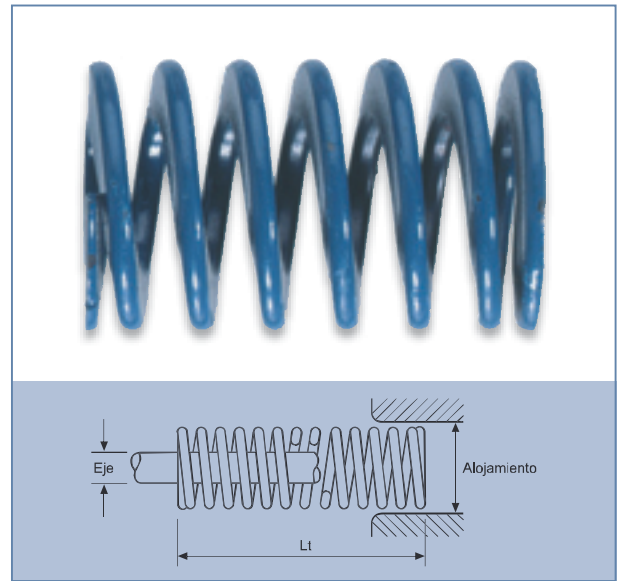
## Muelles matricería - carga ligera

- C** MOLLES PER A MATRIUS - CÀRREGA LLEUGERA  
**GB** SPRING FOR DIES - LIGHT LOAD  
**F** RESSORTS POUR MATRICES À CHARGE LÉGÈRE  
**D** FEDERN FÜR MATRIZEN MIT LEICHTER BELASTUNG

## El original

El único con mas recorrido

<b>Familia:</b>	<b>L1</b>
<b>Norma:</b>	Sistema americano adaptado ISO 10243
<b>Material:</b>	Acero cromo vanadio trefilado 52 Si Cr Ni 5
<b>Acabado:</b>	Pintura de color azul
<b>Descripción:</b>	Muelles compresión
<b>Medidas:</b>	Ver tabla
<b>Envasado:</b>	Granel
<b>Aplicación:</b>	Matrices, troqueles, moldes, termomoldeo, estampaciones metálicas y utillajes de alta resistencia



Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		25		L1S10025
		32		L1S10032
		38		L1S10038
10	4,5	44	1,7x1	L1S10044
		51		L1S10051
		64		L1S10064
		76		L1S10076
		305		L1S10305
<hr/>				
		25		L1S13025
		32		L1S13032
		38		L1S13038
		44		L1S13044
13	7	51	2,4x1,3	L1S13051
		64		L1S13064
		76		L1S13076
		89		L1S13089
		305		L1S13305
<hr/>				
		25		L1S16025
		32		L1S16032
		38		L1S16038
		44		L1S16044
16	8,5	51	3,2x1,5	L1S16051
		64		L1S16064
		76		L1S16076
		89		L1S16089
		102		L1S16102
		305		L1S16305
<hr/>				
		25		L1S19025
		32		L1S19032
		38		L1S19038
		44		L1S19044
		51		L1S19051
		64		L1S19064
19	10	76	4,1x1,9	L1S19076
		89		L1S19089
		102		L1S19102
		115		L1S19115
		127		L1S19127
		139		L1S19139
		152		L1S19152
		305		L1S19305

Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		25		L1S26025
		32		L1S26032
		38		L1S26038
		44		L1S26044
		51		L1S26051
		64		L1S26064
		76		L1S26076
26	12,5	89	5,4X2,6	L1S26089
		102		L1S26102
		115		L1S26115
		127		L1S26127
		139		L1S26139
		152		L1S26152
		178		L1S26178
		203		L1S26203
		305		L1S26305
<hr/>				
		38		L1S32038
		44		L1S32044
		51		L1S32051
		64		L1S32064
		76		L1S32076
		89		L1S32089
32	16	102	7,1X3	L1S32102
		115		L1S32115
		127		L1S32127
		139		L1S32139
		152		L1S32152
		178		L1S32178
		203		L1S32203
		254		L1S32254
		305		L1S32305

Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		51		L1S38051
		64		L1S38064
		76		L1S38076
		89		L1S38089
		102		L1S38102
		115		L1S38115
38	19	127	8,3X3,4	L1S38127
		139		L1S38139
		152		L1S38152
		178		L1S38178
		203		L1S38203
		254		L1S38254
		305		L1S38305
<hr/>				
		64		L1S51064
		76		L1S51076
		89		L1S51089
		102		L1S51102
		115		L1S51115
51	25	127	11,3x5,0	L1S51127
		139		L1S51139
		152		L1S51152
		178		L1S51178
		203		L1S51203
		254		L1S51254
		305		L1S51305

## Muelles matricería - carga media

- C** MOLLES PER A MATRIUS - CÀRREGA MITJANA
- GB** SPRING FOR DIES - MEDIUM LOAD
- F** RESSORTS POUR MATRICES À CHARGE MOYENNE
- D** FEDERN FÜR MATRIZEN MIT MITTLERER BELASTUNG

**Familia:**

**L2**

**Norma:**

Sistema americano adaptado ISO 10243

**Material:**

Acero cromo vanadio trefilado 52 Si Cr Ni 5

**Acabado:**

Pintura color rojo

**Descripción:**

Muelles compresión

**Medidas:**

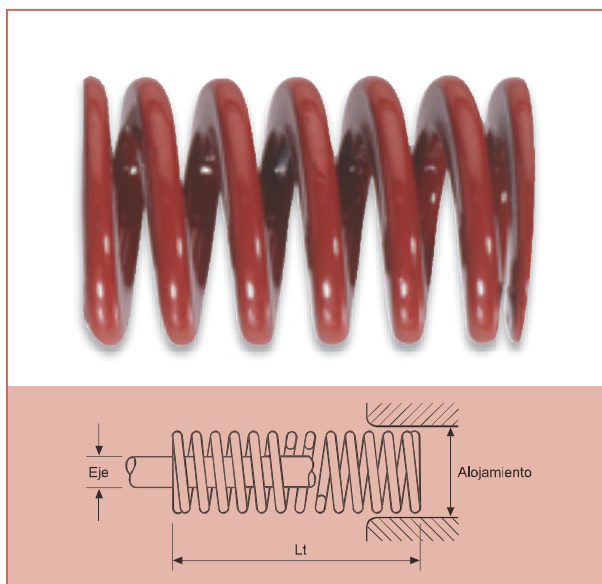
Ver tabla

**Envasado:**

Granel

**Aplicación:**

Matrices, troqueles, moldes, termomoldeo, estampaciones metálicas y utilajes de alta resistencia



Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		25		L2S10025
		32		L2S10032
		38		L2S10038
		44		L2S10044
10	4,5	51	1,8X1,1	L2S10051
		64		L2S10064
		76		L2S10076
		305		L2S10305
<hr/>				
		25		L2S13025
		32		L2S13032
		38		L2S13038
		44		L2S13044
13	7	51	2,5X1,3	L2S13051
		64		L2S13064
		76		L2S13076
		89		L2S13089
		305		L2S13305
<hr/>				
		25		L2S16025
		32		L2S16032
		38		L2S16038
		44		L2S16044
16	8,5	51	3,2X1,9	L2S16051
		64		L2S16064
		76		L2S16076
		89		L2S16089
		102		L2S16102
		305		L2S16305
<hr/>				
		25		L2S19025
		32		L2S19032
		38		L2S19038
		44		L2S19044
		51		L2S19051
		64		L2S19064
19	10	76	4,0X2,4	L2S19076
		89		L2S19089
		102		L2S19102
		115		L2S19115
		127		L2S19127
		139		L2S19139
		152		L2S19152
		305		L2S19305

Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		25		L2S26025
		32		L2S26032
		38		L2S26038
		44		L2S26044
		51		L2S26051
		64		L2S26064
		76		L2S26076
		89		L2S26089
26	12,5	102	5,4X3,0	L2S26102
		115		L2S26115
		127		L2S26127
		139		L2S26139
		152		L2S26152
		178		L2S26178
		203		L2S26203
		305		L2S26305
<hr/>				
		38		L2S32038
		44		L2S32044
		51		L2S32051
		64		L2S32064
		76		L2S32076
		89		L2S32089
		102		L2S32102
32	16	115	7,1X4,0	L2S32115
		127		L2S32127
		139		L2S32139
		152		L2S32152
		178		L2S32178
		203		L2S32203
		254		L2S32254
		305		L2S32305

Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		51		L2S38051
		64		L2S38064
		76		L2S38076
		89		L2S38089
		102		L2S38102
		115		L2S38115
38	19	127	7,8X4,7	L2S38127
		139		L2S38139
		152		L2S38152
		178		L2S38178
		203		L2S38203
		254		L2S38254
		305		L2S38305
<hr/>				
		64		L2S51064
		76		L2S51076
		89		L2S51089
		102		L2S51102
		115		L2S51115
51	25	127	10,9X5,6	L2S51127
		139		L2S51139
		152		L2S51152
		178		L2S51178
		203		L2S51203
		254		L2S51254
		305		L2S51305

# Muelles matrickería - carga fuerte

- C** MOLLES PER A MATRIUS - CÀRREGA FORTA
- GB** SPRING FOR DIES - STRONG LOAD
- F** RESSORTS POUR MATRICES À FORTE CHARGE
- D** FEDERN FÜR MATRIZEN MIT STARKER BELASTUNG

**Familia:**

**L3**

**Norma:**

Sistema americano adaptado ISO 10243

**Material:**

Acero cromo vanadio trefilado 52 Si Cr Ni 5

**Acabado:**

Pintura color oro

**Descripción:**

Muelles compresión

**Medidas:**

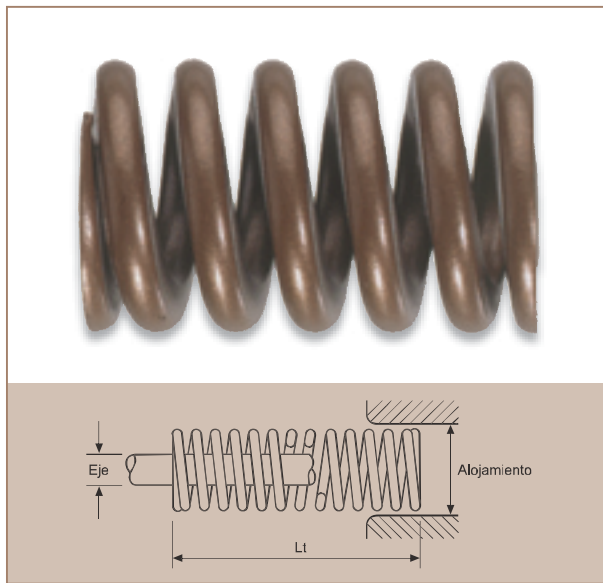
Ver tabla

**Envasado:**

Granel

**Aplicación:**

Matrices, troqueles, moldes, termomoldeo, estampaciones metálicas y utillajes de alta resistencia



Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		25		L3S10025
		32		L3S10032
		38		L3S10038
		44		L3S10044
10	4,5	51	1,8X1,4	L3S10051
		64		L3S10064
		76		L3S10076
		305		L3S10305
		25		L3S13025
		32		L3S13032
		38		L3S13038
		44		L3S13044
13	7	51	2,5X1,9	L3S13051
		64		L3S13064
		76		L3S13076
		89		L3S13089
		305		L3S13305
		25		L3S16025
		32		L3S16032
		38		L3S16038
		44		L3S16044
16	8,5	51	3,2X2,4	L3S16051
		64		L3S16064
		76		L3S16076
		89		L3S16089
		102		L3S16102
		305		L3S16305
		25		L3S19025
		32		L3S19032
		38		L3S19038
		44		L3S19044
		51		L3S19051
		64		L3S19064
19	10	76	4,1X3,2	L3S19076
		89		L3S19089
		102		L3S19102
		115		L3S19115
		127		L3S19127
		139		L3S19139
		152		L3S19152
		305		L3S19305

Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		25		L3S26025
		32		L3S26032
		38		L3S26038
		44		L3S26044
		51		L3S26051
		64		L3S26064
		76		L3S26076
		89		L3S26089
26	12,5	102	5,7X4,0	L3S26102
		115		L3S26115
		127		L3S26127
		139		L3S26139
		152		L3S26152
		178		L3S26178
		203		L3S26203
		305		L3S26305
		38		L3S32038
		44		L3S32044
		51		L3S32051
		64		L3S32064
		76		L3S32076
		89		L3S32089
		102		L3S32102
32	16	115	7,4X5,0	L3S32115
		127		L3S32127
		139		L3S32139
		152		L3S32152
		178		L3S32178
		203		L3S32203
		254		L3S32254
		305		L3S32305

Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		51		L3S38051
		64		L3S38064
		76		L3S38076
		89		L3S38089
		102		L3S38102
		115		L3S38115
38	19	127	8,7X5,7	L3S38127
		139		L3S38139
		152		L3S38152
		178		L3S38178
		203		L3S38203
		254		L3S38254
		305		L3S38305
		64		L3S51064
		76		L3S51076
		89		L3S51089
		102		L3S51102
		115		L3S51115
51	25	127	11,0X7,2	L3S51127
		139		L3S51139
		152		L3S51152
		178		L3S51178
		203		L3S51203
		254		L3S51254
		305		L3S51305

## Muelles matricería - carga extra fuerte

- C** MOLLES PER A MATRIUS - CÀRREGA EXTRA FORTA
- GB** SPRING FOR DIES - EXTRA-STRONG LOAD
- F** RESSORTS POUR MATRICES À CHARGE EXTRA-FORTE
- D** FEDERN FÜR MATRIZEN MIT EXTRA-STARKER BELASTUNG

**Familia:** L4

**Norma:** Sistema americano adaptado ISO 10243

**Material:** Acero cromo vanadio trefilado 52 Si Cr Ni 5

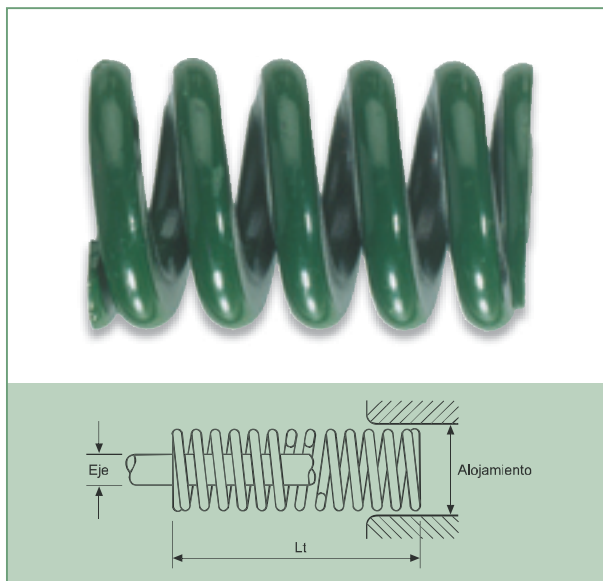
**Acabado:** Pintura color verde

**Descripción:** Muelles compresión

**Medidas:** Ver tabla

**Envasado:** Granel

**Aplicación:** Matrices, troqueles, moldes, termomoldeo, estampaciones metálicas y utillajes de alta resistencia



Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		25		L4S10025
		32		L4S10032
		38		L4S10038
		44		L4S10044
10	4,5	51	2,0X1,5	L4S10051
		64		L4S10064
		76		L4S10076
		305		L4S10305
		25		L4S13025
		32		L4S13032
		38		L4S13038
		44		L4S13044
13	7	51	2,4X2,3	L4S13051
		64		L4S13064
		76		L4S13076
		89		L4S13089
		305		L4S13305
		25		L4S16025
		32		L4S16032
		38		L4S16038
		44		L4S16044
16	8,5	51	3,2X2,8	L4S16051
		64		L4S16064
		76		L4S16076
		89		L4S16089
		102		L4S16102
		305		L4S16305
		25		L4S19025
		32		L4S19032
		38		L4S19038
		44		L4S19044
		51		L4S19051
		64		L4S19064
19	10	76	4,0X3,4	L4S19076
		89		L4S19089
		102		L4S19102
		115		L4S19115
		127		L4S19127
		139		L4S19139
		152		L4S19152
		305		L4S19305

Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		32		L4S26032
		38		L4S26038
		44		L4S26044
		51		L4S26051
		64		L4S26064
		76		L4S26076
		89		L4S26089
26	12,5	102	5,8X4,8	L4S26102
		115		L4S26115
		127		L4S26127
		139		L4S26139
		152		L4S26152
		178		L4S26178
		203		L4S26203
		305		L4S26305
		38		L4S32038
		44		L4S32044
		51		L4S32051
		64		L4S32064
		76		L4S32076
		89		L4S32089
		102		L4S32102
32	16	115	7,4X5,7	L4S32115
		127		L4S32127
		139		L4S32139
		152		L4S32152
		178		L4S32178
		203		L4S32203
		254		L4S32254
		305		L4S32305

Aloj.	Eje	Largo	Hilo	Ref.
		51		L4S38051
		64		L4S38064
		76		L4S38076
		89		L4S38089
		102		L4S38102
		115		L4S38115
38	19	127	8,7X7,6	L4S38127
		139		L4S38139
		152		L4S38152
		178		L4S38178
		203		L4S38203
		254		L4S38254
		305		L4S38305
		64		L4S51064
		76		L4S51076
		89		L4S51089
		102		L4S51102
		115		L4S51115
51	25	127	11,3X9,3	L4S51127
		139		L4S51139
		152		L4S51152
		178		L4S51178
		203		L4S51203
		254		L4S51254
		305		L4S51305

## Muelles de compresión

Titular: .....  
 Población: .....  
 Provincia: .....  
 Persona de contacto: .....

Teléfono: .....  
 Fax: .....  
 Fecha: .....

PRESUPUESTO  PEDIDO   
 (Precio y plazo de entrega)

Cantidad:  Material:  Acero normal  C. piano  Inox  Otros.....

Acabado del muelle (Zincado, superficial, galvanizado, pavonado, etc.):

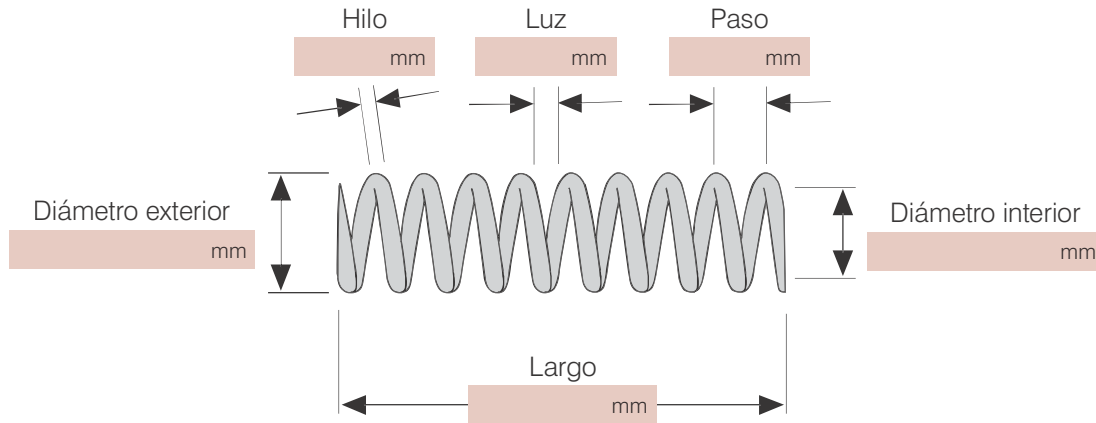
Espiras totales:  Sentido de enrollamiento:  Derecho  Izquierdo Extremos:  Refrentados (Planos)  Sin refrentar

Indicar si se ha fabricado anteriormente (núm. de factura o fecha aproximada): .....

Aplicación o iso: .....

Observaciones: .....

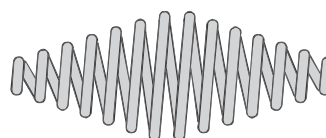
.....



Comp.



Cónico



Bi-cónico



Sin fin

En caso de no indicar el sentido de arrollamiento del muelle (derechas o izquierdas), sería indistinto, dando prioridad el sentido de arrollamiento en que se encuentre la maquina de fabricación en el momento de la confirmación del pedido, con el fin de agilizar el servicio.

## Muelles de tracción

Titular: .....  
 Población: .....  
 Provincia: .....  
 Persona de contacto: .....

Teléfono: .....  
 Fax: .....  
 Fecha: .....

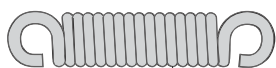
PRESUPUESTO  PEDIDO   
 (Precio y plazo de entrega)

Cantidad:  Material:  Acero normal  C. piano  Inox  Otros.....

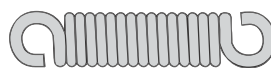
Acabado del muelle (Zincado, superficial, galvanizado, pavonado, etc.):

Sentido enrollamiento:  Derecho  Izquierdo

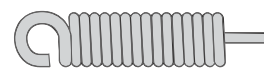
Anillas:  Ganchos:



Ganchos rectos



Ganchos invertidos

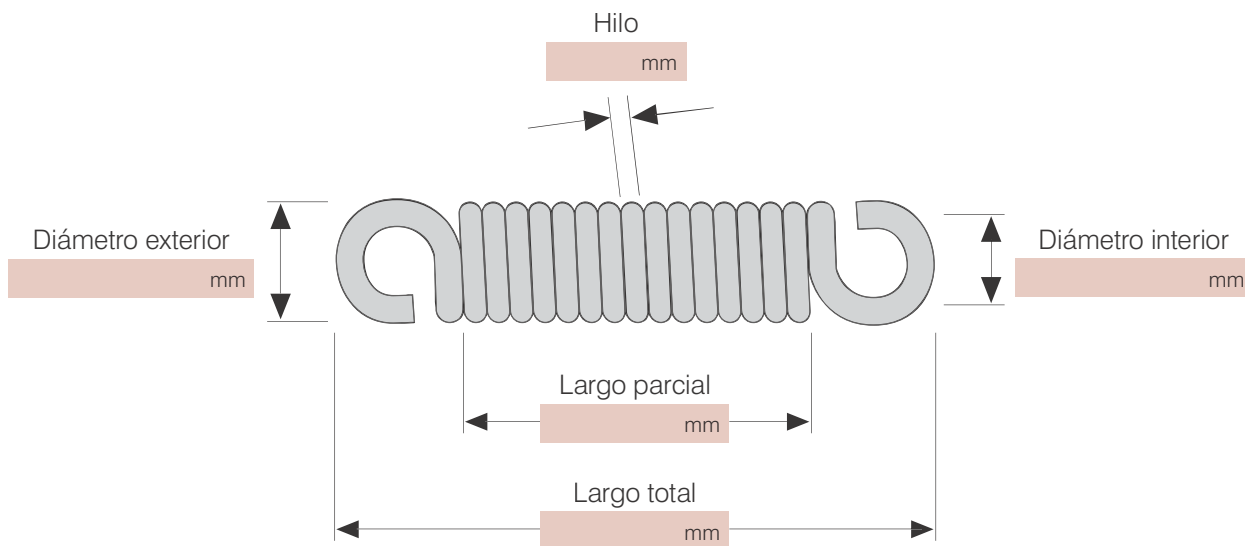


Ganchos en cruz

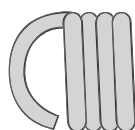
Indicar si se ha fabricado anteriormente (núm. de factura o fecha aproximada): .....

Aplicación o iso: .....

Observaciones: .....



Inglesa



Alemana



Mordaza



Giratorio

En caso de no indicar el sentido de arrollamiento del muelle (derechas o izquierdas), sería indistinto, dando prioridad el sentido de arrollamiento en que se encuentre la maquina de fabricación en el momento de la confirmación del pedido, con el fin de agilizar el servicio.



## Muelles de torsión

Titular: .....  
 Población: .....  
 Provincia: .....  
 Persona de contacto: .....

Teléfono: .....  
 Fax: .....  
 Fecha: .....

**PRESUPUESTO**  **PEDIDO**   
 (Precio y plazo de entrega)

**Cantidad:**  **Material:**  Acero normal  C. piano  Inox  Otros.....

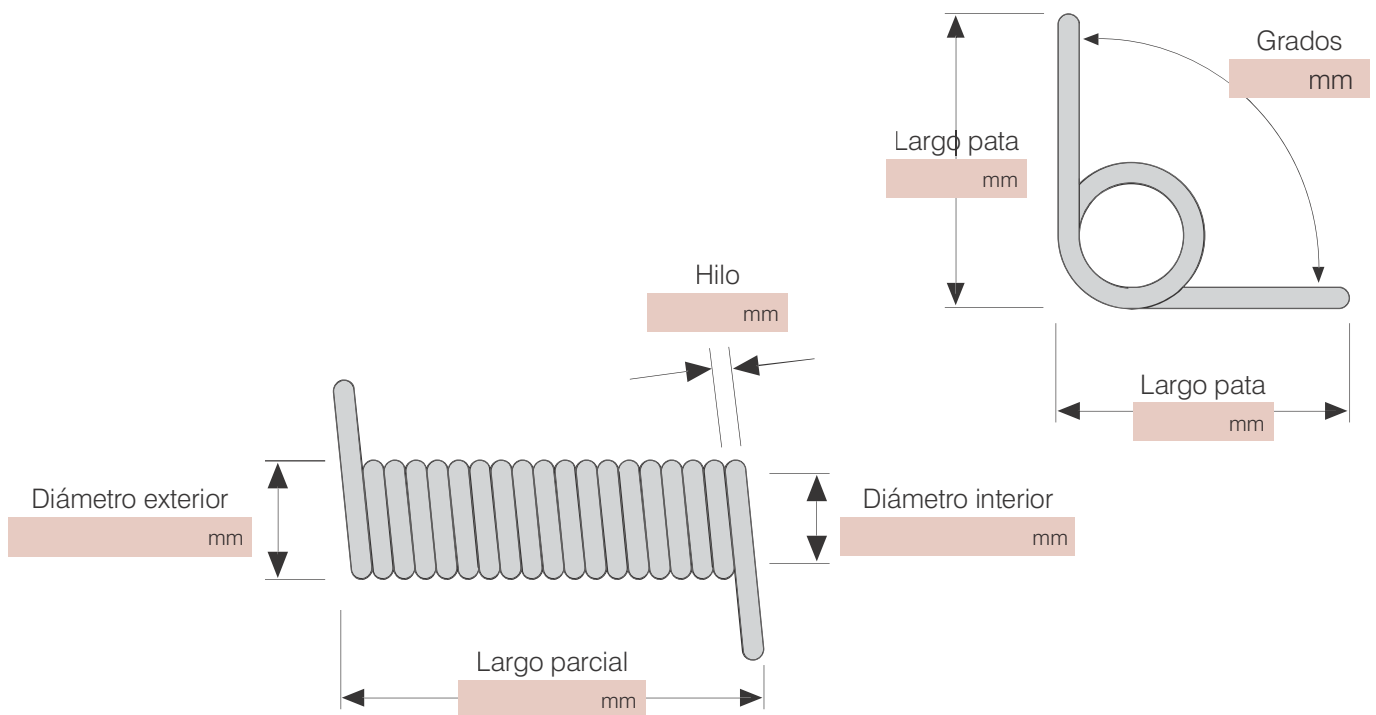
**Acabado del muelle (Zincado, superficial, galvanizado, pavonado, etc.):**

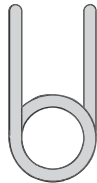
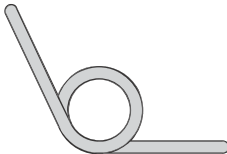
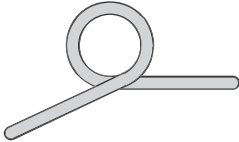

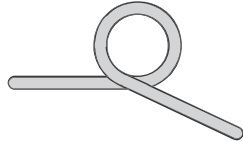
**Sentido enrollamiento:**  Derecho  Izquierdo **Largo de patas:**

**Indicar si se ha fabricado anteriormente (núm. de factura o fecha aproximada):** .....

**Aplicación o iso:** .....

**Observaciones:** .....  
 .....



-   
 Espiras con patas paralelas
-   
 Espiras a 120° de deflexión
-   
 Espiras a 210° de deflexión
-   
 Espiras a 300° de deflexión
-   
 Espiras a 200° de deflexión

En caso de no indicar el sentido de arrollamiento del muelle (derechas o izquierdas), sería indistinto, dando prioridad el sentido de arrollamiento en que se encuentre la maquina de fabricación en el momento de la confirmación del pedido, con el fin de agilizar el servicio.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

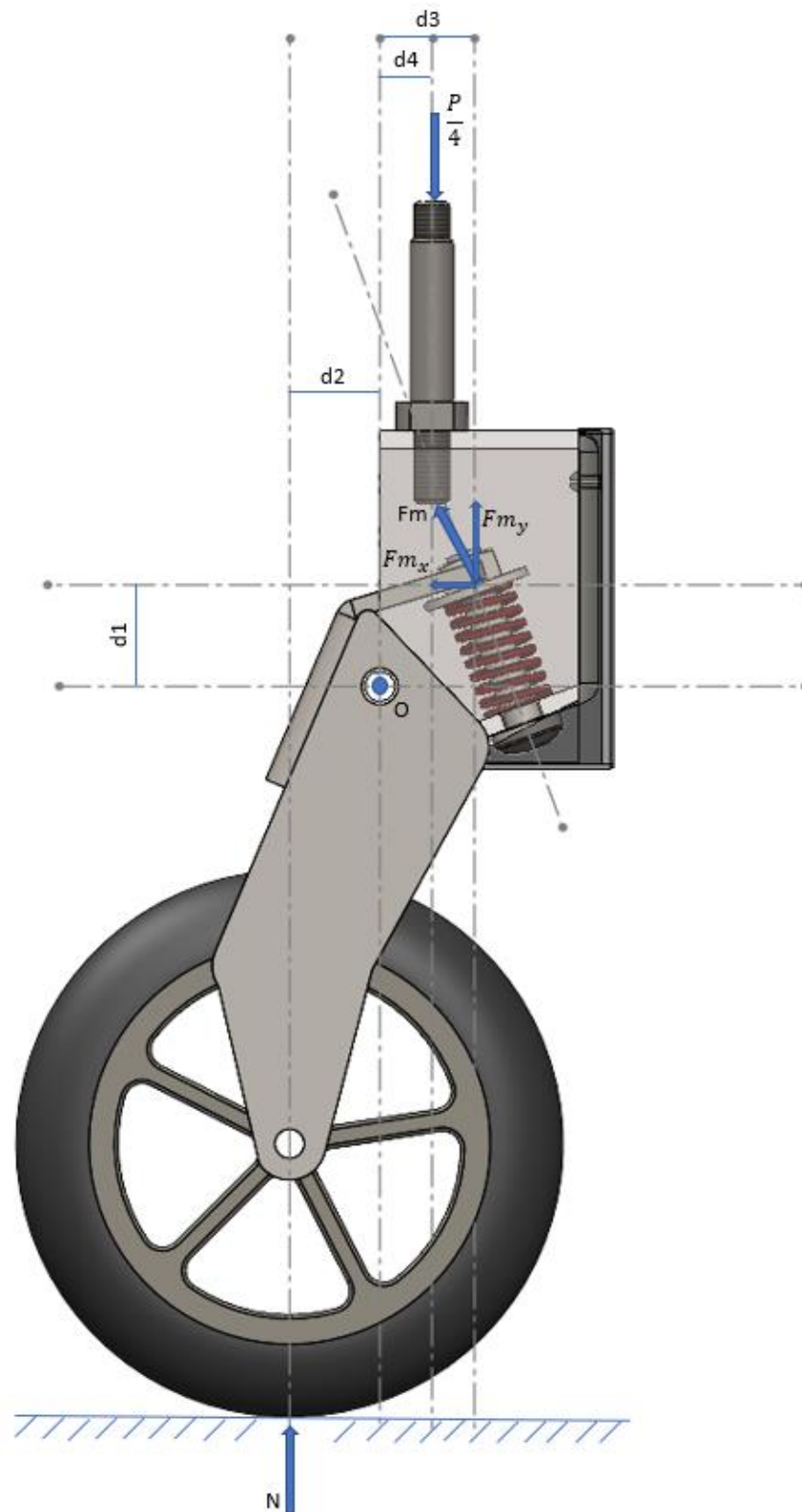
*TRABAJO FINAL DEL*

*REALIZADO POR*

*TUTORIZADO POR*

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

# 1. ANÁLISIS ESTÁTICO (1)



Datos:

$$P = 1177.2 \text{ N}$$

$$d1 = 0.01975 \text{ m}$$

$$d3 = 0.02016 \text{ m}$$

$$d2 = 0.03762 \text{ m}$$

$$d4 = 0.03713 \text{ m}$$

$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$F_{m_x} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$-\frac{P}{4} + N + F_{m_y} = 0$$

$$\sum M_o = 0 \quad (3)$$

$$F_{m_x} \cdot d1 + F_{m_y} \cdot d3 - \frac{P}{4} \cdot d4 - N \cdot d2 = 0$$

Despejando  $F_{m_y}$  en (2) queda:

$$F_{m_y} = \frac{P}{4} - N$$

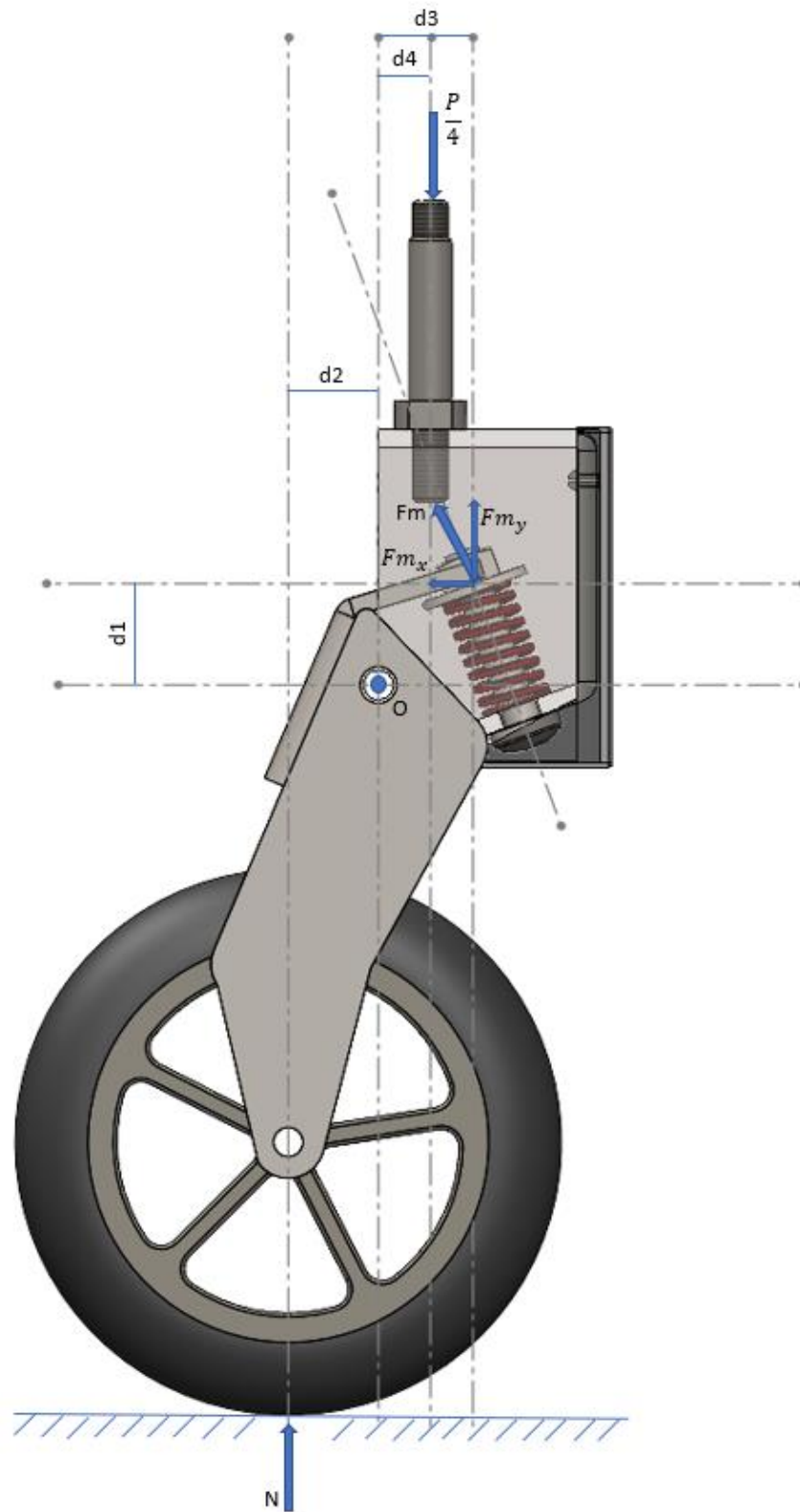
Despejando  $N$  en (3) queda:

$$N = \frac{P \cdot (d3 - d4)}{4 \cdot (d3 + d2)}$$

Sustituyendo valores en  $N$ :

$$N = \frac{1177.2 \cdot (0.02016 - 0.03713)}{4 \cdot (0.02016 + 0.03762)} = -86.44 \text{ N}$$

## 2. ANÁLISIS ESTÁTICO (2)



Datos:

$$P = 1177.2 \text{ N}$$

$$d1 = 0.02777 \text{ m}$$

$$d3 = 0.02594 \text{ m}$$

$$d2 = 0.02723 \text{ m}$$

$$d4 = 0.01426 \text{ m}$$

$$\sum F_x = 0 \tag{4}$$

$$Fm_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \tag{5}$$

$$-\frac{P}{4} + N + Fm_y = 0$$

$$\sum M_o = 0 \tag{6}$$

$$Fm_x \cdot d1 + Fm_y \cdot d3 - \frac{P}{4} \cdot d4 - N \cdot d2 = 0$$

Despejando  $Fm_y$  en (2) queda:

$$Fm_y = \frac{P}{4} - N$$

Despejando  $N$  en (3) queda:

$$N = \frac{P \cdot (d3 - d4)}{4 \cdot (d3 + d2)}$$

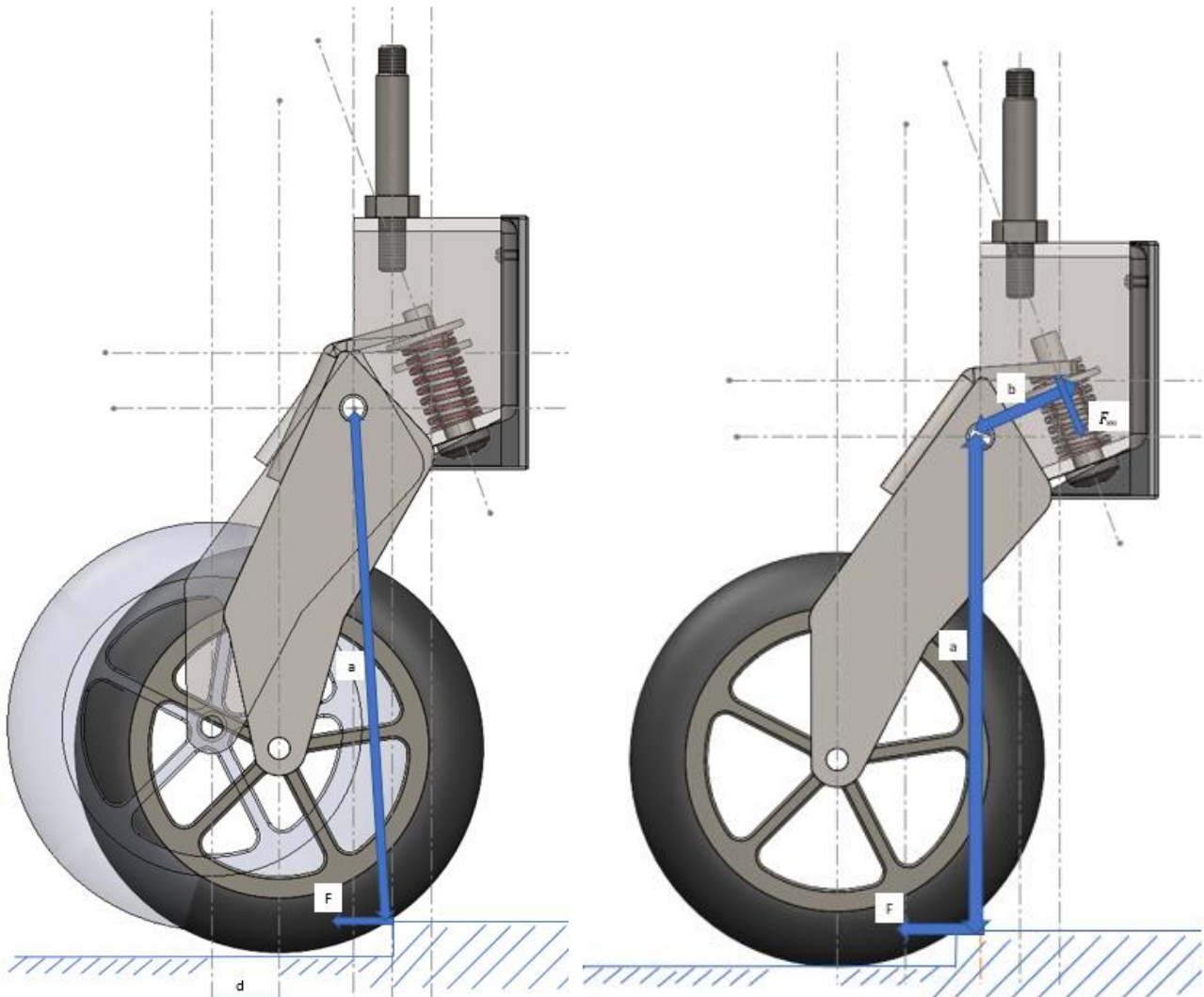
Sustituyendo valores en  $N$ :

$$N = \frac{1177.2 \cdot (0.02594 - 0.01426)}{4 \cdot (0.02594 + 0.02723)} = 64.65 \text{ N}$$

Sustituyendo el valor de N en la ecuación 2 se obtiene:

$$F_{m_y} = \frac{1177.2}{4} - 64.65 = 229.65 \text{ N}$$

### 3. ANÁLISIS DINÁMICO



Datos:

$$a = 0.17684 \text{ m}$$

$$v = 1.25 \text{ m/s}$$

$$m = 30 \text{ kg}$$

$$b = 0.015 \text{ m}$$

$$d = 0.015 \text{ m}$$

$$\theta = 20^\circ$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (7)$$

$$W = F \cdot d \quad (8)$$

Para calcular la fuerza de golpeo se igualan la energía cinética y el trabajo, resultando:

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot v^2}{d} = \frac{1}{2} \cdot \frac{30 \cdot 1.25^2}{0.015} = 132.53 \text{ N}$$

Utilizando el método de la palanca se calcula la fuerza resultante sobre el muelle:

$$F \cdot d = F' \cdot d' \quad (9)$$

$$F \cdot a = F_m \cdot b$$

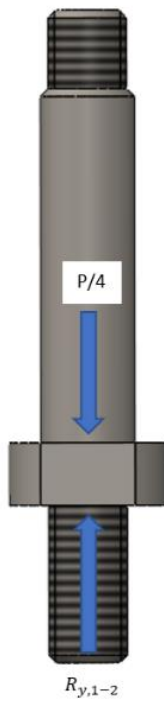
Resultando:

$$F_m = \frac{F \cdot a}{b} = \frac{132.53 \cdot 0.17684}{0.015} = 1562.44 \text{ N}$$



## 4. DIAGRAMAS DEL SÓLIDO LIBRE

Pieza 1



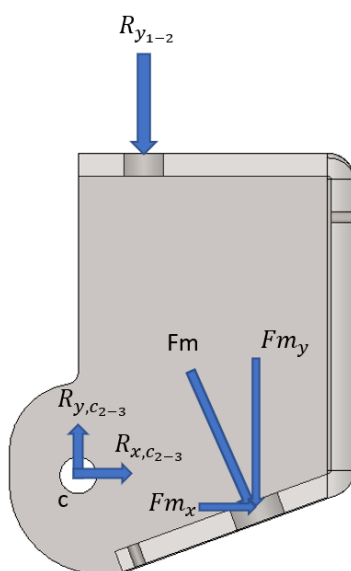
$$\sum F_y = 0 \quad (10)$$

$$-\frac{P}{4} + R_{y,1-2} = 0$$

$$R_{y,1-2} = \frac{-P}{4}$$

$$R_{y,1-2} = 294 \text{ N}$$

Pieza 2



$$\sum F_x = 0 \quad (11)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (12)$$

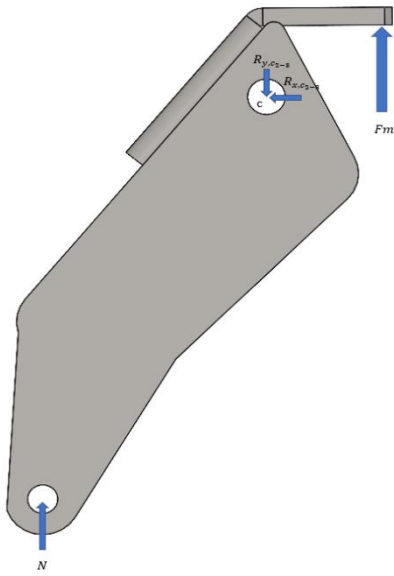
$$Fm_x - R_{x,c_{2-3}} = 0 \quad \longrightarrow \quad R_{x,c_{2-3}} = 0$$

$$Fm_y = Fm \cdot \sin(\theta) = 1562.44 \cdot \sin(20) = 534.39 \text{ N}$$

$$-R_{y,1-2} - Fm_y + R_{y,c_{2-3}} = 0$$

$$R_{y,c_{2-3}} = R_{y,1-2} + Fm_y = 294.3 + 534.39 = 828.69 \text{ N}$$

Pieza 3



$$-R_{x,C_{2-3}} = 0$$

$$-R_{y,C_{2-3}} = 828.69 \text{ N}$$