



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS

Iván Alzueta Alfaro

Pedro Villanueva Roldán

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

# Índice

1.- Introducción.....	6
1.1.- Antecedentes .....	6
1.2.- Robots móviles .....	8
1.3.- Planteamiento del problema.....	10
1.4.- Objetivos.....	10
2.- Concepto de Diseño.....	11
2.1.- Metodología de diseño.....	12
3.- Justificación de la necesidad .....	14
3.1.- Elección del producto a diseñar .....	15
4.- Investigación del mercado .....	16
4.1. Segmentación del mercado .....	17
Criterios de segmentación .....	17
4.2 – Encuesta .....	18
ENCUESTA .....	20
4.3.- Resultados y conclusiones de la encuesta.....	22
4.4.- Análisis DAFO .....	24
Debilidades .....	25
Amenazas .....	25
Fortalezas.....	26
Oportunidades.....	26
4.5.- Estrategia de Marketing Mix .....	28
Producto.....	28
Precio.....	28
Promoción.....	28
Distribución .....	29
4.6.- Definición de la estrategia .....	29
5.- Especificaciones de diseño de producto .....	30
5.1.- Análisis de la competencia .....	30
Categorías .....	30
Empresas de la competencia.....	32
5.2.- Productos análogos .....	36
Andador .....	36
Bastón inglés (muletas) .....	37
5.3 - Proceso de fabricación .....	38
Hidroconformado .....	38
Ventajas frente a las alternativas tradicionales.....	40

5.4 - Tecnología .....	41
Curvadora .....	41
Línea de corte .....	41
Punzonadora automática.....	42
Lavado de tubos.....	43
5.5 - Patentes .....	44
La silla de ruedas que salva obstáculos .....	44
Soluciones adoptadas.....	46
Autoría de patentes .....	48
6.- Pliego de condiciones funcional.....	49
6.1.- Método RED .....	49
6.1.1.- Búsqueda Intuitiva .....	50
6.1.2.- Estudio del ciclo vital y del entorno.....	51
6.1.3.- El método SAFE (Sequential Analysis of Functional Elements).....	54
6.1.4.- Movimientos y esfuerzos .....	54
6.1.5.- Productos de referencia .....	57
6.1.6.- Normas y reglamentos.....	57
6.2.- Pliego de necesidades .....	58
7.- Priorización de requerimientos funcionales .....	60
7.1.- Funciones primarias .....	60
7.2.- Funciones secundarias .....	60
7.3.- Funciones terciarias .....	61
8.- QFD .....	62
8.1.- Expectativas del cliente .....	63
8.2.- Jerarquización de las expectativas del cliente.....	67
8.3.- Definición del producto. Funciones.....	69
Pareto de necesidades del cliente .....	72
Pareto de parámetros de diseño .....	73
Análisis de brecha.....	74
9.- Diseño Conceptual.....	78
9.1.- Chasis.....	78
9.1.1.-Boceto 1 .....	79
9.1.2.-Boceto 2 .....	79
9.2.- Reposabrazos .....	80
9.2.1.- Boceto 1 .....	80
9.2.2.- Boceto 2 .....	80
9.2.3.- Boceto 3 .....	80
9.3.- Ruedas.....	81

9.3.1.- Boceto 1 .....	81
9.3.2.- Boceto 2 .....	81
9.3.3.- Boceto 3 .....	82
9.4.- Selección del Diseño Conceptual .....	82
9.5.- Diseño seleccionado .....	84
10.- AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) .....	85
a) Índice de Gravedad (G) .....	86
b) Índice de Ocurrencia (O).....	86
c) Índice de Detección (D) .....	87
d) Número de Prioridad de Riesgo (NPR).....	87
10.1.- Análisis de funciones de un producto .....	87
11.- Diseño preliminar .....	94
11.1.- Prototipado y selección de materiales.....	94
Estereolitografía .....	96
Sinterización por láser .....	97
Procesos basados en la fotopolimerización .....	98
Prototipado por impresión .....	100
Proceso de deposición de hilo fundido.....	101
Proceso de fabricación de objetos laminados .....	102
Procesos de fabricación por deposición y mecanizado .....	103
11.2.- Ventajas que representan algunas de las técnicas .....	104
Estereolitografía .....	104
Sinterización selectiva por láser .....	104
Fabricación por corte y laminado .....	104
Deposición de hilo fundido .....	104
11.3.- Pruebas y ensayos .....	105
12.- Diseño en detalle .....	107
12.1.- Diseño de la silla de ruedas.....	107
Chasis .....	107
Reposapiés.....	108
Reposabrazos y control remoto .....	110
Ruedas traseras .....	113
Ruedas delanteras .....	113
12.2.- Materiales.....	115
12.2.1. Propiedades Físicas .....	115
12.3.- Validación de diseño.....	117
Chasis .....	117
Reposabrazos.....	119



12.4.- Análisis de resultados .....	123
13.- Crítica al proceso de diseño.....	125
14.- Conclusiones.....	126
ANEXO .....	127
PLANOS.....	154
Bibliografía .....	169

## 1.- Introducción

Este documento recoge la memoria correspondiente al Proyecto final de Carrera del alumno Iván Alzueta Alfaro, estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Pública de Navarra (UPNA).

Más adelante se hablará del contenido con más detalle, pero hay que saber que se trata del diseño de un sistema de elevación de sillas de ruedas para evitar obstáculos tanto para obtener una mayor suspensión como para subir un nivel. Esto implica el diseño completo de la silla de ruedas así como del sistema de elevación y todos los elementos que unen la silla con su sistema elevador.

Este proyecto se ha desarrollado en el ámbito del diseño del nuevo sistema, analizando así la competencia actual, estudiando el mercado y diseñando el sistema elevador con todos sus componentes. Todo este proceso se ha desarrollado con el objetivo de ofrecer al consumidor un producto de altas prestaciones a un precio accesible.

En este capítulo se dará una breve introducción a los robots, sus antecedentes y las características de alguno de ellos, considerando como especiales a los robots móviles, y finalmente se describirá el problema y los objetivos de este proyecto.

### 1.1.- Antecedentes

Por siglos, el ser humano ha construido máquinas que imitan partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses; los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicos, los cuales eran utilizados para fascinar a los adoradores de los templos.

El inicio de la robótica actual puede fijarse en la industria textil del siglo XVIII, cuando Joseph Jacquard inventa en 1801 una máquina textil programable mediante tarjetas perforadas. Luego, la Revolución Industrial impulsó el desarrollo de estos agentes mecánicos. Además de esto, durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots. Jacques de Vaucansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos.

La palabra robot se utilizó por primera vez en 1920 en una obra llamada "Los Robots Universales de Rossum", escrita por el dramaturgo checo Karel Capek. Su trama trataba sobre un hombre que fabricó un robot y luego este último mata al hombre. La palabra checa 'Robota' significa servidumbre o trabajado forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot.

Luego, Isaac Asimov comenzó en 1939 a contribuir con varias relaciones referidas a robots y a él se le atribuye el acuñamiento del término Robótica y con él surgen las denominadas "Tres Leyes de Robótica" que son las siguientes:

- Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.
- Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.

- Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes.

Son varios los factores que intervienen para que se desarrollaran los primeros robots en la década de los cincuenta. La investigación en inteligencia artificial desarrolló maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas e inventó una variedad de mecanismos para probar sus teorías. Las primeras patentes aparecieron en 1946 con los muy primitivos robots para traslado de maquinaria de Devol. También en ese año aparecen las primeras computadoras. En 1954, Devol diseña el primer robot programable.

En 1960 se introdujo el primer robot "Unimate", basada en la transferencia de artículos.

En 1961 un robot Unimate se instaló en la Ford Motors Company para atender una máquina de fundición de troquel.

En 1966 Trallfa, una firma noruega, construyó e instaló un robot de pintura por pulverización. En 1971 El "Standford Arm", un pequeño brazo de robot de accionamiento eléctrico, se desarrolló en la Standford University. En 1978 Se introdujo el robot PUMA para tareas de montaje por Unimation, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la General Motors.

Actualmente, el concepto de robótica ha evolucionado hacia los sistemas móviles autónomos, que son aquellos que son capaces de desenvolverse por sí mismos en entornos desconocidos y parcialmente cambiantes sin necesidad de supervisión.

En los setenta, la NASA inició un programa de cooperación con el Jet Propulsion Laboratory para desarrollar plataformas capaces de explorar terrenos hostiles.

En la actualidad, la robótica se debate entre modelos sumamente ambiciosos, como es el caso del IT, diseñado para expresar emociones, el COG, también conocido como el robot de cuatro sentidos, el famoso SOUJOURNER o el LUNAR ROVER, vehículo de turismo con control remoto, y otros mucho más específicos como el CYPHER, un helicóptero robot de uso militar, el guardia de tráfico japonés ANZEN TARO o los robots mascotas de Sony.

En general la historia de la robótica la podemos clasificar en cinco generaciones: las dos primeras, ya alcanzadas en los ochenta, incluían la gestión de tareas repetitivas con autonomía muy limitada. La tercera generación incluiría visión artificial, en lo cual se ha avanzado mucho en los ochenta y noventa. La cuarta incluye movilidad avanzada en exteriores e interiores y la quinta entraría en el dominio de la inteligencia artificial en lo cual se está trabajando actualmente.

## 1.2.- Robots móviles

Los robots, se pueden clasificar, atendiendo a la actividad realizada por ellos, en robots promocionales, médicos, domésticos, industriales, etc.

Los robots más importantes utilizados por la humanidad, son los robots médicos. Entre estos podemos nombrar a las prótesis con energía mioeléctrica y el procesamiento de estas señales generadas por el cuerpo humano para lograr el control por medio de un microcontrolador, los exoesqueletos (esqueletos robóticos en todo el cuerpo), brazos robóticos teledirigidos utilizados en operaciones quirúrgicas. Otro ámbito desarrollado es el doméstico, donde cada vez se investiga más sobre ello, para ayudar a realizar las tareas del hogar (limpiar la casa por sí solo, lavadoras automáticas, lavavajillas, etc).

La necesidad del desarrollo de robots móviles surge como parte del desarrollo de la robótica. Esto hace una disminución de la intervención humana, así como los fallos posibles que puedan surgir. Así, el robot es más exacto y podría sustituir en un futuro la mayor parte del trabajo de las personas, ampliando la capacidad de movimiento de estos.

La robótica móvil se desarrolló en los años treinta, pero hasta los años ochenta, con el incremento de la computación y el desarrollo de nuevos sensores, mecanismos y sistemas de control, no se aumentó la autonomía.

Los robots móviles se dividen en dos grandes grupos: para navegación externa y para interiores. Ambos tienen como función reaccionar y tomar decisiones basándose en la observación de su entorno sin suponer que este es conocido.

El diseño de un robot móvil es un proceso que debe satisfacer muchos requerimientos según el ambiente donde se va a utilizar. La mayoría de los robots móviles son diseñados con llantas o con brazos para moverse. En el primer caso supone un problema, ya que tienen limitaciones en cuanto al terreno en el que van a trabajar, y por otro lado tenemos los robots caminantes, los cuales se caracterizan por su baja velocidad.

Por otra parte tenemos los exoesqueletos, que amplifican la fuerza del hombre tras ser colocado sobre el cuerpo humano. Los desarrollos de estas dos tecnologías han contribuido en el ámbito robótico la creación del robot andante con extremidades inferiores. Un ejemplo es el del “camión andante”, desarrollado por la GE para uso de la infantería de los Estados Unidos. Este robot funcionaba conectando un exoesqueleto a las extremidades del conductor y esto se transformaba en el control de las cuatro patas hidráulicas del robot [Figura 1].

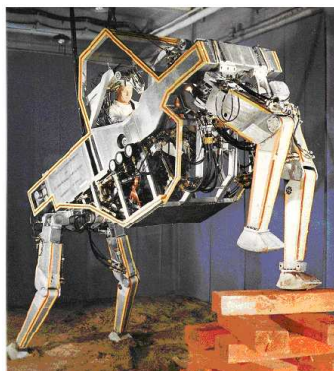


Figura 1. Camión andante

En la actualidad existen robots bípedos que pueden incluso subir escaleras y equilibrarse en terrenos difíciles. Existen otro tipo de mecanismos para accionar 3 o más patas, muy parecidos a las arañas. Por otro lado un sistema como el de un automóvil es sencillo y adecuado para largas distancias, pero no para maniobrar en espacios reducidos.

Desafortunadamente, en la actualidad hay una demanda creciente de las sillas de ruedas. Se han implementado muchas mejoras en sillas de ruedas para lograr una operación más sencilla en su control, utilizando para ello la inteligencia artificial y la robótica.

Una de las propuestas más recientes que se ha encontrado para ayudar a personas con discapacidades en sus cuatro extremidades es por medio del control de las direcciones de la silla de ruedas. El propósito es usar los gestos del rostro para convertirlos en los movimientos deseados por el usuario y transmitirlo en las direcciones del sistema. Esta es una investigación importante, porque existen usuarios de sillas de ruedas con más problemas físicos que el movimiento de las extremidades, y cuyo único movimiento posible es el del rostro.

Existen diferentes principios que tienen como objetivo ayudar a personas con discapacidades a subir de nivel, como por ejemplo plataformas, rieles, elevadores con sillas acopladas y orugas [Figura 2].



Figura 2

La aportación más importante que existe para ayudar a la autosuficiencia de los discapacitados, es la que tras décadas de investigación y trabajo, Dean Kamen logró diseñar y patentar bajo la firma de Johnson & Johnson. Un original e innovador invento llamado Sistema Independiente de Movilidad iBOT 3000 y en su nueva edición iBOT 4000. Este sistema es una silla de ruedas que sube escaleras, y su principio de funcionamiento es que cambia rápidamente del mecanismo impulsor de cuatro ruedas al de escalar colinas e incluso al de levantar al usuario para subir escaleras. Este producto sólo se vende en Estados Unidos y en Inglaterra y su precio oscila a alrededor de los 24.000 € [Figura 3].



Figura 3. iBOT 4000

### ***1.3.- Planteamiento del problema***

En la actualidad encontramos que tanto la ingeniería mecánica como la electrónica se han conjuntado para resolver problemas que se ven diariamente a nuestro alrededor. Por lo cual, este trabajo surge de uno de estos problemas observados en un programa de televisión en el cual el usuario de una silla de ruedas tenía problemas para acceder tanto a los locales de ocio como a los locales comerciales, debido a la falta de rampas con la pendiente adecuada para su acceso.

### ***1.4.- Objetivos***

Es por esto que este trabajo pretende dar una solución a este problema, un prototipo móvil escalador de un nivel. Esto implica del diseño y construcción mecánico y de control. Este móvil tendrá como reto subir un solo escalón a escala de 25 cm de altura, distancia a la que se encuentra la calzada de la acera en una vía urbana. Para ello, el diseño podrá alcanzar como máximo una distancia de unos 28 – 30 cm para subir el escalón de forma cómoda y factible.

Entre algunos de los objetivos específicos de este trabajo tenemos:

- Estudiar varios casos y diseños de mecanismos con el fin de diseñar un mecanismo que permita a una silla de ruedas ascender un escalón.
- Buscar un diseño que sea funcional y de precio asequible.
- Lograr una estabilidad a la hora de realizar el ascenso o descenso.
- Encontrar el tipo de material adecuado para que el prototipo sea resistente pero no muy pesado.
- Realizar y construir el diseño mecánico.



## 2.- Concepto de Diseño

Conviene iniciar este apartado aclarando la diferencia conceptual del término “diseño” bajo la perspectiva hispanoparlante y la anglosajona.

Tal y como lo señalan Alcaide, Diego y Artacho, diseño en castellano tiene un significado limitado a lo formal o adjetivado, hasta el punto de que se habla de “objetos de diseño”, haciendo referencia a las características externas (formas, texturas, colores, etc.) del artefacto, pero no al artefacto en conjunto. Entre tanto, el término anglosajón “design” hace referencia a toda actividad de desarrollo de una idea de producto, de tal manera que se acerca más al concepto castellano de “proyecto”, entendido como el conjunto de planteamientos y acciones necesarias para llevar a cabo y hacer una idea.

Es importante decir que en esta investigación se asume el concepto de diseño tal y como lo entendería un anglosajón, es decir, en el sentido amplio de su significado y no en el sentido limitado de la forma del producto. Esta aclaración es importante porque se quiere establecer un vínculo entre dos disciplinas académicas que siendo naturalmente afines, se han considerado esencialmente diferentes, como son el diseño industrial y la ingeniería, hasta el punto de generar el imaginario equivocado de que el diseño industrial se preocupa por la forma del producto (y es vista como una disciplina de corte “artístico”) y de que el diseño en ingeniería se preocupa únicamente por los cálculos de los elementos que conforman el producto.

Las diferentes definiciones de diseño que se encuentran en la literatura evidencian el concepto antes explicado. Por ejemplo, Pugh (1990) lo define bajo el término de “diseño total” como la actividad sistemática desarrollada para satisfacer una necesidad y que cubre todas las etapas desde la identificación de la necesidad hasta la venta del producto. Pahl y Beitz (1995) lo definen como una actividad que afecta a casi todas las áreas de la vida humana, utiliza leyes de la ciencia, se basa en una experiencia especial y define los requisitos para la realización física de la solución.

Dym (2002) después de revisar muchas de las definiciones que se han dado a diseño en ingeniería, propone la siguiente: “es la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas”.

El ICSID (2004) define diseño como “una actividad creativa cuyo propósito es establecer las cualidades multifacéticas de objetos, procesos, servicios y sus sistemas, en todo ciclo de vida. Por lo tanto es el factor principal de la humanización innovadora de las tecnologías, y el factor crítico del intercambio cultural y económico”.

Se podría seguir mencionando muchas otras definiciones de diseño. Sin embargo, las expuestas aquí son una muestra representativa del significado moderno del término y recoge los principales elementos inherentes a él. Así, se puede hablar de que el diseño busca la satisfacción de una necesidad, es decir, aborda la solución a una situación problemática. Un segundo elemento importante es que para lograr obtener tal solución se debe tener en cuenta el entorno en el que se aplicará y las interrelaciones entre sus componentes, lo cual implica una actuación multidisciplinaria y la consideración de todo el ciclo de vida del producto. La tercera consideración tiene que ver con las limitaciones impuestas por factores externos de orden físico, económico, social y funcional, a lo que comúnmente se le denomina restricciones. Y el cuarto elemento que define al diseño es su

identificación como una actividad creativa por excelencia, en la que se tiene la posibilidad de desplegar en toda su magnitud esta característica inherente del ser humano.

En resumen, el diseño se entiende como el desarrollo de una estructura o un sistema que sea portador de características deseadas (particularmente, funciones) y que logra básicamente por la transformación de información sobre condiciones, necesidades, demandas, requisitos y exigencias, en la descripción de una estructura capaz de satisfacer esas demandas, que pueden incluir no solo los deseos del cliente, sino también requisitos de todo el ciclo de vida, estos es, de todos los estados intermedios por los que pasa el producto.

## 2.1.- Metodología de diseño

El proceso de diseño de un producto debe ajustarse a un método que defina las fases del proyecto del diseño y del desarrollo del producto a lo largo de todo el ciclo de vida de dicho proyecto.

El método de trabajo es una herramienta útil para que el diseñador industrial consiga su objetivo: la eficiencia de un producto que cumpla con las necesidades del cliente y con las de la empresa productora.

Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado la morfología conocida como Diseño total de Pugh.

Para Pugh, el diseño total está constituido por un núcleo central de actividades independientes, indispensables e interactivas, influenciadas por factores tecnológicos y no tecnológicos.

Además, Pugh entiende el diseño como una actividad más que como una materia académica. Sus teorías sobre el diseño se enmarcan dentro de lo que se denominan teorías integradoras. Propone un modelo general aplicable a cualquier rama profesional del diseño, y lo basa en dos elementos fundamentales: *el núcleo central y las especificaciones de diseño de producto*.

El núcleo central está integrado por las etapas de detección de las necesidades del mercado, con las que se elaboran las especificaciones de diseño del producto, el diseño conceptual, el diseño de detalles, la fabricación y venta del producto.



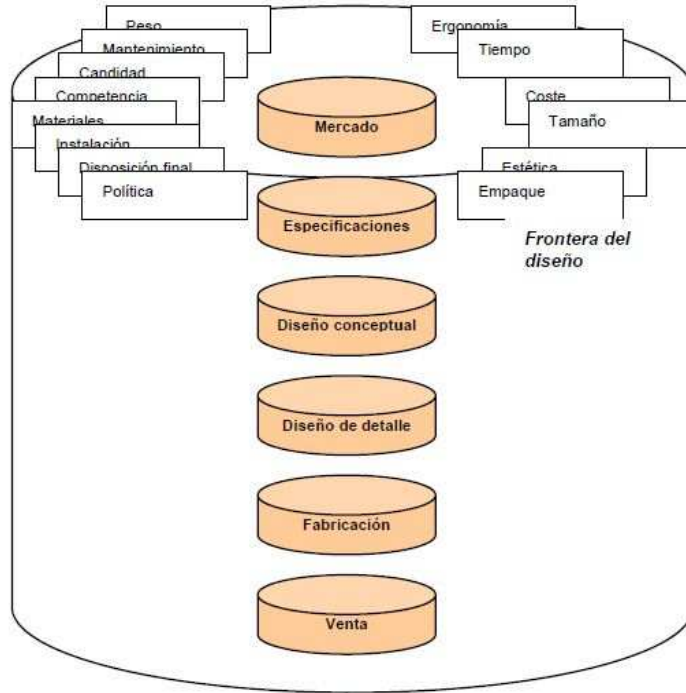


Figura 4. Diseño total de Pugh

### 3.- Justificación de la necesidad

La necesidad del mercado es la etapa inicial del esquema de Pugh, al ser satisfecha, el producto estará adaptado a un mercado existente o generará uno propio.

En un sentido general, la necesidad es un componente básico del ser humano que afecta su comportamiento, porque siente que le falta algo para poder sobrevivir o sencillamente para estar mejor. Por tanto, la necesidad humana es el blanco al que apunta la mercadotecnia actual para cumplir una de sus principales funciones, que es la de identificar y satisfacer las necesidades existentes en el mercado.

Por lo general, diferenciamos tres clases de necesidades:

- La necesidad latente pertenece, por lo general, a las exigencias fundamentales del individuo.
- La necesidad identificada resulta de estudios de mercado, del comportamiento de los consumidores, de estadísticas de consumo, etc.
- La necesidad creada, como su propio nombre indica, tiene su origen después del lanzamiento en el mercado de un nuevo producto, resultante generalmente de una innovación tecnológica.

De esta forma, podemos decir que la necesidad es una carencia o un deseo experimentado por el usuario, y no el volumen del mercado. Una necesidad puede ser explícita o implícita, conocida o desconocida, latente o potencial. De cualquier modo, constituye la necesidad a satisfacer por la cual un usuario está dispuesto a hacer un esfuerzo.

Cuando entramos en la tercera edad, temas que hasta entonces nos habían sido ajenos, comienzan a adquirir protagonismo. Uno de ellos son las barreras arquitectónicas, pues suponen uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los ancianos. Con los años se pierden fuerzas y con frecuencia se termina confinado en una silla de ruedas, debido a discapacidades físicas.

Actualmente, muchas personas con discapacidad física necesitan realizar su vida diaria al igual que cualquier otra persona sin esta discapacidad. Todas ellas necesitan levantarse todos los días y poder ver que su vida no depende de terceras personas que les ayuden en todas las labores cotidianas.

No sólo hay que hacer posible el movimiento de las personas con esta discapacidad, sino que también tienen que tener otro tipo de facilidades para valerse por sí solas, como es el caso de subir un escalón cuando se encuentran cruzando la calle o para entrar en un comercio a realizar compras o a tomar un café.

Así mismo, estas personas necesitan saber que cualquier pequeño bordillo puede ser superado fácilmente sin necesidad de un acompañante.

El elevado número de locales, comercios y transportes que cierran sus puertas a las sillas de ruedas, nos hace darnos cuenta de que la sociedad trata a los minusválidos como ciudadanos de segunda. Se les niega el derecho a llegar, a acceder. Los numerosos peldaños o escalones que dan acceso a los diferentes lugares, impiden el fácil acceso de las sillas de ruedas.

Se están gastando ingentes cantidades de dinero en eliminar barreras físicas. Se ha dotado a los autobuses urbanos de rampas de subida, se han instalado ascensores en el metro, se ha hecho cientos de miles de rampas, plataformas elevadoras, etc. en edificios de viviendas y en edificios públicos con la única y sana intención de solucionar el problema de quienes van en una silla de ruedas. Pero por desgracia, lo hecho no es ni medianamente suficiente.

Pese a lo invertido, un discapacitado no puede acceder a un cajero automático, a una tienda con un escalón en la puerta, e incluso las rampas que han hecho para ellos no solucionan su

problema. Habría que hacer de nuevo la ciudad de arriba a abajo para ellos, como se ha hecho para hacerla permeable al automóvil pero por desgracia, no se va a realizar nunca.

Gran parte de las personas con esta discapacidad, tienen dificultades para valerse por sí solas, por lo que un sistema fácil y cómodo para poder acceder a niveles superiores es necesario para ellos. No sólo un sistema de elevación, sino una silla cómoda, manejable, con un plegado fácil para su posterior recogida y/o su transporte en un automóvil, y un sinfín de prestaciones que se profundizarán en su apartado específico más adelante.

### ***3.1.- Elección del producto a diseñar***

Para cubrir las necesidades de todas estas personas discapacitadas y poder acceder a lugares más elevados, la pura necesidad de una silla de ruedas con sistema de elevación para acceso a niveles superiores hace que un producto de estas características sea necesario para la vida cotidiana de estas personas.

Si cuando alguien se queda inválido, en vez de que la comunidad de vecinos haga una obra costosa, para poner una rampa que salve los cinco escalones del portal, destináramos el importe de esa obra a financiar el pago de una silla de este tipo, ¿no estaremos utilizando el dinero de forma más juiciosa?. Al financiarle la silla, aunque solo sea en parte, le hemos facilitado no solo bajar los cinco escalones del portal, sino el bordillo de la acera, y el uso del cajero de la esquina, la entrada en el supermercado y que llegue a los estantes donde está el producto que desea comprar, hasta que se pueda cocinar lo comprado con comodidad en su propia casa.

No es fácil adaptar un sistema de estas prestaciones a una silla de ruedas normal y corriente, puesto que partiendo de una silla de prestaciones bajas, la adaptación de un sistema de estas condiciones se hace difícil por su seguridad y mantenimiento. Por otra parte, el diseño de una nueva silla de ruedas con un sistema de elevación incluido, motorizado y con muy altas prestaciones, se hace complicado.

Por tanto, el objetivo de este proyecto es, partiendo de los modelos de sillas de ruedas más actuales, diseñar un sistema de elevación para subir un peldaño o escalón de forma fácil, y maniobrable. De esta forma, todo el mundo podrá valerse de las comodidades de un sistema cómodo y barato sin tener que renunciar a unas mejores prestaciones y a unos impedimentos en la sociedad actual.

## 4.- Investigación del mercado

Un mercado no es un todo homogéneo. Está compuesto por cientos, miles e incluso millones de individuos, empresas u organizaciones que son diferentes los unos de los otros en función de su ubicación, nivel socioeconómico, cultura, preferencias de compra, estilo, personalidad, capacidad de compra, etc.

Toda esta "diversidad", hace casi imposible la implementación de un esfuerzo de mercadotecnia hacia todo el mercado, por dos razones fundamentales: primero, el elevado costo que esto implicaría y segundo, porque no lograría obtener el resultado deseado como para que sea rentable.

Por esos motivos, surge la imperiosa necesidad de dividir el mercado en grupos cuyos integrantes tengan ciertas características que los asemejen y permitan a la empresa diseñar e implementar una mezcla de mercadotecnia para todo el grupo, pero a un costo mucho menor y con resultados más satisfactorios que si lo hicieran para todo el mercado.

A la tarea de dividir el mercado en grupos con características homogéneas, se le conoce con el nombre de "segmentación del mercado"; el cual, se constituye en una herramienta estratégica de la mercadotecnia para dirigir con mayor precisión los esfuerzos, además de optimizar los recursos y lograr mejores resultados.

La segmentación del mercado ofrece los siguientes beneficios a las empresas que la practican:

- Muestran una congruencia con el concepto de mercadotecnia al orientar sus productos, precios, promoción y canales de distribución hacia los clientes.
- Aprovechan mejor sus recursos al enfocarlos hacia segmentos realmente potenciales para la empresa.
- Compiten más eficazmente en determinados segmentos donde puede desplegar sus fortalezas.
- Sus esfuerzos no se diluyen en segmentos sin potencial, de esta manera, pueden ser mejor empleados en aquellos segmentos que posean un mayor potencial.
- Ayudan a sus clientes a encontrar productos o servicios mejor adaptados a sus necesidades o deseos.

No cabe duda, de que la segmentación del mercado es una de las principales herramientas estratégicas de la mercadotecnia, cuyo objetivo consiste en identificar y determinar aquellos grupos con ciertas características homogéneas (segmentos) hacia los cuales la empresa pueda dirigir sus esfuerzos y recursos para obtener resultados rentables.

Para ello, es de vital importancia que las empresas y organizaciones realicen una buena segmentación del mercado. De esta manera, gozarán de los beneficios de INGENIERÍA DE DISEÑO.

## 4.1. Segmentación del mercado

Una buena segmentación del mercado que va desde mejorar su imagen al mostrar congruencia con el concepto de mercadotecnia hasta ser más competitivos en el mercado meta.

### Criterios de segmentación

A la hora de segmentar, el mercado de una empresa tiene diferentes variables que lo segmenta. Esto quiere decir, que se pueden diferenciar qué variables hacen que un segmento sea potencialmente cliente nuestro, o lo sea del producto, o lo sea de la competencia, o dentro de los clientes qué variables determinan que se consuma más de nuestro producto o menos, o qué variables determinan la fidelidad de un cliente, etc.

Los criterios generales de segmentación son independientes del producto y del comportamiento del cliente con respecto a él. Por otro lado, son los más empleados comúnmente.

- Segmentación Geográfica.
  - El mercado se divide según variables como estado, región, tamaño del municipio, densidad, clima, etc., basándose en la idea de que las necesidades de los consumidores varían según el área geográfica donde viven.
- Segmentación Demográfica.
  - En esta segmentación, el mercado está dividido en diferentes grupos en base a variables como edad, sexo, tamaño de la familia, estado civil, etc.
- Segmentación Psicográfica.
  - Se divide a los compradores en diferentes grupos, de acuerdo a preferencias de estilos de vida, personalidad y clase social.
- Segmentación Socioeconómica.
  - Clasifica el mercado según variables que miden el poder adquisitivo o la posición social y cultural de los consumidores.

Por otro lado, es posible encontrarse criterios específicos que están en relación directa con el producto o servicio considerado y con el comportamiento del cliente. Son muchas y diversas las variables que se pueden tener en cuenta para segmentar el mercado, de acuerdo a criterios específicos, aunque los de mayor relevancia son el tipo de usuario, nivel de consumo, volumen de compra, motivación de compra y beneficio esperado del producto o servicio.

El producto que se va a diseñar va a entrar en un mercado ya consolidado. Existen numerosas empresas dedicadas a la fabricación de sillas de ruedas, pero sólo una de ellas lleva incorporado un sistema para subir escaleras, además de otras muchas funciones. Esta empresa sólo se dedica al comercio en Estados Unidos e Inglaterra, por lo que este producto se va a comercializar por toda Europa.

En España, entre el 4 y el 6% de la población sufre algún tipo de discapacidad, es decir, de 2 a 3 millones de personas. De ellos, estaríamos hablando de en torno a medio millón de individuos con discapacidad física.

Para comprender en la medida correcta la situación de estas personas, debemos de tener en cuenta que para muchas de ellas el reto diario comienza en cuanto salen de su casa, la pesadilla de las barreras arquitectónicas.

Estas limitaciones afectan a más del 50% de las personas con discapacidades que tienen entre 6 y 64 años y a más del 65% de los mayores de esta edad. En conjunto, más de medio millón de personas tienen dificultades para desplazarse, siquiera, fuera del hogar y necesitan ayuda de otra persona, en mayor o menor medida, para la vida cotidiana.

Esto implica que el mercado al que nos vamos a dedicar, en su mayor parte es a la tercera edad, por lo que el producto a diseñar tiene que estar preparado para ser manejado y manipulado por personas mayores, cuyas cualidades físicas no son como las de las personas jóvenes.

En el diseño de cualquier producto con perspectivas realistas de introducirse en un mercado que se precie, deberá tener un estudio previo del mercado, con vistas a conocer la diversa información, que de alguna manera pueda afectar al proyecto. Para ello se va a llevar a cabo una encuesta y unas conclusiones a la misma que refleje la opinión del segmento al que se va a dedicar el proyecto.

## 4.2 – Encuesta

Una encuesta, consiste en un cuestionario diseñado de forma previa, para obtener información de las personas encuestadas, en nuestro caso, sobre la percepción de la gente de diferentes aspectos del producto que pretendemos diseñar, una silla de ruedas motorizada con sistema para subir un escalón.

A través de esta encuesta, se intentará conocer información objetiva sobre si las posibilidades de venta son reales, la opinión del consumidor en cuanto a utilidad, funcionalidad y aspectos económicos, si los bienes o servicios podrán colocarse en las cantidades adecuadas, el acceso a canales de distribución del producto, etc.

Toda esta información, puede parecer ajena al diseño del producto, pero es de vital importancia, puesto que determinará si el producto tiene sentido o no. Además, el estudio nos puede dar información acerca del precio apropiado para colocar el producto en el mercado, o de la imposición de precios mayores por causas justificadas, y la situación relativa de nuestro producto respecto al de nuestros competidores durante la entrada. La parte de mayor importancia, es el estudio del cliente, que será el que garantice la viabilidad del proyecto, consumiendo el producto. El cliente en cuanto al diseño funcional del producto, es la persona discapacitada.

Para disponer de información de lo que piensa el cliente, se hace uso de dos herramientas: Encuestas y el QFD (Quality Function Deployment), esta segunda se presenta más adelante.

A continuación se presentan las encuestas que se hicieron a una pequeña parte de la población, la mayor parte discapacitados físicos, que en su día adquirió, o en un momento dado podría adquirir una silla de ruedas, y la posibilidad de realizar una compra de una silla de ruedas con el sistema a diseñar, sin discriminación de sexo, hábitos, profesión u otros.

El único requerimiento es una determinada edad, para mayor representatividad de los datos. Se valorarán más las informaciones de personas, que tienen discapacidad física, o bien tienen familiares o amigos con alguna discapacidad física, que pueden tener

perspectivas reales de adquirir el producto, respecto a la información de personas ajenas a estas circunstancias.

## ENCUESTA

Por favor, rellene esta pequeña encuesta.

La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación en el mercado de un nuevo modelo de silla de ruedas.

La encuesta no le llevará más de 5 minutos. Muchas gracias por su colaboración.

1. ¿Tiene usted alguna discapacidad física en las extremidades inferiores?
  - Sí
  - No
  
2. ¿Tiene alguna persona cercana con este tipo de discapacidad?
  - Familiar
  - Amigo
  - Otros
  - No
  
3. ¿Qué edad tiene la persona discapacitada?
  
4. De cada cien personas, ¿cuántas cree que tienen una discapacidad física?
  
5. ¿Cree necesario el uso de silla de ruedas para personas con discapacidad física?
  - Sí
  - No
  
6. ¿Cree que es más cómodo para el usuario el uso de silla de ruedas motorizada?
  - Sí
  - No
  
7. ¿Piensa que es posible mejorar el acceso a locales de comercio para que los usuarios de sillas de ruedas puedan acceder correctamente?
  - Sí
  - No
  
8. ¿Qué características aparte de la de mover a la persona cree que puede tener una silla de ruedas?
  
9. ¿Se le ocurre alguna otra característica novedosa que podría tener una silla de ruedas de forma que sea beneficiosa para la persona minusválida?
  
10. ¿Cree que la posibilidad de tener un sistema incorporado en la silla de ruedas motorizada para subir un escalón puede ser de utilidad para la persona discapacitada?



- Sí
- No

11. ¿Pagaría una cantidad mayor por tener un sistema de tales cualidades?

- Sí
- No

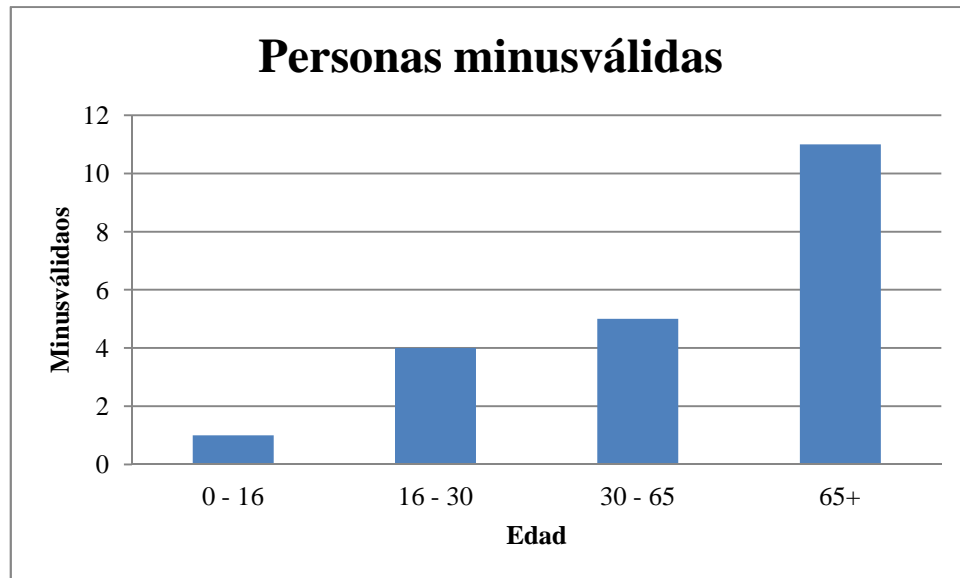
12. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar?

- 50 – 100 €
- 100 – 200 €
- 200 – 300 €
- Más de 300 €

### 4.3.- Resultados y conclusiones de la encuesta

En este apartado se muestran los resultados de la encuesta realizada de forma gráfica para que resulten más fáciles de interpretar.

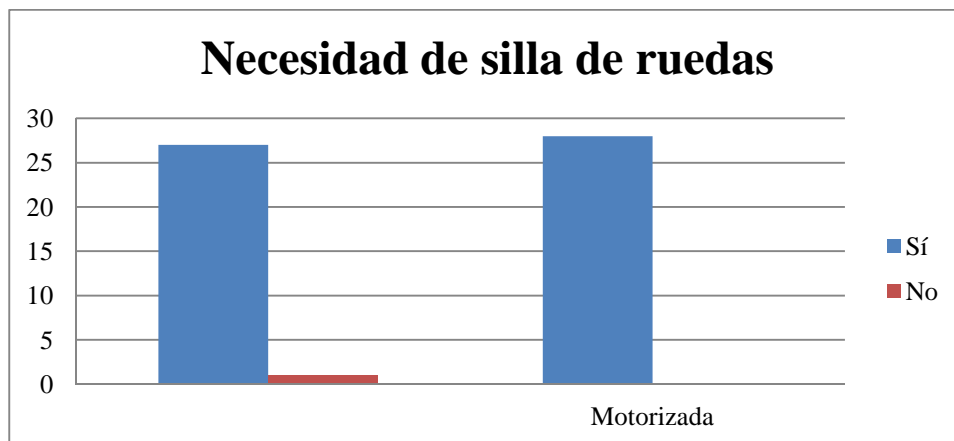
Hay que resaltar, que la encuesta se ha realizado a personas escogidas al azar. Esto quiere decir que no han sido personas con discapacidad física en las extremidades inferiores las elegidas para realizar la encuesta, sino que han sido personas que puedan tener o no este tipo de discapacidad, así como conocer a personas con esta minusvalía.



De esta forma, se observa la relación que existe entre la discapacidad en estas extremidades con la edad. Las personas mayores tienen más problemas de este tipo, por lo que se observa claramente una abundancia mayoritaria en estas edades, frente a las edades inferiores.

También hay que destacar posibles discapacidades ya sea por nacimiento, accidentes u otras causas, y por ello una minoría en las edades jóvenes.

Respecto al uso de silla de ruedas para ayudar al discapacitado, el resultado es el siguiente:



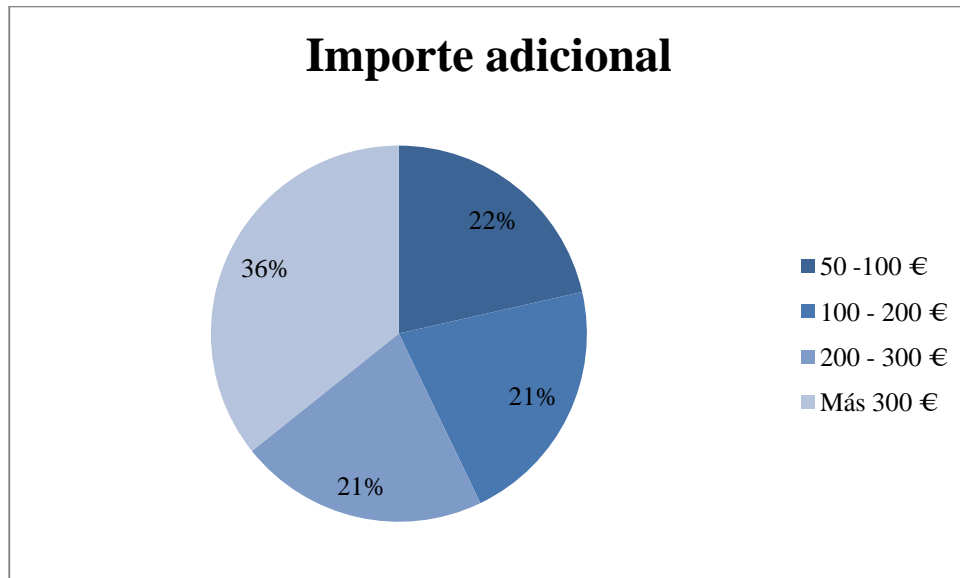
Los encuestados creen claramente que el uso de silla de ruedas para estas personas es indispensable, así como el uso de sillas motorizadas, que proporciona una gran ayuda a la hora de desplazarse de un sitio a otro.

En la siguiente tabla se muestran las distintas características, tanto novedosas como no novedosas para la silla de ruedas que las personas encuestadas piensan que son de utilidad para el usuario, así como la cantidad de personas que han aportado esa idea.

Características	Cantidad	Características novedosas	Cantidad
<b>Poco espaciosa</b>	1	Elevación	5
<b>Manejable</b>	3	Subir y bajar obstáculos	6
<b>Cómoda</b>	4	Techo anti lluvia	1
<b>Ligereza</b>	3	Intermitentes	1
<b>Económica</b>	1	Brazos robóticos	1
<b>Con departamentos</b>	6	Dirección trasera y delantera	1
<b>Seguridad</b>	2		
<b>Ergonomía</b>	3		
<b>Asientos reclinables</b>	1		
<b>Silla de montaña</b>	1		
<b>Elementos mecánicos</b>	1		
<b>Autonomía</b>	1		
<b>Frenos manuales</b>	1		

Esta tabla representa claramente las distintas necesidades secundarias que las personas creen necesarias en una silla de ruedas. La función de este proyecto es crear una silla de ruedas novedosa con un sistema de subir y bajar obstáculos y con algún otro sistema novedoso, como puede ser el de elevación, tal y como desea el público. Se observa una mayoría en la posibilidad de tener departamentos para guardar cosas y en la posibilidad de elevación y subida y bajada de obstáculos, por lo que son características a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño.

Atendiendo a estos datos, se ha preguntado por el importe adicional que se estaría dispuesto a pagar por el sistema de subida y bajada de obstáculos, llegando a obtener los siguientes datos.



Este gráfico circular representa además del pago adicional por parte del comprador, una falta de conocimiento sobre el precio de las sillas de ruedas motorizadas, ya que aproximadamente dos terceras partes de los encuestados no estarían dispuestos a pagar más de 300 €, mientras que una tercera parte pagaría lo que fuera necesario dentro de unos límites coherentes, teniendo en cuenta que la silla de ruedas es para toda la vida.

Analizando todos los resultados de la encuesta, se aprecia la necesidad de la realización de una silla de ruedas con unas características únicas, tal y como el comprador ha mencionado para satisfacer la necesidad del usuario.

#### **4.4.- Análisis DAFO**

La estructura del mercado hace referencia a factores tales como el número de empresas que compiten en un mercado, el tamaño relativo de las empresas, las condiciones tecnológicas y de costes, las condiciones de la demanda, la facilidad con la que las empresas pueden entrar o salir de la industria. Las distintas industrias tienen distintas estructuras, y estas estructuras afectan a las decisiones que toman los directivos.

Además de las diferencias estructurales entre industrias, la conducta de las empresas también es distinta en cada industria. En algunas industrias se cobran márgenes superiores a otras, las empresas son más susceptibles a fusiones y adquisiciones, y difieren en gran medida las cantidades que se gastan en publicidad y en I+D.

Los resultados que obtienen las empresas en un mercado (beneficios, rentabilidad) también varían considerablemente en función de la industria. El paradigma Estructura-Conducta-Resultados postula que estos tres aspectos de la industria están relacionados intrínsecamente entre sí.

El método DAFO se trata de un método de estudio de la situación competitiva de una empresa en su mercado y de las características internas de la misma, a efectos de determinar sus **Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas**.

Las oportunidades son aquellas situaciones externas, positivas, que se generan en el entorno y que una vez identificadas pueden ser aprovechadas.

Las amenazas son situaciones negativas, externas al programa o proyecto, que pueden atentar contra éste, por lo que llegado al caso, puede ser necesario diseñar una estrategia adecuada para poder sortearla.

Las fortalezas son todos aquellos elementos internos y positivos que diferencian al programa o proyecto de otros de igual clase.

Las debilidades se refieren, por el contrario, a todos aquellos elementos, recursos, habilidades y actitudes que la empresa ya tiene y que constituyen barreras para lograr la buena marcha de la organización.

Durante la etapa de planificación estratégica y a partir de este análisis debemos preguntarnos cómo se puede explotar cada fortaleza, cómo se puede aprovechar cada oportunidad, cómo se puede detener cada debilidad y cómo se puede defender de cada amenaza.

La situación interna se compone de 2 factores controlables: fortalezas y debilidades, mientras que la situación externa se compone de otros 2 no controlables: oportunidades y amenazas.

## **Debilidades**

Al querer entrar en el mercado, hay que enfrentarse a las correspondientes barreras de entrada: requerimientos de capital, ventajas absolutas en coste, velocidad de ajuste, economías de escala, efectos de red, reputación, costes de cambio, barreras legales y administrativas, etc.

La falta de experiencia puede afectar a la eficiencia, tanto del diseño como de la entrada en el mercado.

La rivalidad actual en el sector, también supone una debilidad. Costes de cambio, condiciones de coste, información, regulaciones, concentración, exceso de capacidad y barreras de salida, diferenciación.

Los resultados a corto plazo son dudosos.

## **Amenazas**

La situación actual de crisis no solo afecta a la posibilidad de pérdida de clientes, sino que supone un inconveniente de cara a la compra de un producto con nuevas prestaciones fuera de lo normal.

La entrada en un mercado consolidado se hace dura debido a la falta de nombre de nuestra empresa y al apoyo y confianza de las personas hacia nuestro producto.

Los mercados de segunda mano, y la cesión entre usuarios es una amenaza y frena el consumo y adquisición de nuevas sillas de ruedas, pero contra esto no se puede hacer gran cosa.

Escepticismo y desconfianza de los consumidores.

## **Fortalezas**

Se trata de un producto técnicamente superior a las sillas de ruedas convencionales, debido a su nuevo sistema incorporado.

Gran potencial y ganas de los equipos profesionales.

Profesionales jóvenes y motivados.

## **Oportunidades**

La crisis económica incentiva a gobiernos a financiar nuevas pequeñas y medianas empresas y jóvenes emprendedores para que despegue la economía. Debido a esta crisis existen ayudas económicas para este tipo de producto, posibilitando la compra a personas con discapacidad física adquiriendo por un coste menor el producto a diseñar

La venta nacional e internacional del producto posibilita a la empresa una mayor venta del mismo.

La evolución de las nuevas tecnologías así como la navegación por internet y disponibilidad de página web para obtener información y poder comprar el producto, amplía el mercado.

El imposible acceso que tienen los discapacitados a situaciones diarias en la zona urbana (acceso a cajeros, acceso a locales, etc.)

<b>Matriz DAFO</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>Análisis Externo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayudas económicas por parte del gobierno</li> <li>• Nuevos mercados: internet y nuevas tecnologías</li> <li>• Globalización de la economía</li> <li>• Dificultad de acceso a diversos lugares en situaciones diarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación económica difícil</li> <li>• Escepticismo y desconfianza de los consumidores</li> <li>• Mercados de segunda mano y cesión del producto</li> <li>• Desconfianza de los consumidores</li> </ul>
	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Análisis Interno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producto técnicamente superior</li> <li>• Profesionales jóvenes y motivados</li> <li>• Gran potencial y ganas de los equipos profesionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada en el mercado</li> <li>• Falta de experiencia</li> <li>• Rivalidad en el sector</li> </ul>

Lo propio de un análisis DAFO de un producto viable es que haya más fortalezas y oportunidades, que debilidades y amenazas. En nuestro caso resulta bastante equilibrado. Si se evalúa además el peso y realismo de cada lado, las amenazas y debilidades, respecto a oportunidades y fortalezas, nos pueden hacer dudar de la viabilidad del proyecto.

Esta desconfianza no supone un rechazo a la producción del proyecto, ya que la innovación tecnológica y la falta de competencia tecnológica en el mismo producto hace más fuerte la decisión de producción del producto y una mayor confianza a la hora de sacar el producto a la venta, así como la distribución y venta por todo el país y por toda Europa.

#### **4.5.- Estrategia de Marketing Mix**

Son las variables de que dispone un responsable de marketing para cumplir con los objetivos de la compañía o del producto. Estas variables son producto, precio, promoción y distribución. Se denominan las cuatro “P” de sus iniciales en inglés product, price, promotion y place.

##### **Producto**

Va a ser el rediseño de una silla de ruedas motorizada, como las que todos conocemos, pero con un nuevo sistema de elevación para subir un nivel y alcanzar niveles superiores que con una silla de ruedas convencional no se podrían alcanzar.

Con el rediseño lo que se pretende es dotar al producto de ergonomía, comodidad y confort para la persona discapacitada, así como para una persona que dirija la silla desde la parte posterior de la misma además de dotarla de un nuevo sistema para subir un nivel.

Las propuestas para el rediseño son varias, diferenciándose en el aspecto exterior, y en alguna prestación que algún diseño pueda ofrecer, como mayor robustez, o un aspecto más futurista o clásico.

La vida útil del producto será de unos 25 años. Dependerá del diseño definitivo y robustez de éste.

##### **Precio**

El precio será posiblemente la variable estratégica más importante de marketing.

##### **Promoción**

El diseño de nuestro producto va a ser novedoso, y es necesaria la publicidad para informar a la gente de sus bondades, y sobre todo de sus ventajas respecto a los demás productos similares, haciendo hincapié en su novedoso sistema.

Los medios de divulgación mediante los cuales se llega a más gente, son la radio y la televisión, sobre todo la televisión. Nuestro producto será distribuido a escala nacional e internacional, por lo que será necesario contactar con una empresa de publicidad que gestione el asunto para hacernos una idea de cuánto va a costar y si merece la pena. La radio y los periódicos es una alternativa más barata, y mediante la cual se puede llegar a mucha gente.

Es muy interesante publicitarse en Internet, con una página propia del producto, e incluso en foros donde se traten temas relacionados con discapacitados físicos, o sitios web donde se intuya que vaya a acudir gente a las que va dirigido el producto.



Otras alternativas son la publicidad en publicaciones especializadas, o espacios publicitarios de lugares públicos, pero el producto no es susceptible de ser publicitado en estos medios.

## **Distribución**

La distribución será a escala nacional e internacional, con lo que presumiblemente se ejecutará mediante transporte terrestre y transporte aéreo. Se transportará el producto desmontado, en una caja con el dibujo del producto, para su posterior montaje en la tienda a la que distribuiremos la silla de ruedas. Será interesante que la distribución llegue a las grandes superficies.

### ***4.6.- Definición de la estrategia***

Una vez conocida la situación de la empresa y el producto en el mercado se puede trazar una estrategia que permita cumplir los objetivos propuestos.

El objetivo del nuevo producto que se va a diseñar es colocarse en 5 años entre los fabricantes más importantes de sillas de ruedas, alcanzando el monopolio en sillas de ruedas con el nuevo sistema para subir un nivel tanto en España como en el resto del continente.

Para ello se diseñará una silla de ruedas con altas prestaciones, cómoda y de precio asequible para el consumidor. Se realizará un modelo de silla de ruedas para adultos.

Como se ha visto anteriormente, algunos de los segmentos del mercado son altamente influenciados por la publicidad y por la opinión que los profesionales tienen del producto, así que será necesaria la creación de un anuncio televisivo mostrando al público el funcionamiento de la nueva silla de ruedas para promocionar el producto así como la posterior subida de videos a internet tanto a páginas web como *www.youtube.com* como a otras con un índice de visitas menor.

Dado que el objetivo del producto es colocarse en 5 años entre las empresas más demandadas de Europa, la promoción en televisión, internet y demás medios de comunicación, es importante y la inversión monetaria en este tipo de promoción se hace importante.

Pero este tema de la promoción se estudiara más detenidamente en capítulos posteriores.

## 5.- Especificaciones de diseño de producto

### 5.1.- Análisis de la competencia

Como se ha dicho anteriormente, ya existen productos similares al que se va a diseñar en el mercado.

Existen cuatro importantes empresas internacionales dedicadas a la innovación en sillas de ruedas dedicando su trabajo a la seguridad de la silla mejorando así los sistemas antiguos que hay en las sillas de ruedas.

Primero se va a hacer un análisis de los distintos tipos de sillas de ruedas existentes en el mercado, y tras esto se analizarán cuatro empresas de importantes dentro del mercado internacional de las sillas de ruedas, tres de ellas americanas y una japonesa.

Existen multitud de sistemas de sillas de ruedas, plegables, eléctricas, de distintos modelos, pero ninguna de ellas se va a parecer a la silla de ruedas a diseñar.











Todas ellas tienen la función de transportar a la persona discapacitada, por eso es una silla de ruedas, así que se analizará más detalladamente los distintos tipos de sillas de ruedas atendiendo a las características más minuciosas de cada una de ellas.

### Categorías

- Sillas de acero fijas
- Sillas de acero plegables
- Sillas de acero ligero plegables
- Sillas de aluminio plegables
- Sillas de aluminio ligeras y ultraligeras
- Sillas deportivas
- Sillas de posicionamiento
- Sillas de transferencia o transporte
- Sillas de ruedas eléctricas
- Scooters
- Sillas de ruedas anfibias - playa y piscina

En cada una de estas secciones podemos encontrar gran cantidad de sillas de ruedas de diversos precios y con distintas características, así que se analizará una silla de cada tipo para hacernos una idea de cómo son.

A continuación se muestra una tabla con los distintos modelos de sillas de ruedas.

TIPO	Modelo	Modelo	TIPO
Sillas de acero fijas			Sillas de acero plegables
Sillas de acero ligero plegables			Sillas de aluminio plegables
Sillas de aluminio ligeras y ultraligeras			Sillas deportivas
Sillas de posicionamiento			Sillas de transferencia o transporte
Sillas de ruedas eléctricas			Scooters

Como podemos observar, existen muchos modelos distintos de sillas de ruedas, con distintas características y distintos usos. Nuestra silla de ruedas, podría competir con las sillas de ruedas eléctricas pudiéndose también plegar tras un sencillo montaje y desmontaje del motor.

Observando el precio de todas estas sillas de ruedas, se pueden observar distintas cantidades según las características de cada una de ellas, oscilando entre 300 € las sillas de acero fijas con prestaciones ínfimas frente a los 3000 € de las sillas de ruedas deportivas y eléctricas, con prestaciones mucho más altas y específicas para realizar una función determinada que las demás sillas no pueden realizar (movimiento automático, máxima estabilidad a grandes velocidades, etc.).

## Empresas de la competencia

Existen muchas empresas dedicadas a la fabricación de sillas de ruedas, pero en este proyecto se va a comentar cuatro de ellas, siendo éstas las cuatro empresas más importantes en este sector. Estas empresas son:

- Deka PLP.
- Invacare Corporation.
- Pride Mobility Products Corporation.
- Sunwa Sharyo Manufacturing Company Ltd.

Para hacer una valoración de estas cuatro empresas y ver la diferencia entre ellas, se va a comentar la forma de trabajo y la fuerza con la que presentan y sacan al mercado las sillas de ruedas. Para ello se presenta a continuación las cuatro dificultades más importantes que han dado a lo largo de la historia un problema a la hora de realizar un producto como el que es una silla de ruedas.

- Subida de bordillos y escaleras.
- Horizontalidad del asiento.
- Irregularidad del terreno.
- Falta de seguridad.

A continuación se muestran los productos estrella de cada una de las empresas en el mercado actual.

## Deka

Dean Kamen es un inventor, empresario y abogado para la ciencia y la tecnología. Sus papeles como inventor y abogado se entrelazaron y su propia pasión para la tecnología y sus aplicaciones prácticas ha conducido su determinación personal para separar la palabra sobre las virtudes de la tecnología para cambiar la cultura de los Estados Unidos.

Como inventor, él lleva a cabo los más de 440 patentes extranjeras y de los Estados Unidos, muchas de ellas para los aparatos médicos innovadores que han ampliado las fronteras del cuidado médico por todo el mundo. Mientras que aún era estudiante de la universidad, él inventó la primera bomba usable de la infusión, que ganó rápidamente la aceptación de las especialidades médicas diversas tales como la quimioterapia y la endocrinología.

En 1976 él fundó su primera compañía del aparato médico, AutoSyringe, Inc., para fabricar y para poner las bombas. Con 30, vendió esa compañía a la corporación de Baxter

International. Para entonces, él había agregado un número de otros dispositivos de la infusión, incluyendo la primera bomba de la insulina para los diabéticos. Después de la venta de AutoSyringe, Inc., fundó DEKA Research & Development Corporation. La corporación de desarrollo a convertirse internamente generó invenciones así como para proporcionar R& D para los clientes corporativos importantes.

Además de DEKA, uno de las realizaciones más orgullosas de Dean están fundando FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology), una organización dedicada a motivar la generación siguiente para entender, utilizar y disfrutar de la ciencia y de la tecnología.

Respecto a la creación de las sillas de ruedas, esta empresa se centra en temas de seguridad. Los otros tres problemas de Deka se reparten por igual entre sus patentes. Estos datos demuestran la importancia que Deka le ofrece a la seguridad y sostienen que es un problema de gran demanda por los usuarios en la actualidad, sobre todo desde el año 2000.

La empresa Deka ha obtenido una gran cuota de mercado gracias a su producto “iBot” por incorporar multitud de avances tecnológicos en una sola silla.

La silla INDEPENDENCIA iBOT es una silla de ruedas con adelantos tecnológicos, que solo hace un par de años eran inconcebibles, que la hace algo absolutamente diferente.

Tiene cuatro formas diferentes de marcha, dos de ellas, la función de balanceo y la función de escaleras, son absolutamente revolucionarias, y otras dos, la de cuatro ruedas y la estándar, normales pero mejoradas.



Figura 5. Silla INDEPENDENCIA iBOT

La observación de alguien en una silla de ruedas que luchaba para levantarse sobre un encintado hizo que la empresa pensara que era hora para que la silla de ruedas fuera reinventada totalmente. El iBOT da a personas con discapacidad física la capacidad de navegar cualquier terreno y de acercarse a la vida con un nuevo sentido de la dignidad. La tecnología de los iBOT permite que el usuario suba y baje escaleras, circule por un terreno difícil y se coloque a la altura de la gente alrededor de ella.

## Invacare

Invacare Corporation es un fabricante líder mundial y distribuidor de médica aguda equipos-no incluyendo sillas de ruedas , scooters de la movilidad , andadores , así como productos de las vías respiratorias. Con sede central en Elyria, Ohio , la compañía actualmente distribuye sus productos a más de 80 países de todo el mundo.

Uno de los productos más importantes de esta empresa, es la silla de ruedas, siendo una de las empresas más importantes del mercado.

Invacare dedica su trabajo un 80% centrándose en la mejora de las sillas de ruedas para la superación de obstáculos y estabilidad del vehículo. Esta empresa no invierte nada más que un 10% en plantear mejoras relacionadas con seguridad, no es su prioridad.

Invacare propone para la superación de obstáculos la utilización de un chasis articulado compuesto por piezas de unión en forma de U y para la estabilidad del vehículo propone un sistema amortiguador y unas ruedas adicionales.

La “M94” de Invacare es una silla estable y robusta, reflejo de las innovaciones propias de esta empresa antes mencionadas.



Figura 6. Silla M94

## Pride

Pride es una empresa dedicada a la comodidad de la persona, fabricando así sillas de ruedas, scooters, e incluso sofás reclinables.

En el caso de la fabricación de sillas de ruedas, Pride centra su investigación un 90% a la estabilidad, subida de escalones y seguridad (30% aproximadamente cada una), sin embargo no se centra en solucionar problemas de circulación en terrenos irregulares.

Para mejorar la estabilidad del asiento, Pride utiliza sistemas de control del centro de gravedad (CDG) mediante un brazo articulado que sujeta el asiento

La silla “Jazzy” de Pride fue la primera en incorporar la rueda intermedia que patentó esta empresa. Gracias a esta rueda se facilitó la superación de obstáculos como bordillos o baches.



Figura 7. Silla Jazzy

## Sunwa

Por su parte, la empresa japonesa Sunwa se centra claramente en mejorar lo vehículos para circular por terrenos irregulares, dejando de lado el estudio de la estabilidad de sus productos; estrategia claramente diferenciada a la de Pride para copar distintos mercados.

Por último, “Stair Aid” de Sunwa es un producto orientado a la superación de obstáculos, y fácilmente integrable a una silla de ruedas para ayudar a superar escaleras.



Figura 8. Stair Aid

Un ejemplo de solución propuesta por estas empresas para resolver problemas que atenten a la seguridad es la correa sinfín, que mencionaremos más adelante para la superación de terrenos irregulares, y utilizada y perfeccionada por Sunwa.

En todas las marcas también nos podemos encontrar sistemas antivuelco para mejorar la seguridad y de este modo evitar la caída del usuario.

Estas empresas tratan todos los problemas estudiados, pero presentan especial atención al problema mayoritario del mercado que quieren cubrir con sus productos.

Estas cuatro grandes empresas son la competencia, pero cada una intenta buscar el hueco menos cubierto para introducir sus productos. Lo que está claro, es que todas ellas centran sus esfuerzos en mejorar la seguridad de los usuarios que usan sillas de ruedas.

En la tabla que se muestra a continuación, se puede apreciar más claramente el hincapié que hace cada una de las empresas en cada uno de los grandes problemas presentados anteriormente.

Empresa	Subida de bordillos y escaleras	Horizontalidad del asiento	Irregularidad del asiento	Falta de seguridad
Deka	16%	17%	17%	50%
Invacare	80%	5%	5%	10%
Pride	30%	30%	10%	30%
Sunwa	5%	0%	90%	5%

## 5.2.- Productos análogos

Decimos que dos productos, procesos o sistemas análogos son los que siendo distintos, guardan parecidos suficientes como para satisfacer funciones idénticas.

En este caso, un producto análogo es un producto que satisfaga la función de transporte de una persona con discapacidad física en las extremidades inferiores de forma cómoda y segura.

Haciendo memoria y observando diversos productos dedicados a la ayuda de discapacitados, no existe ninguno que se parezca a una silla de ruedas.

Podemos encontrar muletas, andadores, etc., y todos ellos sirven de ayuda para minusválidos, pero ninguno se asemeja a la silla de ruedas, por lo que podemos decir que no existen productos tales que realicen la función de la silla de ruedas.

Así mismo, se muestra a continuación una breve explicación de los estos utensilios de apoyo para el minusválido.

### Andador

Este tipo de ayuda ofrece la posibilidad de caminar a aquellas personas con miedo a caer. Generalmente es utilizada en geriatría y es muy importante que esté adaptado a la altura del usuario y aprenda cómo debe usarlo.

Este tipo de ayuda es utilizada por personas con una pequeña discapacidad en las extremidades inferiores cuya estabilidad no es del todo segura y por aquellas personas de tercera edad con problemas de estabilidad.

Existen varios tipos de andadores, pudiendo tener ruedas, para ayudar al avance de forma más veloz, o sin ruedas, teniendo que levantar el propio andador del suelo para avanzar.





Figura 9. Andador con ruedas



Figura 10. Andador sin ruedas

### **Bastón inglés (muletas)**

La muleta es un apoyo para el cuerpo humano diseñado con el propósito de asistir al caminar cuando una de las extremidades inferiores requiere soporte adicional durante el desplazamiento, comúnmente cuando el ser humano sufre algún tipo de incapacidad para caminar con alguna de estas.

Generalmente el uso de las muletas es en pares, para facilitar el caminar del individuo y tener dos puntos de apoyo para el cuerpo.

Las muletas deben ser lo suficientemente fuertes para soportar el peso del cuerpo, y pueden ser de madera, metal u otro material. Aunque originalmente han sido fabricadas con madera, la fabricación en aluminio ha sido preferida por sus características de ligereza y resistencia.

La parte superior sirve para que descansa la axila, la cual generalmente esta forrada con un colchón para que no lastime a ésta con el peso del cuerpo, además en la parte media de la muleta tiene un soporte para apoyar la mano y aligerar el peso sobre la axila.

La punta inferior generalmente lleva una cubierta de algún material como el caucho, lo cual sirve para ayudar a prevenir el resbalarse, maltratar superficies, reducir ruido y para añadir amortiguación.

Las muletas también son conocidas como bastones ingleses.



Figura 11. Muleta



Figura 12. Muletas en varias posiciones

### 5.3 - *Proceso de fabricación*

Además de la meta de reducción de costes, las empresas tienen como objetivo la optimización de los procesos de fabricación de sus productos, la disminución del peso, la estabilidad, rigidez, etc. Esto requiere de la reevaluación de las soluciones de diseño convencional, las técnicas de fabricación y los materiales seleccionados en la búsqueda de soluciones alternativas.

Una alternativa interesante con un gran potencial técnico y económico es el hidroconformado, un método para la fabricación de una amplia gama de componentes con geometrías complejas fabricados de material tubular o chapas por medio de la presión del agua. Este método puede disminuir los tiempos de desarrollo, reducir el número de pasos de operación y alcanzar una alta precisión en las piezas. En esta aproximación a las tecnologías emergentes se abordarán conceptos teóricos, aplicaciones, ventajas y desventajas relacionados con este proceso de conformado.

#### **Hidroconformado**

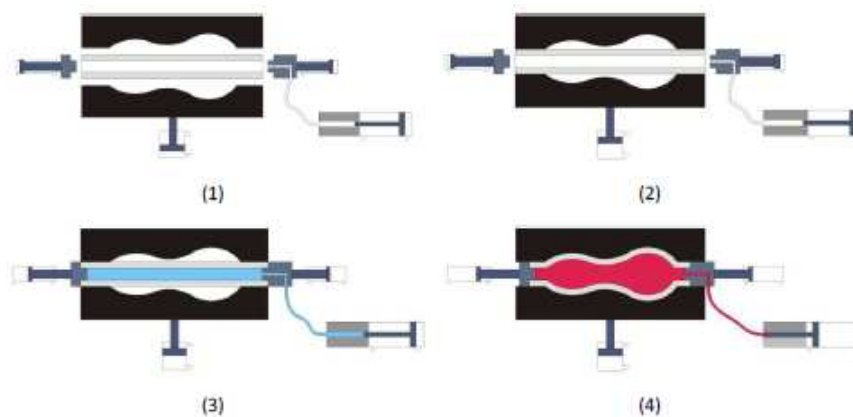
El conjunto de técnicas conocidas como hidroconformado representan una alternativa a los métodos convencionales mecánicos por razones de flexibilidad (simplificación de utillajes), mejora de condiciones de proceso (esencialmente reducción de fuerzas de fricción), que permiten mayores deformaciones, mejor precisión, mejoras en las tensiones residuales y finalmente posibilitan la obtención por deformación de piezas imposibles de producir hasta hoy por los procedimientos convencionales (particularmente en la fabricación de piezas a partir de elementos tubulares y en componentes donde es crítica la relación peso-resistencia).

La aplicación más común es el **hidroconformado de tubos** que consiste en el conformado de un tubo de acero contra las paredes de una matriz, mediante la introducción de un fluido a presión. Pudiendo emplearse además una compresión axial simultánea para

evitar un excesivo adelgazamiento del espesor del tubo en las zonas sometidas a una fuerte expansión. El tubo altera su forma durante el proceso permitiendo diferentes cambios de sección a lo largo de su longitud, obteniéndose unas formas suaves que proporciona una mayor rigidez que en piezas estampadas facilita las posteriores operaciones de taladrado en cualquier parte de la pieza.

El proceso básico para el hidroconformado de tubos se puede describir de esta manera:

- Tubos rectos o pre-deformados se introducen primero en la matriz.
- La matriz se cierra por un proceso hidráulico que puede conformar de manera mecánica el tubo durante el cierre.
- Los punzones de sellado cierran las extremidades del tubo y se inicia el llenado.
- El material se expande por el incremento de presión del líquido que se realiza conjuntamente con el avance simultaneo de los punzones de sellado, fluye hacia el exterior de las zonas de conformado y da la configuración final de la pieza.

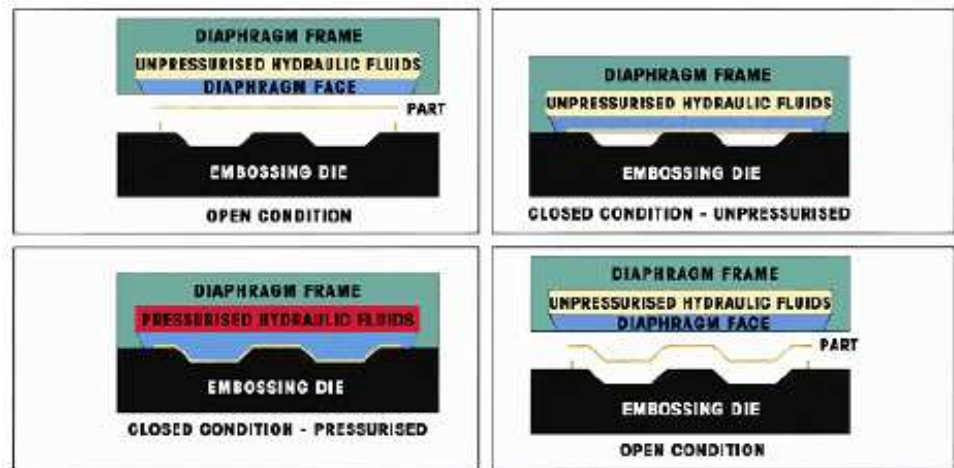


Otra de las aplicaciones es el **hidroconformado de chapa**. Este método está centrado en la deformación de placas simples o dobles usando para ello un medio fluido.

Una gran ventaja de estos métodos es la flexibilidad en cuanto al cambio de herramientas que se produce rápidamente y permiten realizar la embutición, el recorte y el calibrado (proceso de hidroconformado sin un considerable flujo axial de material) en un solo paso. El hidroconformado también es una excelente técnica de fabricación para construcciones ligeras (aluminio, aleaciones de magnesio, etc.). Estos materiales tienen normalmente unas capacidades de conformabilidad menores que las que poseen los aceros, pero el proceso de hidroconformado ofrece una oportunidad única de influenciar y controlar las tensiones, deformaciones y la temperatura en la pieza para incrementar los límites de conformabilidad.

El proceso para el hidroconformado de chapas se puede describir como sigue:

- La chapa no deformada se sitúa en la matriz conjuntamente con la lámina.
- Se cierra la prensa y se aplica una presión inicial de pre-conformado para colocar bien la chapa.
- El punzón se mueve en dirección contraria a la presión para deformar la chapa durante la primera etapa de conformado.
- La chapa se retira de la prensa y se le aplica un tratamiento térmico para quitar las tensiones mecánicas del material.



### Ventajas frente a las alternativas tradicionales

Las ventajas por las que este método de fabricación se utiliza en la empresa, así como en las empresas de la fabricación de componentes de automóviles, se muestran a continuación:

- Reducción de costos mediante la integración de algunos componentes.
- Reducción de peso mediante la reducción de las bridas soldadas para unir las piezas.
- Mejora de las propiedades de fatiga por la reducción de las uniones soldadas.
- Mejora de la resistencia de los componentes por el conformado de sección cerrada y el endurecimiento por trabajo.
- Simplificación de los procesos de trabajo por el agujero de perforación en matrices y la reducción de las uniones soldadas.
- Mejora del rendimiento mediante la reducción de los márgenes de recorte.
- Reducción de la recuperación elástica (springback) por conformado plástico de una pieza entera.

A pesar de estas ventajas, la aplicación del hidroconformado es aún limitada comparada con el conformado convencional y su uso no se está expandiendo a una amplia variedad de componentes de automóviles. Las razones son las siguientes:

- Las condiciones para el conformado son complicadas y requieren habilidades particulares.
- La máquina de conformado es muy grande y costosa.
- El tiempo de ciclo de trabajo es largo y la productividad es baja.

- La soldadura por puntos de un producto con otras partes o componentes es difícil.

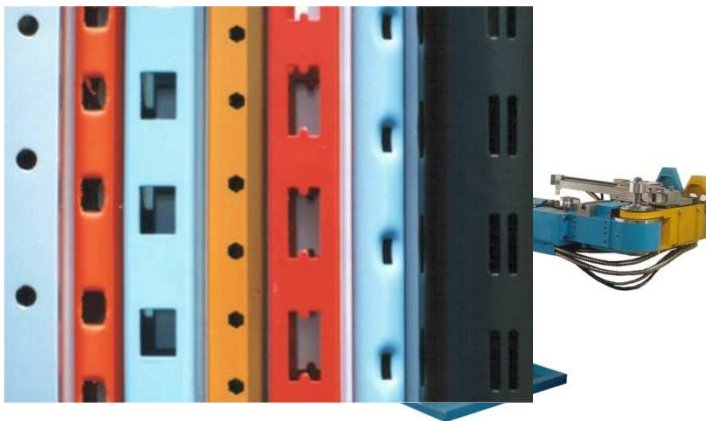
Estas desventajas se deben a que el hidroconformado es una tecnología nueva y al hecho de que hay muchos parámetros y están interrelacionados entre sí. Para ser más específicos, la combinación de la presión hidráulica interna y la alimentación axial con su trayectoria de carga (su patrón de aplicación) determinan la viabilidad del trabajo por conformado y lo que es más, las condiciones óptimas de estos factores son diferentes materiales.

### 5.4 - Tecnología

La tecnología a usar en la empresa para la fabricación de las distintas piezas que componen el producto, consta de máquinas de hidroconformado, laminación de chapas de aluminio, y demás maquinaria para el doblado, carga y descarga de material, células automáticas, conformadoras, líneas de corte, lavado de tubos y punzonadoras.

El resto de material que compone el producto, como plástico, tela, goma, tornillos, tuercas, etc., se piden a empresas externas para su posterior montaje en la propia empresa.

Cabe destacar que todas las uniones que presentan las piezas de la silla de ruedas son atornilladas, por lo que la aplicación de la tecnología es muy sencilla y no presenta la necesidad de formación como si fuera, por ejemplo piezas soldadas; y por otro lado están normalizadas.



#### Curvadora

Curvadora CNC con 3 ejes controlados, con capacidad para tubo de diámetro máximo 32/42 mm. Utiliza el control numérico CRIPPA SYSTEM 5/8.

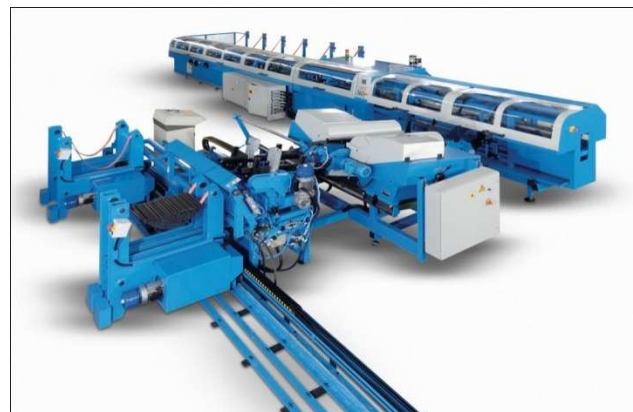
La BASIC 2 CNC conjuga una excepcional flexibilidad de uso y una gran robustez. El sistema de control de la máquina permite obtener geometrías muy

complejas. La curvadora BASIC 2 CNC puede personalizarse según las exigencias del cliente existiendo un gran número de variantes.

#### Línea de corte

Esta máquina tiene como principal característica respecto las anteriores es la posibilidad de cortar dos tubos simultáneamente.

La gran robustez la caracteriza como una máquina para grandes producciones.



La parametrización muy amena gracias a la pantalla visualizadora donde se hallan todos los parámetros más significativos de la máquina, como la velocidad de corte y la velocidad de avance para obtener una mayor suavidad en los desplazamientos. Además puede realizar un despunte de los extremos de los tubos a cortar. La carga y evacuación de los tubos es completamente automática.

### **Punzonadora automática**

Para el punzonado de tubos de acero, acero inoxidable y aluminio, redondos, cuadrados y rectangulares. Con punzonados redondos, cuadrados o en forma, con o sin deformación. La unidad principal trabaja con cilindros hidráulicos independientes realizando el bloqueo del tubo antes del punzonado. La máquina es ideal para los fabricantes de estanterías, radiadores, escaleras, somieres y productos similares.





## Lavado de tubos

La función de estas máquinas es la de limpiar los tubos o piezas de las virutas, aceites, etc.

Actualmente existen según el nivel de suciedad y las necesidades de limpieza deseadas diferentes tipos de sistemas o combinación de los mismos.

Todos los tipos utilizados son ecológicos.



Los tipos de lavado más comunes son los siguientes:

- Inmersión: En el que el material se introduce en unas cestas que se desplazan en continuo por el interior de unas cubas con distintos elementos.
- Ultrasonidos: Se utiliza cuando las necesidades de limpieza son muy exigentes y este sistema suele realizarse en combinación con el de inmersión en tubos de pequeña longitud.
- Aspersión: Una cinta transporta los tubo una zona con aspersores orientados en función de los puntos de mayor necesidad de la pieza; muy apropiado para tubos de mayor longitud y con puntos de suciedad localizada.

Algunas características técnicas:

- Diámetro máximo de tubo 80 mm
- Longitud estándar 3 mt (opcional 4/5/6 mt)
- Rotación a 90 ° del tubo redondo.
- Memorización de distintos programas de punzonado, paso y longitud de tubo desde el panel operativo.
- Sistemas de regulación y cambio de utillaje (matriz y punzones) simple y rápido, de fácil acceso para facilitar el mantenimiento.
- La máquina puede equiparse con un sistema automático de carga y descarga, que le permite cargar desde un paquete los tubos ya cortados a medida.
- La máquina funciona autónomamente alimentándose de la barra nueva a la vez que descarga la barra ya terminada.

Disponemos también de la versión PV-60 que ofrece una solución más económica con avance paso a paso de la barra por medio de un sistema hidráulico de carrera fija y constante.

## 5.5 - Patentes

Una Patente es un título que reconoce el derecho de explotar en exclusiva la invención patentada, impidiendo a otros su fabricación, venta o utilización sin consentimiento del titular. Como contrapartida, la patente se pone a disposición del público para general conocimiento.

El derecho otorgado por una Patente no es tanto el de la fabricación, el ofrecimiento en el mercado y la utilización del objeto de la Patente, que siempre tiene y puede ejercitar el titular, sino, sobre todo y singularmente, "el derecho de excluir a otros" de la fabricación, utilización o introducción del producto o procedimiento patentado en el comercio.

La Patente puede referirse a un procedimiento nuevo, un aparato nuevo, un producto nuevo o un perfeccionamiento o mejora de los mismos. La duración de la Patente es de veinte años a contar desde la fecha de presentación de la solicitud. Para mantenerla en vigor es preciso pagar tasas anuales a partir de su concesión.

### La silla de ruedas que salva obstáculos

Son más de 1000 años los que se lleva investigando los avances técnicos en el ámbito de las sillas de ruedas. La necesidad de innovación y de participar en un mercado cada vez más competitivo, hacen que una herramienta de protección intelectual, como son las patentes, sea un proceso imprescindible a la hora de buscar nuevas tendencias y avances en un sector.

Una patente no se utiliza simplemente para proteger una invención, se utiliza para favorecer la investigación, nuevas ideas y pensamientos que, analizando lo ya existente en el mercado, desarrollan nuevas patentes.

Estas investigaciones están en mayor medida financiadas por empresas que, por medio de la innovación, buscan crear un mercado más competitivo y cuyo único fin es obtener el bienestar social.

Precisamente de este bienestar surge la primera idea para desarrollar una innovación patentable. Un problema como puede ser el de la movilidad en personas discapacitadas, ya sea para desarrollar sus tareas del hogar o para salir al exterior de sus viviendas, puede ser una motivación idónea para empezar un análisis de patentes.

Según el INE, al menos 2.088.902 personas no pueden desplazarse dentro o fuera de su hogar, lo que supone el 5,3% de la población española. La mayoría de las veces, estas limitaciones vienen condicionadas por barreras arquitectónicas, lo cual demanda sillas de ruedas que puedan salvar obstáculos.

Por ello se plantea un estudio de las patentes existentes en el mercado que abarquen dicho sector. De esta manera podremos apreciar dónde empezaron y hacia dónde se dirigen las investigaciones.

Existen 798 solicitudes de patente que pertenecen a la categoría de sillas de ruedas que salvan obstáculos, cada una de ellas incluye un problema a resolver, la manera en que resuelve dicho problema, el inventor, el solicitante, el país de procedencia de dicho documento, fecha de solicitud y aprobación, así como los resultados del estado de la técnica. Dicho análisis es una revisión de las patentes en las que se fundamenta una



invención, determinando si presenta o no un avance técnico y por tanto si se le otorga o no la patente.

La mayoría de dichas solicitudes de patente provienen de EE UU y Japón; en este caso, en España no existen muchas soluciones en este aspecto y la mayoría de las solicitudes son rechazadas. Un índice que se debe tener en cuenta en un proceso de solicitud, es el tiempo utilizado en obtener el visto bueno. Por ello, es de vital importancia analizar el tiempo medio de aprobación de la solicitud, ya que indica, en caso de ser largo, que la innovación puede que no se lleve a cabo.

Las empresas se desaniman cuando ven que sus solicitudes tardan en ser aprobadas un tiempo que no se pueden permitir perder, y no llegan a patentar nuevas ideas. Es lógico que cuanto mayor sea el número de solicitudes que una oficina regional de patentes tiene que tramitar, mayor será el tiempo que tardan en ser aprobadas. En EEUU este tiempo es largo debido a que son los que más patentes presentan y se requiere un análisis exhaustivo que se puede alargar hasta los dos años. Su gran economía u población son responsables, en parte, de este abundante proceso de tramitación de solicitudes.

No obstante, convendría apuntar que EE UU tiene una cultura sobre las patentes muy arraigada y administrativamente tienen más facilidades que otros países. En caso de querer solicitar la misma patente en varios países, existe la opción de una solicitud internacional (PCT).

Mediante un proceso de búsqueda, examen y aprobación a modo de racimo, entre los distintos países donde se esté interesado en obtener la patente, se realiza un estudio de viabilidad de la solicitud. En el momento en el que se consigue que dicha solicitud cumpla con los requisitos de todos los países solicitados, hay que proceder a presentar la solicitud en cada una de las oficinas locales necesarias para obtener la aprobación final.

La Oficina Europea de Patentes es un ejemplo de organismo encargado, entre otras cosas, de este tipo de proceso. Con la solicitud vía PCT se consigue una importante descarga de trabajo en las distintas oficinas locales, ya que es un trabajo en colaboración. Además, el solicitante se asegura la patente en varios países aunque el tiempo de solicitud sea el mismo. Todas aquellas invenciones que sean de producción a gran escala deberán acudir a este tipo de patentes.

Es de vital importancia el análisis del estado de la técnica antes mencionado. Pedir un estudio del estado de la técnica cuando se solicita una patente, asegura al autor que su patente es válida en los países donde es solicitada. En cierto modo es un índice de la calidad de una patente determinando si supone avance técnico o es una copia de algo ya existente.

Tras el estudio de las 798 patentes se ha observado que sólo el 10% de las patentes solicitaron dicho análisis. La mayoría son tramitadas en Europa ya que son las que en mayor medida lo requieren. Al ser inversiones a gran escala, las empresas no se pueden arriesgar y por ello lo solicitan para asegurarse la aprobación.

Respecto a la calidad obtenida en las patentes que solicitan el estado de la técnica, se obtiene un alto número de patentes rechazadas por suponer destrucción de la novedad. Sólo el 17% de las solicitudes resultaron clasificadas aptas; fueron solicitudes que realizaron un buen estudio del estado de la técnica. Por ello es tan importante solicitar este estudio, ya que de ello depende el éxito de una solicitud de patente.

El análisis de todas las solicitudes hace referencia a patentes fechadas desde 1909 hasta nuestros días. Además la totalidad de las solicitudes proponen la solución a cuatro grandes problemas a los que se enfrentan las sillas de ruedas que salvan obstáculos.

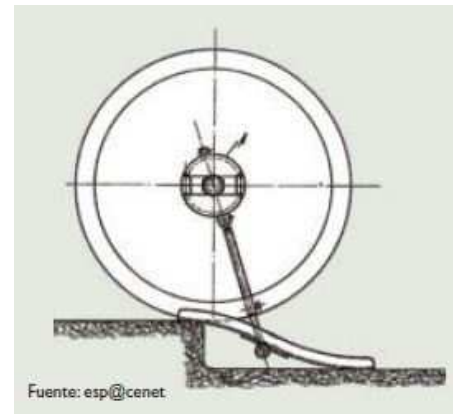
- Subida de bordillos y escaleras.
  - Desde 1980 se dio un gran incremento de este estudio, el cual estaba basado en encontrar la solución al problema de subir bordillos de distintos tamaños de una manera suave fuera la altura que fuera, ya que si la silla está adaptada para grandes bordillos, no solía tener suavidad en bordillos más pequeños.
  - Otros bordillos presentaban curvatura y ejercían una presión desfavorable en las ruedas en el momento de subirlos.
  - Las escaleras eran un problema más complejo a solucionar, ya que es un compromiso entre subida/bajada del peldaño, estabilidad de la silla y seguridad en su uso. Por ello la versatilidad de la silla perfecta debe cumplir estos requisitos.
- Horizontalidad del asiento.
  - Se busca una estabilidad y comodidad en el ocupante cuando salva un obstáculo. Mantener el centro de gravedad para otorgar una seguridad y permitir que el ocupante no sienta el paso de un obstáculo son las soluciones a adoptar con este problema.
- Irregularidad del terreno.
  - Desniveles o terrenos pedregosos son los que provocan la inestabilidad en las ruedas, y por tanto peligro para el ocupante. La presencia de agua en terrenos húmedos también produce pérdidas de frenada. Es necesario adaptar, por tanto, el vehículo a estas deficiencias de adherencia.
- Falta de seguridad.
  - La falta de seguridad viene provocada por las tres anteriores y es de vital importancia para el desarrollo de una invención.
  -

## Soluciones adoptadas

Del estudio de las soluciones adoptadas por dichas patentes para resolver los problemas antes descritos debe surgir la idea innovadora del investigador que intente mejorar o evolucionar hacia una nueva solicitud de patente. Las necesidades del momento en el que se solicitan y las limitaciones tecnológicas, permiten diferenciar a lo largo de los años las distintas soluciones que van apareciendo.

Podemos apreciar dos grandes periodos en los que las necesidades se pueden ver claramente diferenciadas:

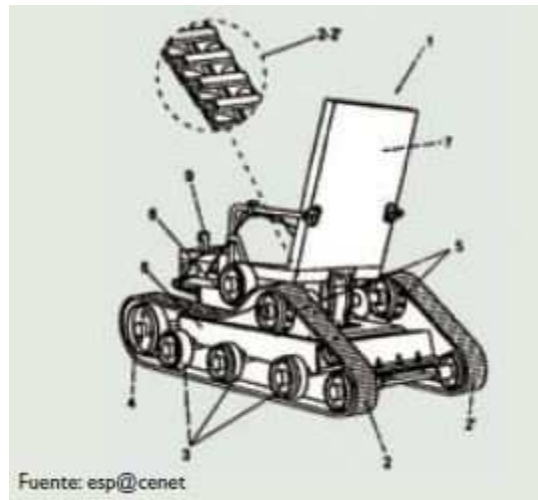
- Patentes hasta la década de los 90.
  - Desde principios del siglo XX hasta 1960, la mitad de las solicitudes corresponden a



soluciones para superar bordillos o escaleras. La primera patente data de 1909 y trataba de solucionar el paso de un bordillo mediante un dispositivo, mecanizado con la rueda, que convertía el obstáculo en una rampa.

- En torno a 1950 surge la idea de utilizar 3 ruedas en estrella que constituyan cada una de las ruedas convencionales, de este modo los bordillos eran superados con mayor facilidad. Los años sucesivos trataban de optimizar esta solución aplicando mayor número de ruedas o cambiando la disposición de las mismas.

- Entre 1970 y 1990 el problema que pasó a primer plano fue el de circular por terrenos irregulares. El 40% de las patentes que presentan soluciones a este problema frente al 30% de patentes dedicadas a solucionar la superación de bordillos o escaleras, así



lo demuestra. Se dotaba a las ruedas de una correa sinfín que, aun proporcionándole una imagen de carro de combate, eran de gran utilidad para circular por terrenos poco urbanizados. Poco a poco se perfeccionó dicho sistema; se intentó mejorar el aspecto de tanque suavizando las líneas; además se propuso a aplicar unos multiplicadores de par a las ruedas para que el manejo, por parte del usuario, fuera mucho más sencillo cuando debía superar un fuerte desnivel.

- En la década de los 90 el problema de superar bordillos y escaleras volvió a convertirse en prioritario para los investigadores. El matiz diferenciador con etapas anteriores era que las investigaciones se centraban en intentar que las sillas superaran largos tramos de escaleras. Supuso una gran inversión tecnológica, que dio como resultado: elevadores, ruedas controladas por ordenador... Las más grandes empresas invertían fuertes sumas para obtener una ventaja competitiva que consiguiese solucionar los problemas que los usuarios requerían.
- Patentes en la actualidad.
  - Ya en el siglo XXI, se profundiza en la solución de problemas referidos a la seguridad del usuario de la silla de ruedas. Hasta esa

fecha, sólo el 7% de las solicitudes presentaban soluciones referidas a seguridad.

- Ahora podemos encontrar innovaciones como el control de velocidad, de vuelco, diferentes sensores que hacen de la silla un instrumento inteligente. Se caracterizan en general, todas estas soluciones, por la implementación de la tecnología en sistemas electrónicos más puntera.
- Todo ello con el objetivo de mejorar el confort y obtener la mejor calidad en los productos destinados al mercado.

Los cuatro grandes problemas se siguen estudiando pero a otro nivel. Un nivel mucho más sofisticado que hace que muchas sillas calculen ángulos, pasos de escalón o que incluso controlen la tracción en los momentos más críticos. No obstante hay otras innovaciones que no ocurren a modernas tecnologías y que siguen creando enormes avances en el sector, un ejemplo puede ser un sistema mecánico desarrollado para controlar el descenso de la silla en pendientes y no perder el control en ningún momento.

### **Autoría de patentes**

Alrededor de 320 patentes, de la totalidad de las estudiadas, son inventadas y solicitadas por distintas personas. El resto de las solicitudes son la misma persona. La razón es que estos últimos son particulares que no llegan a explotarlas, o por su poca utilidad o por ser una innovación similar a otra patente anterior y su utilización puede ser susceptible de demanda por explotación indebida.

Por tanto se deduce que las 320 patentes, inventadas y solicitadas por diferentes individuos, corresponden a empresas del sector. Las empresas más importantes que acaparan mayor número de solicitantes en el estudio son las americanas Deka PLP, Invacare Corporation y Prime Mobility Products Corporation y la japonesa Sunwa Sharyo Manufacturing Company Ltd, comentadas anteriormente.

Está claro que la seguridad es la tendencia que se sigue en las investigaciones actuales. Todas las empresas centran sus esfuerzos en este punto débil que está condicionado claramente por los otros tres problemas más extendidos: horizontalidad, superación de obstáculos y terrenos irregulares.

Aún así, hay problemas que todavía necesitan ser tratados para obtener mejoras o que no tienen una solución determinada.

## 6.- Pliego de condiciones funcional

Antes de diseñar cualquier tipo de producto es necesario para que el diseño sea adecuado, conocer las necesidades que el usuario tiene. Conociendo las necesidades se pueden implementar en el producto las características que las satisfagan.

Las características se recogerán en funciones, y estas funciones son las que se estudian en el pliego de condiciones funcional. El pliego de condiciones funcional suele empezar en el estudio previo, conocido como pliego de condiciones de marketing, donde gracias a diferentes técnicas se han podido conocer algunas de las necesidades de los usuarios. En el caso concreto de este producto, el pliego de condiciones de marketing no existe como suele hacerlo en otros mercados. Esto se debe a la naturaleza del producto así como a la morfología del mercado al que va a ser destinado.

No obstante, se han llevado a cabo estudios propios del pliego de condiciones de marketing como el análisis de la competencia o el estudio de las patentes existentes para diseños similares.

Además de las funciones identificadas en las fases previas de este proyecto, el pliego de condiciones funcional se completará con la ayuda del equipo de diseño que propondrá mediante diferentes técnicas creativas funciones adicionales que se cree debiera incorporar el producto.

Existen diferentes técnicas de desarrollar el pliego de condiciones funcional o PCF, como por ejemplo la desarrollada por el Instituto de Ingenieros de Producción de Gran Bretaña, que engloba multitud de aspectos de diseño (27 para ser exactos) desde el ambiente en el que el producto diseñado se encontrara hasta su distribución. Otro método es el denominado Método RED y es el empleado en este PFC pues ha sido empleado por el autor anteriormente y se conoce su funcionamiento y efectividad.

### 6.1.- Método RED

Para la aplicación eficiente del Método RED es necesario el estudio previo de la necesidad. En capítulos anteriores se ha hablado de este tema, y la necesidad ha quedado claramente definida. Ahora bien, además de satisfacer las necesidades conocidas de los usuarios, el nuevo producto diseñado puede incorporar funciones que satisfagan necesidades desconocidas o no identificadas por los usuarios.

El Método RED identifica, recoge y transmite toda la información que puede resultar útil acerca del producto diseñado. Esta información que se recoge por decirlo de alguna manera “en bruto” tiene que ser analizada, cuantificada y valorada para que resulte útil para el diseñador.

El Método RED se divide en 6 fases que se estudian a continuación:

- Búsqueda Intuitiva
- Ciclo Vital y Entorno
- Análisis Secuencial de los Elementos Funcionales
- Movimientos y Fuerzas
- Productos de Referencia
- Normas y Reglamentos

### **6.1.1.- Búsqueda Intuitiva**

La búsqueda intuitiva permite identificar bastante bien las funciones principales de servicio o de uso, así como algunas funciones complementarias en el mínimo tiempo posible. No obstante, es muy peligroso contentarse con esto. Está estadísticamente comprobado que en esta primera fase que se lleva a cabo entre todos los componentes del equipo de diseño se suelen llegar a identificar en torno al 60 % de las funciones del producto. Estas funciones son las que componen el denominado pliego de condiciones funcional provisional que se complementará más adelante.

La búsqueda intuitiva tiene la ventaja de poder dar rápidamente las respuestas y tiene el inconveniente de que las olvida. A pesar de los fallos de este enfoque, el grupo de trabajo toma conciencia, en un plazo muy corto, de las funciones esenciales del producto. Esta ventaja favorece el proceso mental necesario para la aplicación de las demás fases del método RED.

### **Relación de los objetivos**

Los objetivos principales del producto que se está diseñando son los siguientes:

- Comodidad para el usuario
- Transporte seguro
- Fácil maniobrabilidad sobre terrenos difíciles y obstáculos

### **Examen de la documentación**

En los apartados anteriores de esta memoria se han mostrado los resultados obtenidos de la encuesta realizada a diferentes personas, entre ellas a personas con discapacidad física. De dicha encuesta se han extraído algunas características que el usuario desearía encontrar en un nuevo producto.

También se han estudiado patentes relacionadas con el producto a diseñar para conocer los diseños patentados (y por tanto no copiarlos) así como fuente de inspiración para posibles especificaciones que podría tener el diseño.

### **Búsqueda de las funciones**

Las funciones extraídas de la encuesta realizada, así como las funciones que se han valorado gracias a la observación en la vía urbana y tras un brainstorming se enumeran a continuación:

- Silla de ruedas cómoda y de fácil manejo.
- Ligera.

- Mantener una postura correcta.
- Buena amortiguación.
- Chasis rígido.
- Fácil manejo tanto de forma motora como manual.
- Reposabrazos ergonómicos
- Interior de reposabrazos acolchado.
- Reposapiés desmontables y abatibles hacia dentro.
- Cojín cómodo y desmontable.
- Ajuste de profundidad de asiento.
- Ajuste de altura y anchura de asiento.
- Respaldo ajustable en altura.
- Respaldo desmontable.
- Plegado sencillo y compacto.
- Motor de gran rendimiento.
- Posibilidad de manejo en lugares naturales.
- Existencia de compartimentos para llevar objetos personales.

## Crítica

De los requerimientos que se han valorado, algunos han sido descartados y otros suponen grandes desafíos para el diseño. Algunos ejemplos son:

- Ajuste de profundidad de asiento.
- Ajuste de altura y anchura de asiento.

## Información del Pliego de Condiciones Funcional (PCF)

En este apartado se anotarán las funciones con sus características según el orden de identificación. Así se constituye una primera lista que se complementará con las restantes fases del método RED.

### 6.1.2.- Estudio del ciclo vital y del entorno

El ciclo vital y el entorno se definen mediante un equipo de trabajo multidisciplinar. En este caso, el proyectista aporta sus propias ideas mediante ayuda de documentos y búsqueda en la web.

Se va a definir a continuación los diferentes entornos en los que va a trabajar el producto. La silla de ruedas no deberá soportar entornos especialmente agresivos, ni altas ni bajas temperaturas, ni ambientes corrosivos, ni altas presiones, solo entornos ambientales como interiores.

Deberá ser resistente a:

- Humedad (o pequeñas cantidades de agua)
- Partículas de polvo
- Radiación lumínica (artificial o solar)
- Temperaturas ambientales (entre -20 y 50 °C)
- Impactos o golpes en su uso habitual



Los componentes de la silla de ruedas deberán también ser resistentes a las sollicitaciones a las que se ve sometido por el uso normal, esto significa:

- Resistencia a la rodadura (no en cuanto a oposición al avance si no en cuanto a la capacidad de hacer kilómetros).
- Resistente a los múltiples ciclos de plegado y desplegado.
- Fundas o partes lavables resistentes a múltiples lavados.

## Ciclo vital

Se comprueba que el ciclo vital del producto es en torno a los 25 años. El ciclo vital del producto comienza en el momento en el que sale de la cadena de fabricación, después del control del buen funcionamiento y finaliza con el final de la aptitud del producto para su uso, porque alguna pieza insustituible rompa o se desgaste, o bien su diseño pase de moda.

De las distintas fases del ciclo de vida derivan algunos requerimientos funcionales que no se habían tenido en cuenta:

- Facilidad de embalaje.
- Buena capacidad de almacenado, para que resista a los esfuerzos de amontonamiento, el embalaje deberá ser resistente, no de un material blando. Conviene que sea de forma prismática para poder ser almacenado. El embalaje deberá ser hermético para que no entre polvo, agua o humedad.
- Buena capacidad de transporte, con el producto bien sujeto dentro del embalaje para que no sufra movimientos incontrolados.
- En cuanto a la exposición, el embalaje deberá ser agradable a la vista para atraer a los posibles compradores, porque el producto muchas veces puede que no esté expuesto desplegado, así que deberá mostrarse como es el producto en el embalaje, así como sus características más significativas.
- El desembalaje debe poder abrirse fácilmente y sin necesidad de ser destruido, para poder seguir haciendo uso de este posteriormente.



## Elementos del entorno interior

Se impone el hecho de que un producto no es jamás independiente de su entorno. Respecto al entorno interior, el producto deberá resistir a las fases de plegado, cuando sean necesarias, y de suspensión, así como una resistencia en los rodamientos. La entrada de polvo que se acumule en estas partes puede afectar al rendimiento y comodidad de uso del dispositivo, por lo que una buena lubricación puede evitar estos problemas.

También hay que valorar el desgaste de las ruedas y otros elementos de mantenimiento para el correcto funcionamiento del carro.

## Elementos de entorno exterior

Respecto al entorno exterior, el producto debe estar preparado para superar ambientes de lluvia, granizo, nieve, niebla, temperaturas de entre -20° y 50°, humos, tempestad, arena, polvo, vibraciones, hierba, piedras, barro, etc. Esto nos lleva a un producto que se adecúa a cualquier situación meteorológica sin importar el lugar donde se encuentre el usuario.

Así mismo, los elementos más comunes a los que estará sometido el producto y los más importantes son:

- Lluvia.
- Charcos.
- Polvo.
- Viento.
- Temperaturas bajas y elevadas.

Por esta razón el producto deberá soportar este tipo de elementos del entorno exterior con gran facilidad y sin producirse deterioro alguno en él.

## Funciones a añadir al PCF

- Asegurar maniobrabilidad y facilidad de agarre en plegado, así como un correcto tamaño en plegado.
- Asegurar el correcto desplegado cuando sea necesario.
- Proporcionar acolchamiento y confort al usuario.
- Baja generación de ruido y vibraciones en condiciones de marcha.
- Resguardar al usuario ante impactos, en la medida de lo posible, sin necesidad de cinturones.
- Previsión para cuesta hacia abajo (mecanismo de frenado remoto).
- No sufrir envejecimiento debido a situaciones meteorológicas extremas.

### 6.1.3.- El método SAFE (Sequential Analysis of Functional Elements)

Este método americano (Análisis secuencial de elementos funcionales), ha sido ideado con el fin de buscar las funciones de un producto por medio del estudio de las secuencias de su ciclo vital.

Existe un punto común entre este enfoque y el método precedente, ya que el ciclo vital está en su base. El aspecto más interesante del método SAFE es que da la prioridad a las secuencias de uso del producto. El análisis de las secuencias consiste en identificar todas las operaciones que tienen una relación directa con el uso del producto y en buscar para cada una de ellas las funciones que se relacionan. En otras palabras, se trata de ponerse en el sitio del usuario, de tener igualmente en cuenta el entorno en el momento en que se utiliza el producto y de buscar cuáles son las funciones a cumplir durante este periodo.

#### Ciclo vital – Método SAFE

- Coger la silla de ruedas de su lugar de almacenaje.
- Llevar la silla al lugar donde el usuario se va a sentar.
- Subir al usuario en la silla, bien ubicado y encajado de manera que esté confortable.
- Realizar el transporte ya sea en un entorno interno como externo.
- Bajar al usuario de la silla de ruedas.
- Llevar la silla al lugar de almacenaje.

#### Funciones a añadir al PCF

- Facilidad de retirado del lugar de almacenamiento. Interesa que la silla no tenga elementos salientes que se enganchen y que sea un prisma regular.
- Ligero y cómodo para llevar.
- Manejable.
- Facilidad para subir y bajar al usuario de la silla.
- Facilidad de transporte y posibilidad de virar sin fragmentar objetos de los alrededores.

### 6.1.4.- Movimientos y esfuerzos

En esta fase del Método RED se estudian cuantitativamente los movimientos y esfuerzos a los que está sometido a lo largo de su vida el producto.

Las funciones que resultan de esta fase del análisis son funciones técnicas, funciones de soporte de las funciones de servicio. Sin las funciones técnicas, las funciones de servicio no se podrían cumplir.

El estudio de los movimientos y de los esfuerzos aporta una contribución al carácter exhaustivo del análisis funcional. Esto permite revelar funciones de dos tipos.

- Activas.
- Pasivas.

Estas funciones son de tipo habitual u ocasional y en algunos casos excepcional. Se pueden presentar varios tipos de situaciones:

- Los movimientos y los esfuerzos conciernen al conjunto del producto.
- Conciernen a una parte del producto.
- El origen de los movimientos y de las fuerzas es intrínseco al producto.
- El origen es externo al producto.

## Movimientos

- Movimiento de rodadura de la silla para el transporte.
- Movimiento de plegado y desplegado y de todos los mecanismos necesarios para llevar a cabo este movimiento.
- Retirada del motor para su posterior plegado.

La mayor parte del tiempo la silla de ruedas permanecerá desplegada así como con el motor colocado en su sitio, ya que en pocas ocasiones el motor será sometido a su retirada y posterior plegado de la silla de ruedas.

## Esfuerzos

- Esfuerzo sobre la silla del peso del usuario y los componentes y accesorios sobre todo el aparato.
- Esfuerzos de deslizamiento entre piezas móviles, para pliegue y despliegue, y para el ajuste de sillón, mando y reposabrazos.

La resistencia mecánica del producto es un factor importante de su capacidad para el empleo y de su fiabilidad.

Atendiendo así al mayor esfuerzo realizado sobre la silla (soportar el peso del usuario) podemos decir que un peso de 80 Kg sería el peso habitual, pero puede ser que excepcionalmente suceda el caso de tener que soportar una peso superior incluso llegando a ser duplicado. Por ello la silla tiene que estar diseñada para soportar grandes pesos.

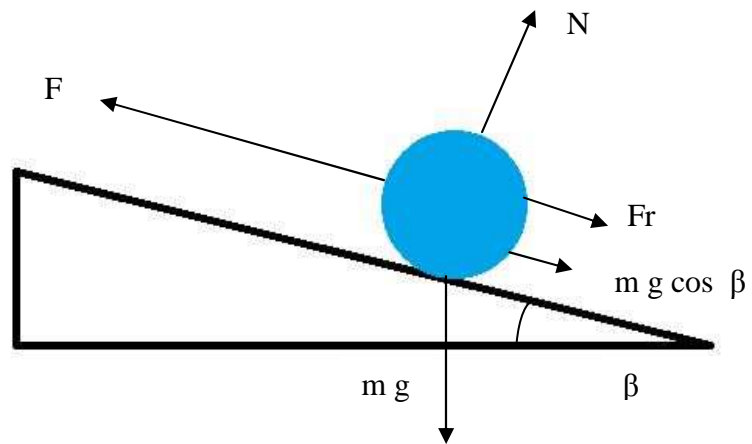
También hay que tener en cuenta que la silla puede ser sometida a esfuerzos inesperados, por lo que su diseño debe ser tratado con cuidado.

## *Análisis de esfuerzos*

Se analiza la fuerza con la superficie con la mayor inclinación ascendente, se toma un coeficiente de fricción cinético aproximado ( $\mu_C$ ) igual a 0'57, en los materiales de hule sobre concreto, y con el peso total a movilizar se calcula la fuerza máxima necesaria para la movilización hacia delante, atrás, izquierda o derecha ya que la fuerza requerida  $F$  para el movimiento debe ser igual a la fuerza de rozamiento  $F_r$ , se toma la normal en función del ángulo  $\beta$  que representa el 11% del PMPI.

$$N = m g \cos \beta$$

La fuerza máxima  $F$  necesaria para la movilización es la suma de la fuerza de rozamiento  $F_r$  con la componente del peso ( $m g \sin \beta$ )



$$Fr = \mu N$$

$$F = Fr + m g \sin \beta$$

$$F = (m g) (\mu \cos \beta + \sin \beta)$$

## Funciones a añadir al PCFC

- No tener piezas fácilmente desmontables.
- Montaje y desmontaje del motor de forma fácil.

### 6.1.5.- Productos de referencia

Los aspectos del análisis funcional que acabamos de describir permiten enumerar un gran número de funciones, pero siempre es posible una omisión.

En esta fase, se estudian los productos de producción propia así como productos de la competencia en busca de soluciones a problemas que existan en el diseño.

El diseño de este producto, no es único y existen empresas que disponen de otros productos similares para la búsqueda de soluciones.

En cuanto a la competencia, en el capítulo anterior, se ha hecho un estudio bastante exhaustivo de los diseños de la competencia. Sobre todo se han estudiado los puntos fuertes y los fallos frecuentes de cada uno de los diseños. En base a eso se han realizado algunos bocetos que posteriormente tendrán que ser validados y perfeccionados. Algunos de esos bocetos se muestran en el capítulo de Diseño Conceptual.

### 6.1.6.- Normas y reglamentos

En la colección de normas francesas relativas a la gestión y a la garantía de la calidad, B. Vaucelle, director general de AFNOR (Asociación Francesa de Normalización), escribió lo siguiente:

“Las normas integran los principios, las líneas maestras, y las disposiciones fundamentales de los referentes que, en materia de gestión y de garantía de la calidad, cubren el enfoque conceptual y operativo para la gestión interna y el enfoque operativo en situación contractual”.

Las normas conciernen a todas las empresas preocupadas en el control del diseño de sus productos. En el plano de la calidad, contribuyen a aportar información útil y a facilitar la prueba de esta calidad, tanto dentro de la empresa como frente a sus clientes.

Por otra parte, la certificación de las empresas y de los productos induce notablemente al respeto de un cierto número de normas fundamentales. Como consecuencia de ello, el desarrollo de un producto y su éxito comercial merecen la aplicación de algunas normas.

Respecto a las sillas de ruedas, se han encontrado alguna normativa que debe cumplir la propia silla para ser fabricada.

## Peso máximo del usuario

Existen criterios para limitar el peso máximo de un usuario que utiliza una silla de ruedas electrónica, dependiendo del material con el que se construye la silla, ensamblajes, uniones, etc. La masa máxima del usuario que se considera es de 150 Kg, por ser especificado en la silla de ruedas utilizada., pero hay que tener en cuenta, siempre que se realice un diseño que debe soportar peso, un margen bastante amplio, como puede ser el 150%. En este diseño se va a tener un margen más amplio, llegando así a calcular el peso del usuario hasta un máximo de 300 Kg.

$PTM = PEM + PMU + PSC$			
PEM	→ Peso de Estructura Mecánica	=	314N
PMU	→ Peso Máximo del Usuario	=	3000 N
PSC	→ Peso del sistema de Control	=	20 N
PTM	→ Peso Total para Movilizarse	=	3334 N

## Velocidad máxima

Comercialmente existen empresas dedicadas a la fabricación de sillas de ruedas electrónicas como las anteriormente citadas, con especificaciones de velocidades entre 9 Km/h y 1'8 Km/h, con lo cual se toma el promedio de estos valores siendo de 5'4 Km/h, y se realizan pruebas para esta velocidad encontrando que para el sistema realizado en el presente trabajo, la máxima velocidad es de 7 Km/h.

## Pendientes de subida o bajada

Sobre requerimientos del diseño en espacios para sillas de ruedas, se norman según los siguientes aspectos:

TMSD	→ Tramo Máximo Sin Descanso = 9 metros
PMPI	→ Pendiente Máxima en Interiores = 11%, ángulo de 6°
PMPE	→ Pendiente Máxima en Exteriores = 8%, ángulo de 4'6°
PMR	→ Pendiente Máxima Recomendable = 8%, ángulo de 3'4°

## 6.2.- Pliego de necesidades

Tras la aplicación del Método RED, las principales necesidades para una silla de ruedas son las siguientes:

- Comodidad para el usuario.
- Transporte seguro.
- Fácil maniobrabilidad sobre terrenos difíciles y obstáculos.
- Ligera.
- Mantener una postura correcta.
- Buena amortiguación.
- Chasis rígido.
- Fácil manejo tanto de forma motora como manual.
- Reposabrazos ergonómicos.
- Interior de reposabrazos acolchado.
- Reposapiés desmontables y abatibles hacia dentro.
- Cojín cómodo y desmontable.
- Respaldo ajustable en altura.
- Respaldo desmontable.
- Plegado sencillo y compacto.
- Motor de gran rendimiento.
- Posibilidad de manejo en lugares naturales.
- Existencia de compartimentos para llevar objetos personales.

- Resistencia a la rodadura (no en cuanto a oposición al avance si no en cuanto a la capacidad de hacer kilómetros).
- Resistente a los múltiples ciclos de plegado y desplegado.
- Fundas o partes lavables resistentes a múltiples lavados.
- Asegurar maniobrabilidad y facilidad de agarre en plegado, así como un correcto tamaño en plegado.
- Asegurar el correcto desplegado cuando sea necesario.
- Proporcionar acolchamiento y confort al usuario.
- Baja generación de ruido y vibraciones en condiciones de marcha.
- Resguardar al usuario ante impactos, en la medida de lo posible, sin necesidad de cinturones.
- Previsión para cuesta hacia abajo (mecanismo de frenado remoto).
- No sufrir envejecimiento debido a situaciones meteorológicas extremas.
- Facilidad de retirado del lugar de almacenamiento. Interesa que la silla no tenga elementos salientes que se enganchen y que sea un prisma regular.
- Cómoda para llevar.
- Facilidad para subir y bajar al usuario de la silla.
- Facilidad de transporte y posibilidad de virar sin fragmentar objetos de los alrededores.
- No tener piezas fácilmente desmontables.
- Montaje y desmontaje del motor de forma fácil.

## 7.- Priorización de requerimientos funcionales

Para facilitar la elaboración del QFD en el capítulo siguiente, se ha creído necesaria la jerarquización de los requerimientos funcionales obtenidos en el Pliego de Condiciones Funcional.

Se considera que existen tres tipos de funciones: primarias, secundarias y terciarias. Las primarias son aquellas fundamentales en el diseño del producto, mientras que las terciarias son funciones que tienen que cumplirse, pero pueden ser ligeramente sacrificadas en beneficio de una función de mayor prioridad.

La clasificación de estas funciones ha sido llevada a cabo por el autor de este proyecto. Cabe destacar que este, al igual que el QFD es un proceso que debe llevarse a cabo entre todos los integrantes del proyecto de diseño, ya que en los diferentes puntos de vista de los diseñadores se encuentra la riqueza del propio diseño. Lamentablemente y dado que este se trata de un Proyecto de Final de Carrera, el equipo de diseño está compuesto por una única persona.

Para solventar esta carencia, el autor, además de realizar una encuesta a personas anónimas, ha mantenido conversaciones con usuarios de sillas de ruedas para conocer los gustos que estas personas tienen y las necesidades que ellos creen que les falta en su silla de ruedas de uso diario.

La clasificación de los requerimientos funcionales o funciones se hace a continuación.

### 7.1.- Funciones primarias

Estas son las funciones que el diseño final deberá cumplir. Son las más importantes y las que el cliente más va a valorar en primera instancia, por tanto hay que ser especialmente exigente con ellas.

- Comodidad para el usuario.
- Transporte seguro.
- Ligera.
- Mantener una postura correcta.
- Motor de gran rendimiento.

### 7.2.- Funciones secundarias

Las funciones secundarias, sin ser tan importantes o críticas como las primarias tienen gran peso en el diseño.

Tienen que cumplirse de la forma más eficiente posible, pero pueden sacrificarse ligeramente a favor de una función primaria.

- Fácil maniobrabilidad sobre terrenos difíciles y obstáculos.
- Buena amortiguación.
- Chasis rígido.
- Fácil manejo tanto de forma motora como manual.
- Plegado sencillo y compacto.
- Existencia de compartimentos para llevar objetos personales.



- Resistencia a la rodadura (no en cuanto a oposición al avance si no en cuanto a la capacidad de hacer kilómetros).
- Resistente a los múltiples ciclos de plegado y desplegado.
- Asegurar maniobrabilidad y facilidad de agarre en plegado, así como un correcto tamaño en plegado.
- Asegurar el correcto desplegado cuando sea necesario.
- Proporcionar acolchamiento y confort al usuario.
- Cómoda para llevar.
- Baja generación de ruido y vibraciones en condiciones de marcha.
- No sufrir envejecimiento debido a situaciones meteorológicas extremas.

### **7.3.- Funciones terciarias**

Las funciones terciarias no se deben despreciar en ningún caso por pertenecer al último grupo.

Su importancia en el diseño es considerable, y es posible que las diferencias en ellas sea la diferencia entre el éxito del diseño o su fracaso, por tanto habrá que trabajar de forma aplicada sobre ellas.

- Reposabrazos ergonómicos.
- Interior de reposabrazos acolchado.
- Reposapiés desmontables y abatibles hacia dentro.
- Cojín cómodo y desmontable.
- Respaldo ajustable en altura.
- Respaldo desmontable.
- Posibilidad de manejo en lugares naturales.
- Fundas o partes lavables resistentes a múltiples lavados.
- Resguardar al usuario ante impactos, en la medida de lo posible, sin necesidad de cinturones.
- Previsión para cuesta hacia abajo (mecanismo de frenado remoto).
- Facilidad de retirado del lugar de almacenamiento. Interesa que la silla no tenga elementos salientes que se enganchen y que sea un prisma regular.
- Facilidad para subir y bajar al usuario de la silla.
- Facilidad de transporte y posibilidad de virar sin fragmentar objetos de los alrededores.
- No tener piezas fácilmente desmontables.
- Montaje y desmontaje del motor de forma fácil.

## 8.- QFD

Es posible fabricar un producto con unas excelentes prestaciones, a un bajo precio y, sin embargo, fracasar por no tener la acogida esperada en el mercado. Esta situación indicaría que el diseño se ha hecho a espaldas del cliente potencial o que, aun habiendo intentado conocer las expectativas de este, se ha fracasado a la hora de traducirlas a características del producto.

Para que el diseño de un producto sea exitoso no es necesario por tanto identificar las necesidades del cliente, hay que ser capaz de plasmar esas necesidades expresadas y latentes en el diseño final. Para ello, el diseño una vez más es pieza fundamental en el éxito o fracaso de un producto.

El QFD es un sistema que busca focalizar el diseño de los productos y servicios en dar respuesta a las necesidades de los clientes. Esto significa alinear lo que el cliente quiere con lo que la organización produce.

El QFD permite a una organización entender la prioridad de las necesidades de sus clientes y encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, a través de la mejora continua de los productos y servicios en búsqueda de maximizar la oferta de valor.

QFD (Quality Function Deployment) significa Despliegue de la Función de Calidad. Esto es, "transmitir" los atributos de calidad que el cliente demanda a través de los procesos organizacionales, para que cada proceso pueda contribuir al aseguramiento de estas características. A través del QFD, todo el personal de una organización puede entender lo que es realmente importante para los clientes y trabajar para cumplirlo.

Se pueden definir 3 objetivos principales del QFD:

- Traducir las demandas expresadas y latentes del cliente al producto o servicio, es decir, no diseñar a espaldas al cliente.
- Obtener una calidad excelente de un producto o servicio.
- Reducir el periodo de lanzamiento del producto.

Su objetivo final, hacia donde se dirigen estos tres mandamientos es la obtención de una Calidad de Diseño de un producto/servicio excelente mediante la conversión de las necesidades del cliente en Características de Calidad adecuadas, sin omisiones ni elementos superfluos.

En este caso reducir el periodo de lanzamiento no es vital, ya que este producto no se va a fabricar a corto plazo, pero no debe ser un aspecto despreciable. Reducir costes y plazos supone un valor añadido para el cliente aumentando así su satisfacción. Y este hecho es fundamental en la Calidad Total.

Para conseguir esto no basta sólo con hacer que las expectativas del cliente sean las que condicionen el diseño, sino también el proceso de fabricación. Por otro lado, es importante que la dirección de la empresa esté concienciada acerca de la importancia que tiene la calidad en todo el proceso de producción del producto. Pero yendo más allá, no hay que conformarse con que sólo la dirección esté implicada. Lo ideal es conseguir que todo el personal participante en la fabricación y diseño del producto se involucre con este concepto, que no es otro que el de la Calidad Total. Se busca la disminución de costes del producto, la disminución de los tiempos de fabricación, la reducción de posibles defectos y, todo ello destinado a un único objetivo final: un mayor grado de satisfacción del cliente. En resumidas cuentas, el QFD es una forma de organizar la gestión de la Calidad Total.

El QFD no es una técnica milagrosa por sí sola, y necesita ciertos factores clave para que sea satisfactorio:

- Apoyo gerencial.
- Plazos adecuados para la obtención de resultados.
- Motivación adecuada para el equipo de trabajo.
- Planteamiento correcto.

Si no se tienen en cuenta estos factores, no es posible realizar con éxito el QFD.

### 8.1.- Expectativas del cliente

Para llevar a cabo esta técnica hay que partir de lo que el cliente quiere, algo que ya se sabe gracias a la encuesta realizada anteriormente y al Pliego de Condiciones Funcional, también realizado anteriormente. Siendo ese el punto de partida, lo primero que se debe hacer es traducir las palabras del cliente a requisitos del cliente, cuantificar esos requisitos.

Nótese que el concepto de cliente es muy amplio, yendo más allá del usuario final del producto. El cliente abarca a cualquier persona que o actividad que tenga relación funcional con el producto. En este caso particular, no sólo es cliente el usuario discapacitado que se sienta en la silla de ruedas, sino también la persona acompañante al usuario ya sea para ayudarlo a realizar un trayecto como para levantar y sentar a la persona con minusvalía.

En la siguiente tabla se muestra el resultado de la conversión de las palabras del cliente a requerimientos del cliente.

Palabras del cliente		Requisitos del cliente
1	Cómoda para el usuario	Que tenga un asiento y un respaldo acolchado
2	Transporte seguro	Que la silla sea cómoda y segura
3	Fácil maniobrabilidad sobre terrenos difíciles y obstáculos	Que las ruedas superen terrenos difíciles
4	Que mantenga una postura correcta	Que la amortiguación sea correcta y se adapte al terreno
5	Buena amortiguación	Que disponga de un buen sistema de amortiguación
6	Chasis rígido	Que el chasis sea de aluminio
7	Que sea ligera	
8	Cómoda para llevar	Que disponga de un mando de fácil uso y un manillar cómodo
9	Fácil manejo tanto de forma motora como manual	
10	Que tenga reposabrazos ergonómicos	Que disponga de reposabrazos y de algún material esponjoso
11	Que el interior de los reposabrazos sea acolchado	
12	Que tenga reposapiés desmontables y abatibles	Que los reposapiés dispongan de un sistema para poder

	hacia dentro	abatirlos
13	Que tenga un cojín cómodo y desmontable	Que el cojín sea de un material esponjoso
14	Respaldo ajustable en altura	Que el respaldo tenga un sistema de montaje y ajustable
15	Respaldo desmontable	
16	Plegado sencillo y compacto	Que tenga un sistema de plegado fácil de usar
17	Motor de gran rendimiento	Que el motor tenga un gran rendimiento
18	Posibilidad de manejo en lugares naturales	Que las ruedas estén preparadas para rodar en barro, agua, piedras, etc.
19	Que tenga compartimentos para llevar objetos	Que esté dotada de una cesta con bolsillos para colocar objetos
20	Resistencia a la rodadura	Que el sistema de rodadura aguante muchos años
21	Resistente a múltiples ciclos de plegado y desplegado	Que el sistema de plegado resista múltiples usos
22	Fundas o partes lavables resistentes a múltiples lavados	Que las fundas de la silla se puedan quitar con facilidad para su lavado
23	Facilidad de agarre en plegado	Que disponga de asas a la hora de estar plegada
24	Asegurar el correcto desplegado	Tanto el plegado como el desplegado sea fácil
25	Baja generación de ruido y vibraciones en condiciones de marcha	Que el motor sea silencioso
26	Resguardar al usuario ante impactos	Que disponga de cinturón de seguridad
27	Que tenga un mecanismo de frenado	Que disponga de un mecanismo de frenado accionado por control remoto
28	Que no sufra envejecimiento debido a situaciones meteorológicas extremas	Que resista la lluvia, la nieve, el calor, el frío. Buen agarre al terreno frente a viento extremo
29	Que no tenga elementos salientes	Que no disponga de salientes en las juntas de unión así como en el resto de la silla
30	Facilidad de transporte y posibilidad de virar sin molestar a los alrededores	Que disponga de un sistema de conducción de fácil manejo tanto para desplazarse hacia delante y atrás como para virar

31	Facilidad de subir y bajar al usuario	Que disponga de hueco suficiente como para ayudar al usuario a subir y bajar
32	Que no tenga piezas fácilmente desmontables	Que las uniones entre piezas sean correctas y resistentes
33	Que el motor se monte de forma fácil	Que el motor disponga de un sistema de anclaje sencillo

Antes de llevar a cabo la ponderación de funciones se han priorizado todos los requisitos del cliente para trabajar con los que verdaderamente son importantes y dotan de excelencia al producto. Para eso se ha confeccionado otra tabla, utilizando el método de análisis jerárquico propuesto por Thomas Saaty, sencillamente conocido como SAATY.

El método SAATY es un procedimiento de comparación por pares de los criterios que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar, en este caso requisitos del cliente. Así se establece una matriz de comparación entre pares de requisitos, asignando un número dependiendo de la importancia de un requisito frente a otro. Para facilitar el cálculo, se han elegido los siguientes números:

- 1= requisito igual de importante.
- 3 = requisito más importante.
- 9 = requisito mucho más importante.

Si un requisito A es más importante que B, se le asignará el valor de 3. Al asignar este valor, se está asignando también la importancia de B frente a A, que no es otra que 1/3, valor del elemento simétrico al primero en la matriz construida. Análogamente, si A es mucho más importante que B, entonces al primero se le asignará el valor de 9 y al segundo el de 1/9.

Tras la identificación de las expectativas del cliente, el siguiente paso es jerarquizar la lista homogénea antes establecida. Mediante la Matriz de Priorización de requisitos del Cliente (SAATY) obtenemos para cada característica una calificación según su importancia y según una escala normalizada respecto a 100.

A continuación se muestra la matriz construida mediante esta técnica y de la que se han podido extraer los requisitos más importantes para el cliente, minimizando las valoraciones subjetivas.

Expectativa	Peso	
1	Que la silla sea cómoda y segura	100
2	Que el motor tenga un gran rendimiento	96
3	Que tenga un asiento y un respaldo acolchado	95
4	Que resista la lluvia, la nieve, el calor, el frío. Buen agarre al terreno frente a viento extremo	92
5	Que disponga de un sistema de conducción de fácil manejo tanto para desplazarse hacia delante y atrás como para virar	91
6	Que disponga de un mando de fácil uso y un manillar cómodo	88
7	Que los reposapiés dispongan de un sistema para poder abatirlos	86

8	Que el cojín sea de un material esponjoso	85
9	Que esté hecha de aluminio	82
10	Que disponga de hueco suficiente como para ayudar al usuario a subir y bajar	80
11	Que no disponga de salientes en las juntas de unión así como en el resto de la silla	77
12	Que las ruedas superen terrenos difíciles	76
13	Que el sistema de rodadura aguante muchos años	75
14	Tanto el plegado como el desplegado sea fácil	72
15	Que disponga de un mecanismo de frenado accionado por control remoto	71
16	Que las uniones entre piezas sean correctas y resistentes	70
17	Que la amortiguación sea correcta y se adapte al terreno	68
18	Que disponga de un buen sistema de amortiguación	67
19	Que disponga de reposabrazos y de algún material esponjoso	65
20	Que tenga un sistema de plegado fácil de usar	64
21	Que el motor sea silencioso	63
22	Que las fundas de la silla se puedan quitar con facilidad para su lavado	55
23	Que el respaldo tenga un sistema de montaje y ajustable	48
24	Que el motor disponga de un sistema de anclaje sencillo	42
25	Que las ruedas estén preparadas para rodar en barro, agua, piedras, etc.	35
26	Que esté dotada de una cesta con bolsillos para colocar objetos	34
27	Que el sistema de plegado resista múltiples usos	32
28	Que disponga de asas a la hora de estar plegada	26
29	Que disponga de cinturón de seguridad	22

Como se pueden observar en dicha tabla, los diez requisitos con más peso para los clientes son:

- Que la silla sea cómoda y segura.
- Que el motor tenga un gran rendimiento.
- Que tenga un asiento y un respaldo acolchado.
- Resistente al ambiente.
- Que disponga de un mando de fácil uso y un manillar cómodo.
- Que disponga de un sistema de conducción de fácil manejo tanto para desplazarse hacia delante y atrás como para virar.
- Que los reposapiés tengan un sistema para poder abatirlos.
- Que disponga de hueco suficiente como para ayudar al usuario a subir y a bajar.
- Que el cojín sea de un material esponjoso.
- Que el chasis sea de aluminio.

Los requisitos ya están priorizados. El resultado de esta operación debe saldarse y materializarse en una lista que contenga al menos dos columnas. En la primera de las columnas se anotan los tipos de cliente y en la segunda sus especificaciones así como las anotaciones particulares correspondientes, relacionadas con el producto que se quiere desarrollar.

Para establecer una lista exhaustiva de estas expectativas, se debe recoger aquellas otras características que el cliente no ha pedido expresamente pero que es necesario y aconsejable garantizar. Entre estas características se encuentran las siguientes:

- Aquellas que el cliente espera encontrar implícitamente y sin pedir las.
- Aquellas exigidas por las normas y por los reglamentos.
- Las novedades que el cliente no se espera pero que le agradarán y que, por tanto, constituyen extras para el producto. Estos extras tienen que ser especialmente útiles.
- Los puntos fuertes que caracterizan al producto y lo distinguen de los productos de la competencia.
- Aquellas que son necesarias para una futura ampliación de las funcionalidades del producto.

## ***8.2.- Jerarquización de las expectativas del cliente***

El siguiente paso será jerarquizar la lista homogénea antes establecida. Para ello habrá que considerar dos criterios:

- La importancia relativa que tiene cada característica para cada tipo de cliente.
- La importancia relativa que tiene cada tipo de cliente para la empresa.

Cada tipo de cliente otorga a cada característica una clasificación según su importancia, del 1 al 5 según su importancia.

1 = Despreciable

2 = Poco importante

3 = Importante

4 = Muy importante

5 = Imperativo

De esta forma obtenemos la siguiente matriz







Tras jerarquizar la lista anteriormente establecida y analizar la importancia que cada requisito para cada tipo de cliente (empresas privadas, empresas públicas, pequeños comercios, clientes individuales), se aprecia una importancia clara de la seguridad frente al resto de requisitos.

El problema de la venta del producto, son los clientes a los que está dirigida dicha venta. Casi la mitad de las ventas se destinan a empresas privadas, las cuales no se interesan mucho por los requisitos tal y como se pueden interesar los pequeños comercios o los propios clientes que realizan las compras a través de la web. Las empresas privadas alcanzan el 45% de las ventas mientras que el resto de clientes no llegan a superar el 25%.

La puntuación de cada requisito para los propios usuarios de sillas de ruedas se encuentra alrededor del 4, puntuación muy alta que demuestra que estas características son de mucha importancia para los mismos, tal y como se ha mostrado anteriormente en la lista de requisitos.

De esta forma, se observa que la mayor parte de las ventas no muestra interés alguno en los requisitos del producto a diseñar, pero no por ello se va a diseñar un producto cualquiera, sino un producto novedoso que sacie las necesidades y los gustos de los usuarios.

### **8.3.- Definición del producto. Funciones**

El siguiente paso trata de dar solución a esos requisitos. Para que resulte más comprensible, mediante el Pliego de Condiciones Funcional y la primera fase del QFD, se han determinado los QUES que quiere el cliente. Ahora se debe determinar la forma en la que se va a satisfacer esas necesidades. A estas soluciones se les conoce con el nombre de COMOS.

Definiendo la interacción entre QUÉ y CÓMO, se puede dar un peso a los CÓMOS o funciones.

Las interacciones pueden clasificarse en tres grados, débil, media y fuerte, por medio de los números que se muestran a continuación.

- Correlación fuerte = 9
- Correlación media = 3
- Correlación débil = 1

De esta forma se construye la tabla que se muestra a continuación.

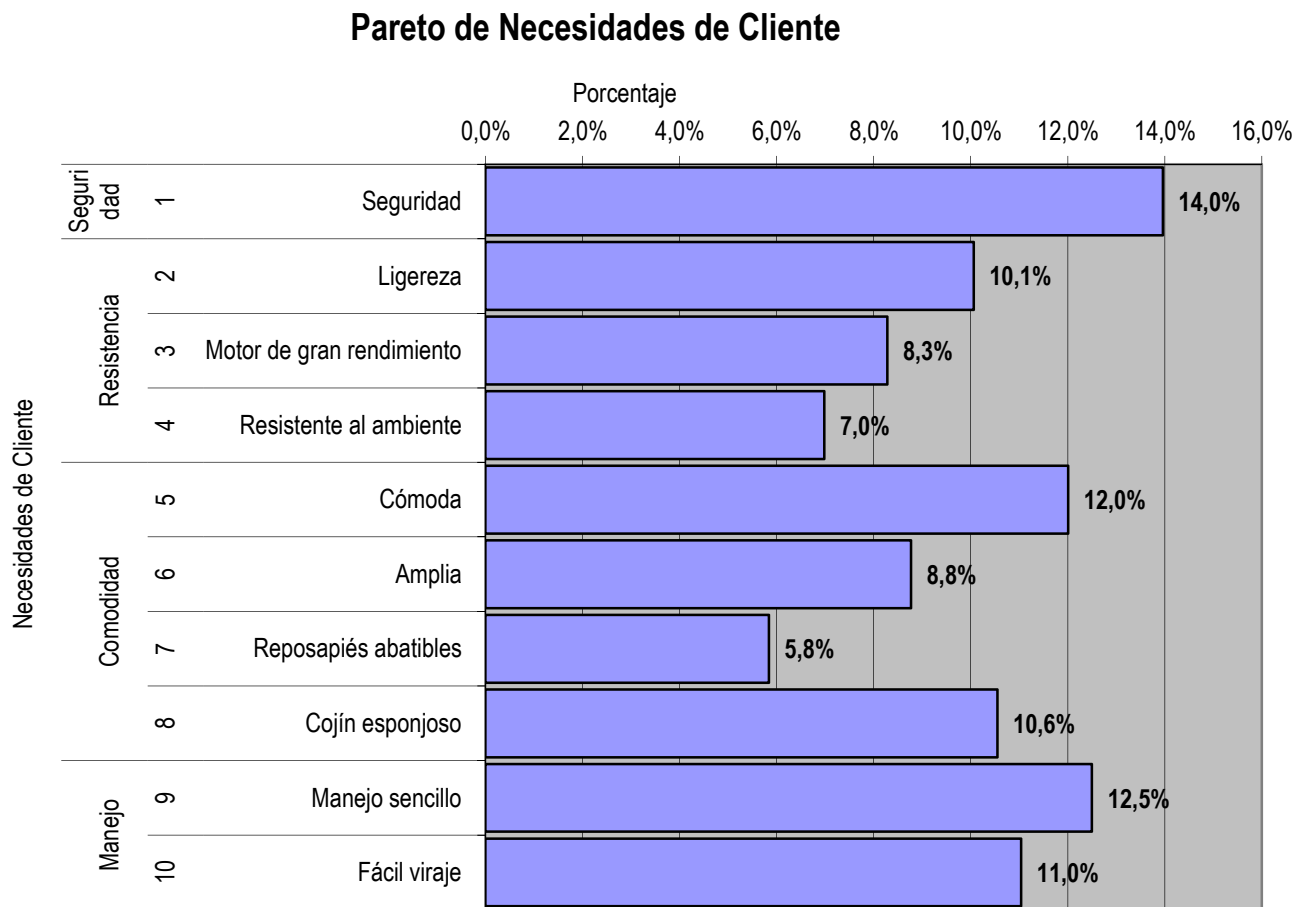
A partir de esta tabla, se construyen los paretos de necesidades del cliente y de parámetros de diseño

QFD – Matriz de relaciones: Silla de ruedas

		Parámetros de diseño									
Matriz de relaciones: Silla de ruedas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Necesidad Superior		6.4%	6.3%	5.9%	12.7%	12.3%	16.2%	10.3%	16.5%	6.0%	5.4%
No		Peso	Durabilidad	Dimensiones	Materia	Resistencia	Ergonomía	Potencia	Fiabilidad	Peso	Esfuerzos
Seguridad	1	1	3		3	1	3		9		
Resistencia	2	3			9	9		3	9	9	3
	3	3	3			9		9	3		3
	4	3	9		9	9		9	9		1
Comodidad	5				3		9		3		
	6			9			9				
	7			1			9				
	8	3			3		9				3
Manejabilidad	9			3				1		3	
	10	1				1					1
		100,0%									
Peso ponderado OK		1.3	1.3	1.2	2.6	2.5	3.8	2.1	3.4	1.2	1.1
Médico		Precio	Durabilidad	Dimensiones	Materia	Resistencia	Ergonomía	Potencia	Fiabilidad	Peso	Esfuerzos
Dirección de Mejora		Euros	años	mm				W		Kg	
Nivel actual		menor es mejor	mayor es mejor	menor es mejor		mayor es mejor	mayor es mejor	mayor es mejor	mayor es mejor	menor es mejor	
Nivel competencia 1		3.500 €	15 años	950x600x80	Aluminio	400					
Nivel competencia 2		3.300 €	20 años	930x530x70	Aluminio	300					
Nivel competencia 3		3.800 €	18 años	950x620x70	Aluminio	400					
Meta		2.800 €	25 años	920x590x700							
Dificultad		85%	60%	80%		20%	10%				

Necesidad Superior		Matriz de relaciones: Silla de ruedas		Calificación ponderada actual 30,1%			
No	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderado	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa
1	Seguridad	14,0%	95%	14,0%	13,3%	0,7%	3,5%
2	Resistencia	10,1%	80%	10,1%	8,0%	2,0%	10,1%
3	Motor de gran rendimiento	8,3%	75%	8,3%	6,2%	2,1%	10,4%
4	Resistente al ambiente	7,0%	65%	7,0%	4,5%	2,4%	12,3%
5	Cómoda	12,0%	90%	12,0%	10,8%	1,2%	6,0%
6	Amplia	8,8%	80%	8,8%	7,0%	1,8%	8,8%
7	Reposapiés abatibles	5,8%	60%	5,8%	3,5%	2,3%	11,8%
8	Cojín esponjoso	10,0%	75%	10,6%	7,9%	2,6%	13,3%
9	Manejo sencillo	12,5%	80%	12,5%	10,0%	2,5%	12,6%
10	Fácil mantenimiento	11,0%	80%	11,0%	8,8%	2,2%	11,1%
		<b>100,0%</b>	<b>78,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>80,1%</b>	<b>19,9%</b>	<b>100,0%</b>

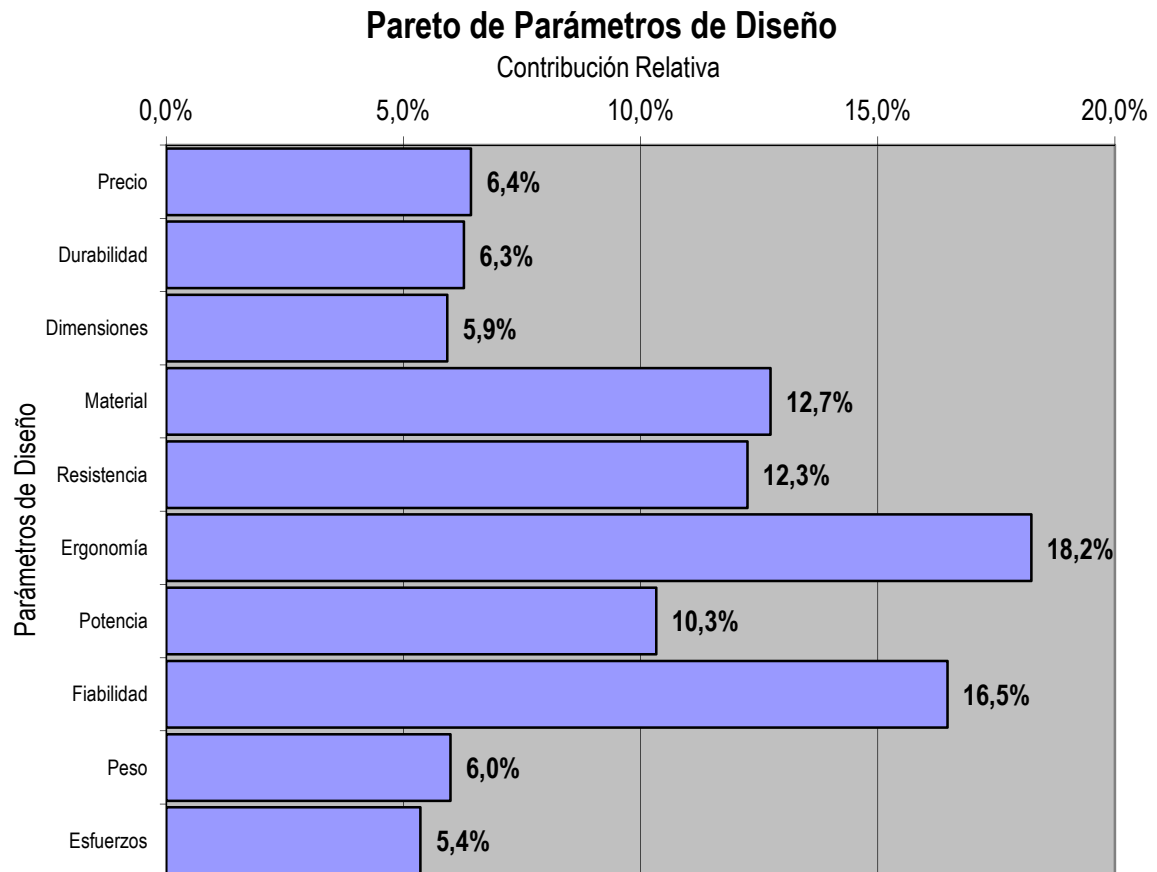
## Pareto de necesidades del cliente



En esta tabla se muestra de forma más detallada la importancia de cada uno de los requisitos para nuestros clientes. Ya se ha comentado anteriormente la importancia de la seguridad en la silla de ruedas, pero en esta tabla se observa también la importancia que dan los clientes a una silla de ruedas cómoda y de manejo sencillo, además de la seguridad, ya que es muy importante para tener una vida sana.

Hay otros aspectos como la resistencia al ambiente o la posibilidad de tener unos reposapiés abatibles, que aunque no sean de mucha importancia para los clientes, son aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar el producto.

## Pareto de parámetros de diseño



Respecto a los parámetros de diseño, se aprecia clara importancia en la ergonomía y fiabilidad de la silla de ruedas. No solo hay que tener en cuenta los requisitos anteriormente descritos, sino que esta tabla nos muestra la importancia que tienen para los clientes los parámetros de diseño sin que ellos hayan entrado a definirlos con sus propias palabras.

Además de la ergonomía y la fiabilidad, el material, resistencia y potencia del producto también es importante para los clientes. De esta forma el diseño de la propia silla de ruedas se centrará mayormente en cumplir estos parámetros, centrándose en la ergonomía y fiabilidad de la misma.

## Análisis de brecha

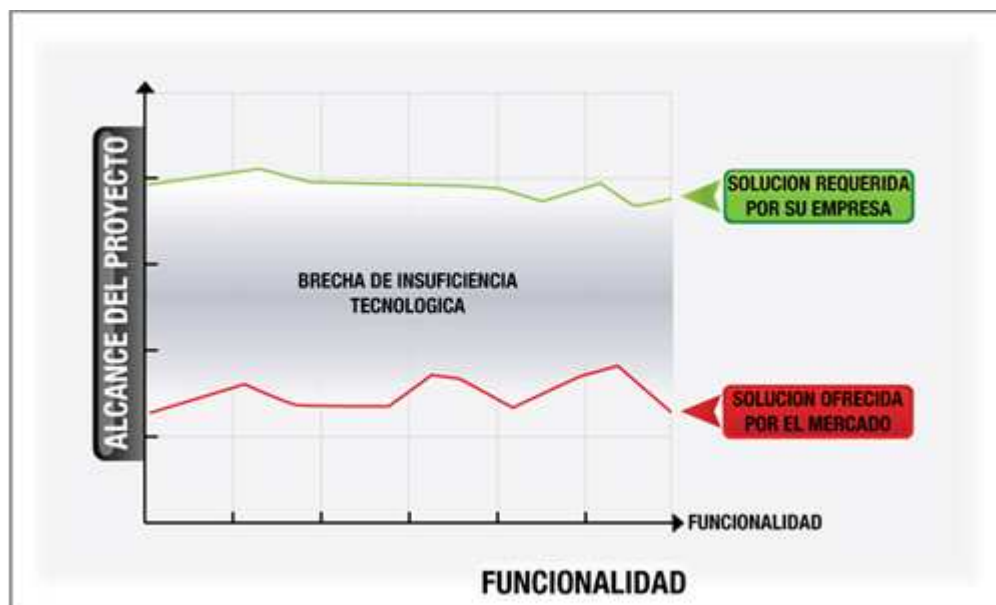
El Análisis de Brecha, determina las diferencias entre la solución básica del producto y las necesidades de la empresa. Es un servicio que brinda Tecnología Virtual para valorar los requerimientos tecnológicos del cliente y valorar la distancia en términos de tiempo y costos entre nuestros productos y lo que el cliente requiere.

Se podría distinguir tres males en los que incurren las compañías cuando adquieren una herramienta de software:

- Adquirir tecnología que no cumple con los requerimientos y por lo tanto es insuficiente para cumplir su labor
- Adquirir tecnología que excede los requerimientos y por lo tanto es desperdiciada en la compañía
- Adquirir tecnología que combina los dos males anteriores en uno solo. Este es el más común.

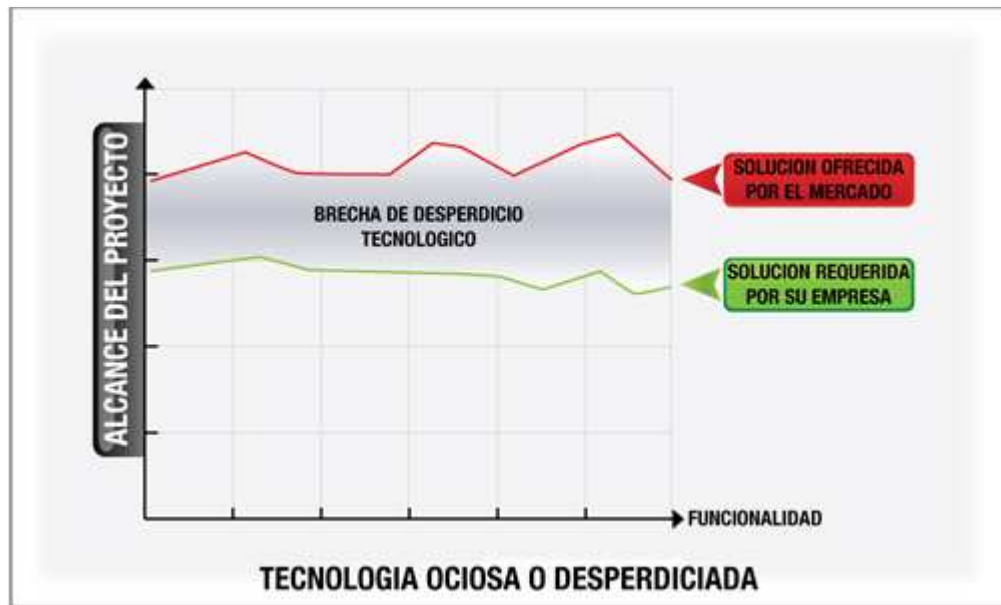
A continuación se muestra una descripción de en qué consiste cada uno de estos tres males y la forma de evitarlos.

## Tecnología Insuficiente



En el cuadro anterior, se muestran dos líneas. La verde indica el nivel de sus necesidades, y la roja el nivel que el producto tiene. Este es el típico caso de querer repararlo todo con un cuchillo. No hay que negar que a veces funciona, pero a un costo que no podemos ignorar. Esto, muchas veces pasa con un producto, cuando adquirimos un producto que posiblemente se ajuste al presupuesto, o al tiempo, o a ambos, pero que no funciona para lo que se necesita. Muchas empresas adquieren una bicicleta para hacer sus recorridos diarios de cientos de kilómetros, causando un mayor desgaste y perdiendo impacto y efectividad. La tecnología insuficiente a la larga resulta en un desperdicio de esfuerzo, una limitación al proceso y una pérdida de competitividad que puede dar al traste con la permanencia de su empresa en el mercado.

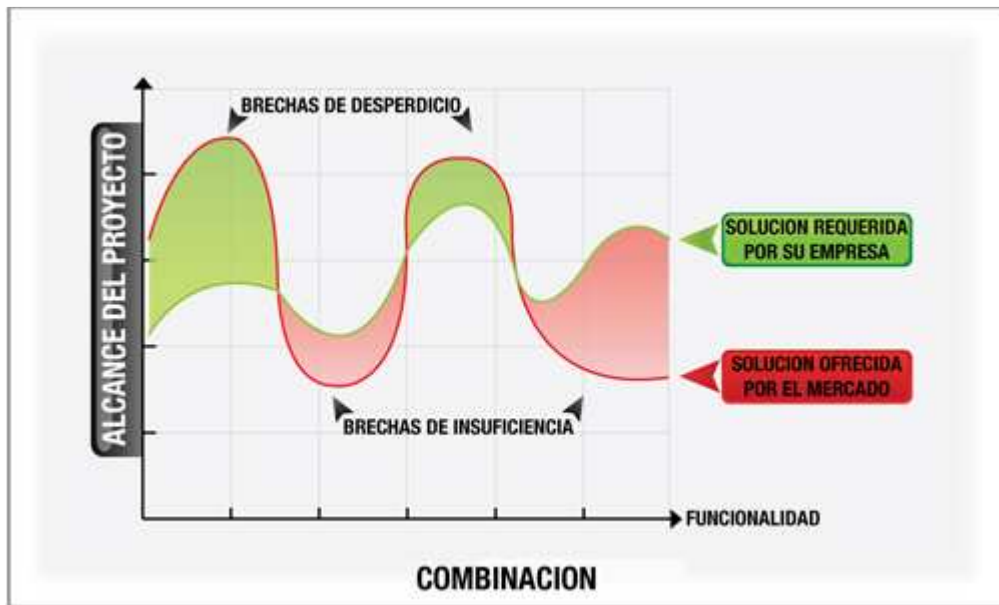
## Tecnología Desperdiciada



Puede ocurrir que se adquiriera un producto con una tecnología que luego no se va a aprovechar.

La imagen anterior muestra la necesidad de la empresa en la línea verde y la solución que se adquirió en rojo. Toda esa diferencia bajo la curva, o "Brecha de Desperdicio Tecnológico" se traduce a dinero. Muchas empresas se dan cuenta que han comprado un Ferrari para ir a la tienda de la esquina, en una calle que no se permite ir a más de 20Km/h. Por otro lado, el Ferrari seguirá requiriendo de mantenimiento preventivo y correctivo año a año. Aunque nunca se pueda circular a más de 20Km/h.

## Combinación



El tercer punto es una combinación de los dos anteriores. Se adquiere tecnología que para unas necesidades es insuficiente y para otras es más de lo que se necesita. Los puntos en los que las líneas se cruzan son las funcionalidades del software que si se ajustan a la realidad de la compañía.

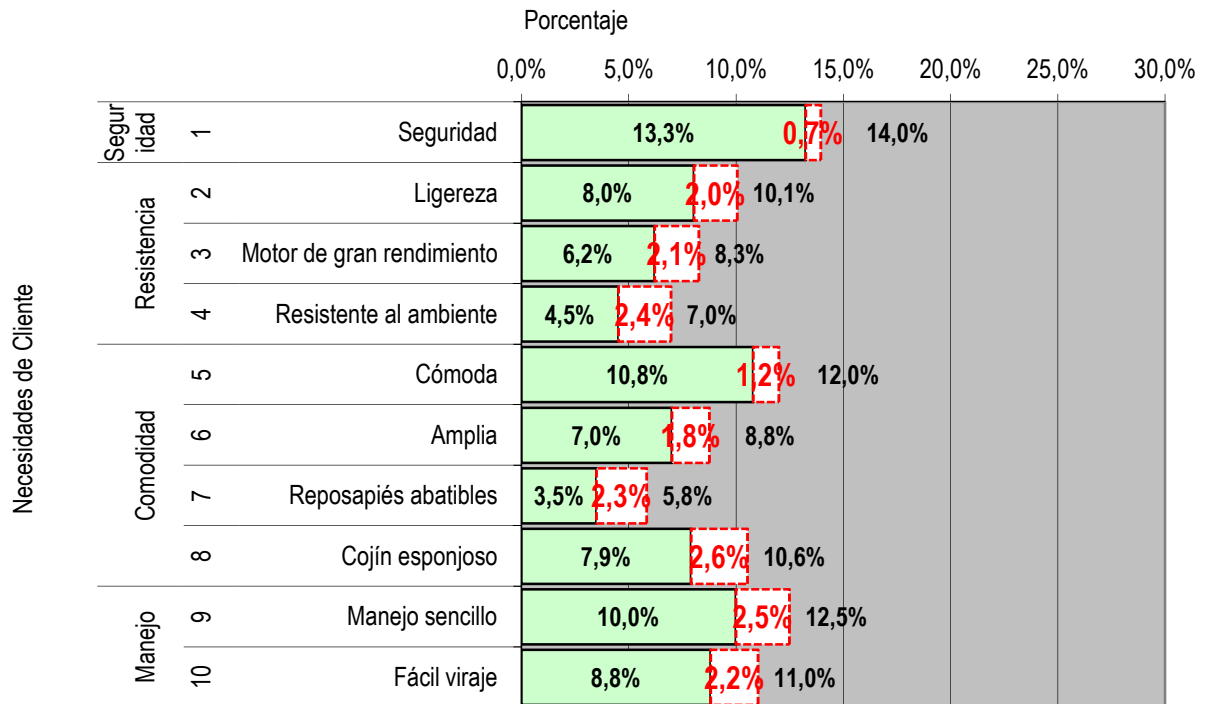
## Conclusión

La ventaja del Análisis de Brecha es que le permite al cliente tener certeza de los costos adicionales que tendrá la compra de un producto, lo cual es un elemento muy valioso, ya que como vimos, muchas empresas adquieren productos pensando en que se ajustará a la medida de sus necesidades y luego se ven obligados a incurrir en mayores costos de adecuación o incluso a desechar lo adquirido e iniciar de nuevo el proceso de adquisición habiendo aprendido una lección muy costosa.

Una vez presentado el resultado del análisis, el cliente conocerá mejor su necesidad y su situación relativa con lo que se ofrece.



## Análisis de Brecha



En esta tabla se puede observar en números rojos el tamaño de la oportunidad en cada uno de los requisitos del cliente. Representan el porcentaje de mejora que se puede lograr si se optimiza al 100% cada necesidad. Se observa un mínimo de mejora la seguridad y la posibilidad de una silla cómoda. Esto quiere decir que el producto a diseñar está casi al 100% optimizado en esta necesidad, por lo que habrá que centrarse en optimizar otros requisitos como el manejo sencillo, resistencia al ambiente y el material del que está hecho el cojín, para poder ser más esponjoso.

De esta forma se intenta optimizar al 100% el producto, y así alcanzar las necesidades del cliente sin llegar a tener tecnología insuficiente ni tecnología desperdiciada.

## 9.- Diseño Conceptual

En la fase de diseño conceptual se ha tratado, partiendo de la información obtenida en las fases previas como Estudio de mercado, Pliego de Condiciones Funcional y QFD, realizar el boceto que mejor se ajuste a las necesidades expresadas por el cliente.

Es la fase en la que más interfiere la creatividad del equipo de diseño, dando solución a las necesidades manifiestas de los usuarios.

Se ha trabajado mucho en realizar diseños que satisfagan las necesidades de seguridad, resistencia, comodidad y manejabilidad.

El diseño del propio producto se va a separar en varios fragmentos, para diferenciar las distintas partes de la silla de ruedas, como el chasis, reposapiés, asiento, reposabrazos, ruedas y sistema subbordillos.

Una vez realizados todos los diseños conceptuales, el método empleado para seleccionar el mejor diseño se conoce como “Técnica de Selección de conceptos”, desarrollada por el profesor S. Pugh de la Universidad Laborar de Tecnología de Londres que pretende minimizar los riesgos de desechar las mejores ideas en el momento de selección de las mismas.

Para utilizar esta técnica, se realiza una tabla en la que se evalúan parte de los requerimientos funcionales de cada uno de los bocetos que se han realizado. Los requerimientos funcionales elegidos para su elaboración son aquellos que en mayor medida pueden influir a la hora de diseñar los bocetos que son decisivos para su elaboración técnica.

A continuación se muestran las distintas propuestas de diseño que dan solución a las necesidades identificadas de diferentes formas.

### 9.1.- Chasis

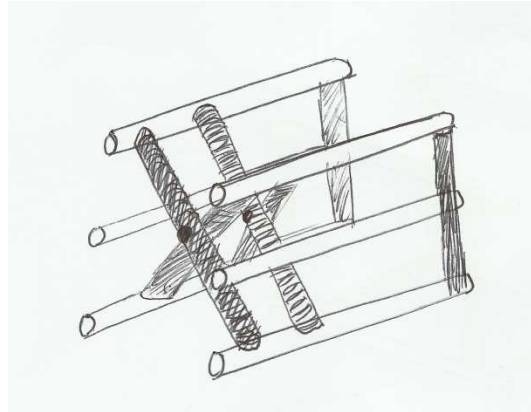
El chasis de una silla de ruedas es la estructura que integra entre sí y sujeta tanto los componentes mecánicos como los eléctricos. Es el elemento más fundamental que da fortaleza y estabilidad en diferentes condiciones.

Para hacer un estudio más detallado de la estructura de la silla de ruedas, la palabra chasis se ha asignado solamente a la parte rígida de la propia silla sin incluir reposabrazos, manillar, reposapiés y ruedas.

### 9.1.1.-Boceto 1

El primer boceto se caracteriza por tener un chasis rígido y plegable con tres barras longitudinales de forma que las dos más extremas están comunicadas por unas barras cruzadas que facilitan el plegado de la silla.

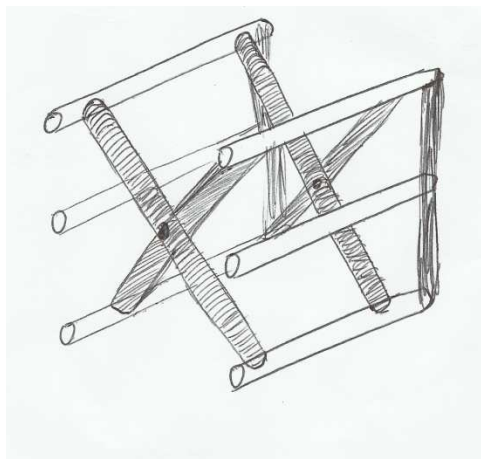
Las barras interiores que unen las barras extremas de ambos lados están unidas por la parte central formando así una cruz simétrica. La unión de las barras longitudinales se realiza a través de dos cruces próximos, dejando suficiente hueco en la parte posterior para la colocación del motor y las baterías.



### 9.1.2.-Boceto 2

El segundo boceto se asemeja al anterior, teniendo así las mismas características pero con la única diferencia de que el espacio utilizado para el motor y las baterías no se encuentra en la parte posterior, sino en la parte central.

De esta forma, el peso se encuentra más repartido por toda la silla, estando así el centro de gravedad en la parte central y no en la parte posterior, facilitando así la estabilidad de la misma.



## 9.2.- Reposabrazos

Los reposabrazos de una silla de ruedas, como bien indica su nombre, se utilizan para colocar los brazos sobre ellos y así obtener un descanso cómodo y seguro de las extremidades superiores. Existen varios tipos de reposabrazos, tanto desmontables, abatibles, ajustables en altura y fijos.

### 9.2.1.- Boceto 1

En este primer boceto se observa un reposabrazos de lo más común. Es un reposabrazos fijo que no tiene ninguna especialidad de forma que siempre se encuentra en la misma posición para tener los brazos en una correcta postura y una relajación máxima.



### 9.2.2.- Boceto 2

El reposabrazos se coloca en una de las barras superiores del chasis, de forma que mediante unos enganches y unos pasadores situados en la parte delantera y en la parte trasera, el propio reposabrazos se coloca perfectamente en varias alturas para ajustarse a las necesidades del usuario.



### 9.2.3.- Boceto 3

En este caso, al igual que el anterior, el reposabrazos se coloca en la barra superior del chasis. La zona de conexión entre el reposabrazos y el chasis, se encuentra en la parte central del mismo, pudiendo así regular con facilidad la altura del reposabrazos y permitiendo un posible acercamiento a mesas, proporcionando una capacidad extra antes no descubierta.

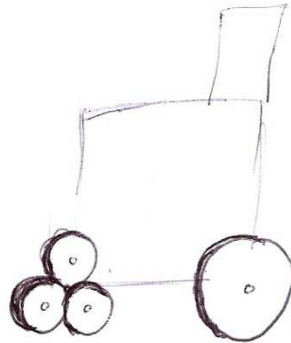


### 9.3.- Ruedas

Las ruedas del producto a diseñar se pueden diferenciar entre ruedas traseras y ruedas delanteras. En este caso la única diferencia que se va a considerar es el diámetro de las llantas y grosor de la cubierta. En esta sección se diferencian también los distintos sistemas para salvar obstáculos que se han barajado, ligados a su vez con la posición y con el número de ruedas utilizadas.

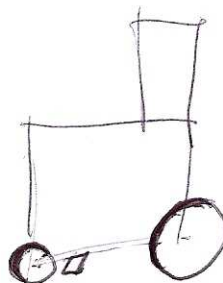
#### 9.3.1.- Boceto 1

En este boceto se ha utilizado un sistema de tres ruedas delanteras de pequeño tamaño y una rueda trasera más grande en cada lado para así conseguir una perfecta estabilidad. El diseño propuesto consta de un sistema preparado para salvar obstáculos muy parecido a los últimos modelos de los conocidos “carritos de la compra”.



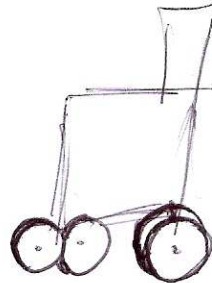
#### 9.3.2.- Boceto 2

En este segundo boceto se ha propuesto un sistema normal de dos ruedas delanteras y dos ruedas traseras, al igual que el resto de las sillas eléctricas pero con una pequeña palanca accionada a través del mando a distancia para elevar la parte delantera de la silla y así poder salvar obstáculos con facilidad.



### 9.3.3.- Boceto 3

En este último boceto se ha optado por un sistema de engranajes en la parte delantera que une dos ruedas en cada lado a través de una cinta. La parte trasera consta de una pareja de ruedas en cada lado para mantener una buena estabilidad de la silla cuando se está realizando la acción de salvar un obstáculo.



### 9.4.- Selección del Diseño Conceptual

Para elegir el diseño más apropiado y que más se adecúe a los requisitos y necesidades del cliente, se ha utilizado un sistema de evaluación llamado Datum. El Datum consiste en tomar un boceto como referencia y valorar el resto de los bocetos con respecto al de referencia.

Hay que destacar que al dividir los bocetos por partes, se han realizado varias tablas con cada parte, y se han añadido requerimientos a cada una de las partes, para profundizar más en ellas.

Así, para cada requerimiento funcional se tendrá un criterio de evaluación que vendrá dado por la siguiente notación:

Símbolo	Valoración
+	La idea es mejor que la primitiva
-	La idea actual es peor que la primitiva
=	La idea actual es similar a la primitiva

A continuación se muestra la primera tabla completada referida al chasis.

Chasis	Boceto 1	Boceto 2
Segura		=
Ligera		=
Resistente al ambiente		=
Amplia	D	+
Durabilidad	A	=
Estable	T	=
Facilidad de plegado	U	=
$\Sigma+$	M	1
$\Sigma-$		0
$\Sigma=$		6

Esta tabla muestra claramente la elección de las dos posibilidades propuestas. Se ve claramente que la propuesta del boceto número 1 cumple de mejor forma los requisitos del cliente, gracias a la colocación del sistema de plegado, dejando en la parte posterior hueco suficiente para la colocación y extracción de las baterías. De esta forma, queda claramente elegida la opción para el chasis. El Boceto 1 es el más adecuado para satisfacer a los clientes.

Respecto a los reposabrazos se obtiene la siguiente tabla:

Reposabrazos	Boceto 1	Boceto 2	Boceto 3
Cómodo		=	=
Resistente		=	=
Regulable en altura	D	+	+
Fácil regulabilidad	A	+	+
Durabilidad	T	+	+
Acercamiento a mesas	U	=	+
$\Sigma+$	M	3	4
$\Sigma-$		0	0
$\Sigma=$		3	2

A la vista de los resultados obtenidos, se debe realizar una nueva tabla de evaluación en la que se toma como Datum el Boceto 3, por ser el que mejores resultados ha obtenido en la primera valoración y así se compara de una forma más clara los Bocetos 2 y 3, ya que no existe mucha diferencia en la evaluación anterior.

Es el que más valoraciones positivas ha conseguido. El boceto 1 podría incluso eliminarse de la selección de diseños, ya que claramente está un nivel más bajo que los otros dos bocetos.

Reposabrazos	Boceto 3	Boceto 1	Boceto 2
Cómodo		=	=
Resistente		=	=
Regulable en altura	D	-	=
Fácil regulabilidad	A	-	-
Durabilidad	T	-	-
Acercamiento a mesas	U	-	-
$\Sigma+$	M	0	0
$\Sigma-$		4	3
$\Sigma=$		2	3

Con esta última tabla se aprecia perfectamente la superioridad del diseño del reposabrazos del Boceto 3 frente a los otros dos bocetos. De esta forma, tras un doble análisis de los Bocetos se opta por el Boceto 3.

Por último, se va a analizar las distintas opciones propuestas anteriormente para las ruedas y sistema de salvación de obstáculos.

Ruedas	Boceto 1	Boceto 2	Boceto 3
Estabilidad		=	-
Amplitud	D	=	=
Manejable	A	+	+
Facilidad	T	+	=
obstáculos	U		
$\Sigma+$	M	2	1
$\Sigma-$		0	1
$\Sigma=$		0	0

En esta última tabla se observa claramente la superioridad del Boceto 2 frente a los otros dos bocetos, permitiendo una maniobrabilidad mayor y teniendo a su vez un sistema para salvar obstáculos con una tecnología más avanzada que se explicará con detalle más adelante.

### 9.5.- Diseño seleccionado

El diseño seleccionado se trata de un diseño novedoso, que gracias a su facilidad de plegado y a su fácil montaje y desmontaje de los distintos accesorios permite disponer al alcance del usuario un producto con condiciones extraordinarias.

El sistema de plegado, así como la colocación de las baterías en la parte inferior del chasis, se realiza de forma manual y muy sencilla. Esto permite al usuario el posible plegado para su posterior almacenamiento en cualquier lugar sin necesidad de tener un local de grandes dimensiones apropiado para esto.

Respecto a los reposabrazos, así como los reposapiés, ambos son desmontables para poder almacenar la propia silla de forma más fácil, y así reducir sus dimensiones exteriores.

Los reposabrazos elegidos para el diseño tienen una curiosa particularidad. Como se ha visto en apartados anteriores, tras el estudio de mercado y el Método RED, se han distinguido y clasificado muchos requerimientos, pero tras la realización de los distintos bocetos para los reposabrazos, se ha considerado la posibilidad de que el usuario de la silla de ruedas pueda acercarse a una mesa sin tener la obstrucción de la propia silla con el borde de la mesa. Para ello, se ha diseñado un sistema de reposabrazos con un solo pie de apoyo al chasis y de altura regulable, para así poder compatibilizar la silla con todo tipo de mesas sea cual sea su altura.

El diseño de las ruedas, así como el sistema de elevación es algo más complicado y se explicará detalladamente el apartado de diseño en detalle, pero hay que hacer hincapié en que el sistema utilizado para salvar obstáculos se acciona de forma automática y con solo detectar el contacto entre la rueda y el obstáculo, la propia silla lo salvará pudiendo así continuar con una marcha tranquila y segura.

El resto de partes de la silla, asiento, reposacabezas, reposapiés, etc., no se han explicado y no se ha entrado en debate como con el resto, ya que el diseño de estas partes no va a ser complicado ni problemático, ya que son partes muy comunes y semejantes en todas las sillas de ruedas.



## 10.- AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)

Para determinar los problemas que pueda tener nuestro producto realizamos un estudio de A.M.F.E. (Análisis Modal de Fallos y Efectos). El AMFE es un método preventivo, y por tanto una forma planificada de trabajo, para detectar posibles fallo y calificarlos en función de los efectos que han de producir, antes del lanzamiento del producto.

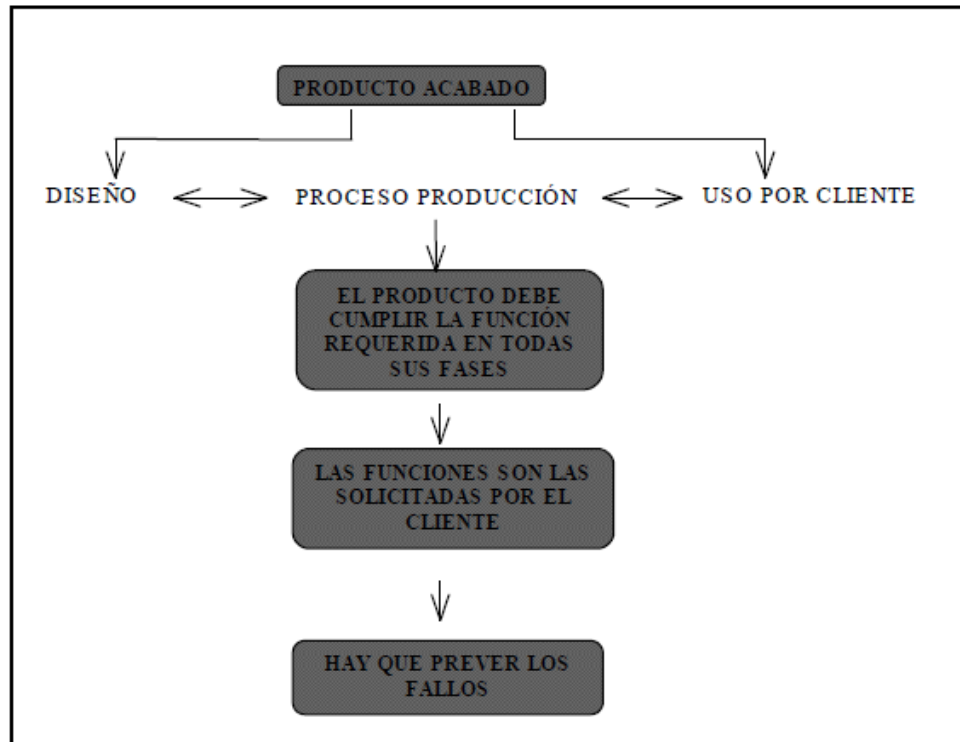
Es un método de análisis funcional de la calidad, basado en un estudio del diseño del producto, o de su proceso de fabricación, según los casos, y cuyo objetivo es buscar para cada función:

- Forma en que puede fallar el producto con respecto a esa función.
- Causa o causas por las que se puede producir ese fallo.
- Efectos que produce el fallo caso de que se produzca.
- Estudio de propuestas de mejoras del producto o del proceso.
- Puesta en marcha de estas mejoras y seguimiento del cumplimiento.

La idea de construir un AMFE es detectar los fallos para prevenirlos, y para ello hay que dividir el AMFE en dos partes.

- AMFE de Diseño → En la fase de definición de procesos.
  - En el AMFE de Diseño se examina si el diseño de componentes y del conjunto puede producir fallos sobre las funciones requeridas.
- AMFE de Proceso → En cualquier momento que haya un problema.
  - En el AMFE de proceso se examina si las operaciones que se realizan garantizan que se puede fabricar piezas de acuerdo al diseño que se tiene, y se examina qué fallos sobre funciones puede producir ese tipo de proceso.

Esto quiere decir que hay AMFEs tanto de diseño como de proceso, pero en este estudio únicamente se evaluara el AMFE de diseño, pues realizar un AMFE de proceso con información tan vaga y superficial del proceso de fabricación sería absurdo.



Para determinar los índices de evaluación para cada Modo de Fallo

Existen tres índices de evaluación:

- Índice de Gravedad (G)
- Índice de Ocurrencia (O)
- Índice de Detección (D)

### a) Índice de Gravedad (G)

Evalúa la gravedad del Efecto o consecuencia de que se produzca un determinado Fallo para el cliente.

La evaluación se realiza en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Gravedad", que figura en el Anexo, y que es función de la mayor o menor insatisfacción del cliente por la degradación de la función o las prestaciones.

Cada una de las Causas Potenciales correspondientes a un mismo Efecto se evalúa con el mismo Índice de Gravedad. En el caso en que una misma causa pueda contribuir a varios Efectos distintos del mismo Modo de Fallo, se le asignará el Índice de Gravedad mayor.

### b) Índice de Ocurrencia (O)

Evalúa la probabilidad de que se produzca el Modo de Fallo por cada una de las Causas Potenciales en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Ocurrencia", que figura en el Anexo. Para su evaluación, se tendrán en cuenta todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la Causa Potencial del Fallo.

### c) Índice de Detección (D)

Evalúa, para cada Causa, la probabilidad de detectar dicha Causa y el Modo de Fallo resultante antes de llegar al cliente en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Detección" que figura en el Anexo.

Para determinar el índice D se supondrá que la Causa de Fallo ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar la misma o el Modo de Fallo resultante.

### d) Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

Para cada causa potencial, de cada uno de los Modos de Fallo Potenciales, se calculará el Número de Prioridad de riesgo multiplicando los índices de Gravedad, Ocurrencia y Detección correspondientes.

$$\text{NPR} = G * O * D$$

El valor resultante podrá oscilar entre 1 y 1000, correspondiendo a 1000 el mayor Potencial de Riesgo.

El resultado final de un AMFE es, por tanto, una lista de modos de Fallo Potenciales, sus Efectos posibles y las Causas que podrían contribuir a su aparición clasificados por unos índices que evalúan su impacto en el cliente.

Cuando se obtengan Números de Prioridad de Riesgo elevados, deberán establecerse Acciones de Mejora para reducirlos.

## 10.1.- *Análisis de funciones de un producto*

Las funciones son aquellas prestaciones del producto necesarias para su uso o bien necesarias para crear una necesidad o una estima por parte del cliente.

En este caso, dado que se ha tomado como base para el pliego de condiciones funcional, éste será el conjunto de funciones a analizar.

Función	Nombre pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Valoración			Acciones correctivas	Valoración					
						O	G	D		O	G	D	NPR		
Seguridad	Ruedas	Que sean pequeñas	Se pierde estabilidad	Fallo en el diseño	Control de medida	2	8	1	16						
		Que no se mantengan firmes	Pérdida de equilibrio	Exceso de peso	Control de calidad	1	8	1	8						
		Desgaste de la goma	Pérdida de agarre con el suelo	Material defectuoso	Control de calidad	1	8	1	8						
					Demasiado rozamiento		3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1	9	1	9
			Que sean estrechas	Menor superficie de agarre	Fallo en el diseño	Control de medida	1	8	1	8					
			Que se deforme	El producto se vuelve inservible	Materiales de baja resistencia		2	9	1	18					
			Que se agriete	Se rompe el producto	Esfuerzos demasiado grandes en algún punto (diseño inadecuado)		2	10	1	20					
			Que se rompa	El producto se vuelve inservible	Materiales de baja resistencia	Control de calidad	3	9	2	54	Realizar pruebas 1 de cada 1000	1	9	1	9
		Reposapiés	Que se rompa	El producto se vuelve inservible	Materiales de baja resistencia	Control de calidad	1	9	1	9					
		Reposabrazos	Que se rompa	El producto se vuelve inservible	Materiales de baja resistencia	Control de calidad	1	9	1	9					

Función	Nombre pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Valoración			Acciones correctivas	Valoración					
					O	G	D		O	G	D	NFR		
Manejo sencillo	Que sean pequeñas	Se pierde estabilidad	Fallo en el diseño	Control de calidad	2	8	1	16						
					Que no se mantengan firmes	Pérdida de equilibrio	Exceso de peso	1	8	1	8			
								Material defectuoso	Control de calidad	1	8	1	8	
	Que la goma se agriete	Vibraciones indeseadas	Piedras en el camino	Control de calidad	4	9	3			108	Realizar pruebas 1 de cada 1000	1	9	1
					Desgaste de la goma	Pérdida de agarre con el suelo	Demasiado rozamiento	Control de calidad	3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1
	Material pesado	Desgaste de las ruedas	Demasiado rozamiento	Control de calidad					3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1
					Que el producto sea pesado	Fallo en el diseño	Control de calidad	1	8	2	16			
	Material pesado	Desgaste de las ruedas	Demasiado rozamiento	Control de calidad				3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1	9

Función	Nombre pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Valoración					Acciones correctivas			Valoración					
						O	G	D	NPR	O	G	D	O	G	D	O	G	D	NPR
Ligereza	Ruedas	Material pesado	Que el producto sea pesado	Fallo en el diseño	Control de calidad	1	8	2	16										
		Mala rodadura	Desgaste de las ruedas	Desgaste de las ruedas		3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1	9	1	9					
	Estructura	Material pesado	Se rompe el producto	Esfuerzos demasiado grandes en algún punto (diseño inadecuado)		2	10	1	20										
		Material pesado	Que el producto sea pesado	Elección del material de la estructura inadecuada	Control de calidad	1	9	1	9										
		Material pesado	Que el producto sea pesado	Fallo en el diseño	Control de calidad	1	8	1	8										
		Material pesado	Que el producto sea pesado	Fallo en el diseño	Control de calidad	1	8	1	8										
Reposabrazos	Material pesado	Que el producto sea pesado	Fallo en el diseño	Control de calidad	1	8	1	8											

Función	Nombre pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Valoración					Acciones correctivas			Valoración					
						O	G	D	NPR	O	G	D	O	G	D	O	G	D	NPR
Motor de gran rendimiento	Motor	Que tenga poco rendimiento	Que el motor no sea el adecuado	Elección del motor inadecuada		1	10	1	10										

Función	Nombre pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Valoración					Acciones correctivas			Valoración					
						O	G	D	NPR	O	G	D	O	G	D	O	G	D	NPR
Resistente al ambiente	Ruedas	Desgaste de la goma	Material no adecuado	Materiales de baja resistencia	Control de calidad	3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1	9	1	9					
		Que se rompa	El producto se vuelve inservible	Materiales de baja resistencia	Control de calidad	1	10	1	10										
	Estructura	Que se deforme	Se rompe el producto	Materiales de baja resistencia	Control de calidad	2	9	1	18										
		Que se agriete	Se rompe el producto	Materiales de baja resistencia	Control de calidad	2	10	1	20										





Función	Nombre pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Valoración			Acciones correctivas			Valoración		
						O	G	D	O	G	D	O	G	D
Cojín esponjoso	Asiento	Que se agriete	El producto se vuelve	Esfuerzos demasiado grandes en algún punto (diseño inadecuado)		1	10	3	30					
		Que se rompa	El producto se vuelve inservible	Esfuerzos demasiado grandes en algún punto (diseño inadecuado)		3	9	2	54	Realizar pruebas 1 de cada 500				
		Que el usuario sienta con incomodidad	Incomodidad del usuario	Material defectuoso		1	10	1	10					

Función	Nombre pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Valoración			Acciones correctivas			Valoración				
						O	G	D	O	G	D	O	G	D	O	G
Facilidad de viraje	Ruedas	Que sean pequeñas	Se pierde estabilidad	Fallo en el diseño	Control de calidad	2	8	1	16							
		Que no se mantengan firmes	Pérdida de equilibrio	Material defectuoso	Control de calidad	1	8	1	8							
		Que la goma se agriete	Vibraciones indeseadas	Piedras en el camino		4	9	3	108	Mejora del proces de fabricación frente a vibraciones			2	9	2	36
		Desgaste de la goma	Pérdida de agarre con el suelo	Demasiado rozamiento		3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000						
		Que el producto sea pesado	Que el producto sea pesado	Fallo en el diseño	Control de calidad	1	8	2	16							
		Material pesado	Desgaste de las ruedas	Demasiado rozamiento	Control de calidad	3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000			2	9	1	18



Función	Nombre pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Valoración			Acciones correctivas			Valoración				
						O	G	D	O	G	D	O	G	D	NFR	
Manejo sencillo	Ruedas	Que sean pequeñas	Se pierde estabilidad	Fallo en el diseño	Control de calidad	2	8	1	16							
		Que no se mantengan firmes	Pérdida de equilibrio	Exceso de peso			1	8	1	8						
				Material defectuoso	Control de calidad		1	8	1	8						
				Piedras en el camino			4	9	3	108	Realizar pruebas 1 de cada 1000	1	9	1	9	
				Vibraciones indeseadas							Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1	9	1	9	
				Pérdida de agarre con el suelo				3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1	9	1	9
				Que el producto sea pesado				3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1	9	1	9
				Desgaste de las ruedas				1	8	2	16					
				Material pesado				3	9	2	54	Realizar pruebas de rozamiento 1 de cada 1000	1	9	1	9

## 11.- Diseño preliminar

Constituye la etapa preliminar al diseño en detalle del producto. No conviene lanzarse a diseñar de forma definitiva un producto, porque es preferible dejar todo zanjado antes del diseño en detalle. Durante el diseño en detalle no conviene enfrentarse a problemas o asuntos que no se hubieran tenido en cuenta en etapas anteriores.

El diseño preliminar tiene en cuenta el compromiso entre costo, calidad, y que el producto resulte competitivo en el mercado y que se pueda producir, de manera que el producto quede completamente definido antes del diseño en detalle.

Se llevará a cabo físicamente una unidad de producto, en la que se consiga materializar de forma física la silla de ruedas, cumpliendo los requisitos que se han ido dilucidando en etapas anteriores.

Es una ardua tarea, pero es el único procedimiento que tiene la empresa para ratificar la viabilidad del producto desde el punto de vista tecnológico y de producción.

Se verifica así pues la capacidad tecnológica y de producción de la empresa, determinándose también cuales son los recursos necesarios, estructura del coste productivo, inversiones necesarias etc.

### 11.1.- Prototipado y selección de materiales

Se fabricaran a mano varios prototipos que sean iguales al producto final, salvo en la forma de producción, para la posterior realización de pruebas y/o ensayos, para garantizar la calidad y viabilidad de la silla de ruedas.

Para la selección de materiales, se descompondrá la silla en diferentes grupos de piezas, según los tipos esfuerzos que deban soportar y la cantidad de esfuerzo que deban soportar, seleccionándose el material más económico que cumpla los requisitos de cada pieza en cada caso.

Para las piezas de la silla, que pueden comprender, los sistemas de plegado, y refuerzos de las barras para soportar esfuerzos, los materiales tendrán que cumplir:

- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia mecánica suficiente para aguantar posibles impactos por caída.
- Baja densidad del material para que el producto sea ligero.
- Fácil de fabricar.
- Fácil de desmoldar: Viscosidad a temperatura de fusión baja.
- Facilidad para el mecanizado: dureza no muy elevada.
- Facilidad para la aplicación de tratamientos superficiales (si es de metal)
- Aislante eléctrico.
- Barato.

En los últimos años ha surgido una nueva familia de máquinas altamente innovadoras que permite, con tecnologías y materiales diferentes, obtener un prototipo de un modelo o de un molde, de manera precisa y rápida a partir del modelo sólido generado en el sistema CAD-3D. Tales máquinas conocidas como máquinas de prototipado rápido, permiten obtener piezas físicas acabadas de modo automático, de cualquier forma y en dimensiones finales, con complejidad y detalles que no permitirían su obtención en máquinas convencionales, o que harían su ejecución larga y compleja en centros de fabricación con control numérico.

De esta forma tales máquinas posibilitan una mayor velocidad y menor costo en la obtención de prototipos comparados con los procesos tradicionales de fabricación.

Más allá de esto, en ciertos casos estas técnicas permiten la obtención de matrices capaces de producir una cantidad limitada de piezas, ideal para el uso en la producción de lotes pilotos. Tal tecnología posibilita que las empresas puedan desarrollar productos más rápidamente (menor time to market) y con menor costo, y principalmente con un incremento de calidad por medio de una mejor evaluación del proyecto. Lleva también una disminución de dudas y de riesgos.

El término “prototipado rápido” se puede definir como fabricación de cualquier modelo físico de una pieza, componente, mecanismo o producto, que se realiza previamente a su industrialización con objeto de validar todas o algunas de sus principales características y funciones teóricas, o bien como elemento funcional de aplicación directa en un proceso de fabricación.

La secuencia de operaciones que se sigue en los procesos de fabricación por capas, como paso previo a la fabricación del prototipo, es la siguiente:

- En primer lugar, mediante el empleo de herramientas de diseño asistido por ordenador (CAD), en este caso con Catia, se obtendrá una representación del elemento que se quiere fabricar. Ello representa la ventaja de eliminar los errores habituales que ocurren cuando se fabrica un prototipo a partir de un conjunto de planos y además, permitirá el empleo de las herramientas de diseño de que se dispone en dichos sistemas.
- Una vez obtenida la geometría en tres dimensiones, ésta se dividirá, mediante el empleo de programas específicos, en capas de espesor constante o variables (seccionamiento por planos paralelos), dependiendo del proceso, para posteriormente, pasar a su fabricación “capa por capa”, hasta obtener la geometría en tres dimensiones correspondiente. Existen asimismo, otro tipo de sistemas que en lugar de realizar conformación por planos paralelos (2,5D), se basan en la conformación directa en el espacio.

El empleo de estas tecnologías ha ocasionado que los tiempos de fabricación de los prototipos se midan en horas, en vez de días, semanas o meses, lo que ha traído consigo la calificación de rápido, y como consecuencia directa, una considerable reducción de los costes asociados a la fabricación de las piezas y del time to market.

Además, como se ha señalado anteriormente, los tipos de materiales que se pueden emplear han aumentado significativamente mejorando la precisión y las características funcionales de los elementos obtenidos.

Por lo tanto las técnicas de fabricación rápida de prototipos constituyen actualmente una alternativa incipiente a considerar de cara a la producción directa de piezas, componentes o modelos, para su empleo directo en los procesos de fabricación.

Además de los procesos anteriores, cabe señalar que las técnicas actuales de mecanizados a altas velocidades que permitan la obtención de piezas de alta calidad de una forma rápida, no se deben excluir de los procesos de fabricación rápida de prototipos. Si bien el término “prototipado rápido” va generalmente asociado a las técnicas que construyen piezas mediante adición de material o mediante la solidificación selectiva en lugar de eliminarlo como medio principal de conformación, también a procesos de otros tipos a los que incluye dentro del término.

Los distintos procesos de fabricación de prototipos se pueden clasificar de diferentes formas como, por material empleado, energía utilizada, o por el tipo de aplicación en que se utilicen.

Algunos procesos de fabricación para el prototipado rápido para las distintas piezas del producto a diseñar, se muestran a continuación.

## Estereolitografía

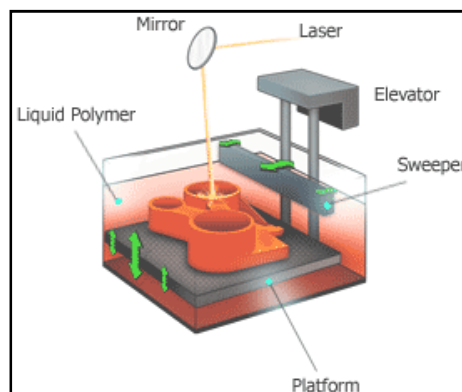
La estereolitografía se basa en fotopolímeros, o más propiamente prepolímeros fotocurables, o cadenas moleculares chicas de uno o varios monómeros precurados en un estado líquido viscoso que son capaces de reticular al estado sólido mediante la exposición a la luz, generalmente UV. Estos materiales, originalmente desarrollados para la industria gráfica y de empaques se adaptaron perfectamente para éste sistema.

Su funcionamiento se basa en una superficie que se eleva, situada dentro de un recipiente lleno de éste fotopolímero. Inicialmente se coloca justo por debajo de la superficie de dicha resina. El conjunto debe estar contenido en un recipiente sellado para evitar la fuga de vapores de la resina.

Un láser se va desplazando sobre la superficie del líquido siguiendo la sección del objeto a reproducir, y produciendo la transformación de líquido a sólido. Una vez que el láser cura toda la superficie de la capa, se desciende la superficie elevadora en una cantidad igual al grosor de la nueva capa a fabricar y se repite el proceso hasta fabricar totalmente la pieza.

Una vez finalizado el proceso, se eleva el modelo para que escurra el excedente, se extrae y se lo somete a un baño de luz intensa en una caja parecida a un horno llamada aparato de post-curado (PCA – Post Curing Apparatus) para el curado final.

Esto le permite tener propiedades adecuadas para su utilización, permitiendo procesos posteriores de acabado, como lijado, arenado, pintado, etc.



## Sinterización por láser

El Sinterizado Selectivo por Láser trabaja creando capa a capa los objetos tridimensionales, partiendo de la solidificación selectiva de las partículas de polvo, utilizando aportación de calor generada por un láser de CO<sub>2</sub>. Los ficheros de CAD; en forma de STL, son divididos en finas capas y dibujados mediante un fino rayo de láser en una superficie cubierta por una leve capa de partículas de polvo. Estas se van derritiendo, uniéndose a la capa anterior por lo que encajan perfectamente al diseño realizado en CAD. A medida que se funden las capas, las piezas van formando en el interior de la máquina. Una vez terminado el proceso, sólo falta limpiar la pieza y ya está preparada para su montaje.

Con este sistema se tienen las piezas en un día y, a diferencia de otros sistemas, la pieza no ha de recibir ningún otro tratamiento posterior y puede ser usada tal y como sale de la máquina. Otra de las ventajas del sistema es la posibilidad de realizar varias piezas a la vez debido a la posibilidad de apilar las piezas una encima de la otra, no siendo necesarias estructuras de soporte para su construcción ya que se apoyan sobre el mismo polvo con el que se sinteriza.

Una máquina de sinterización selectiva por láser consta de:

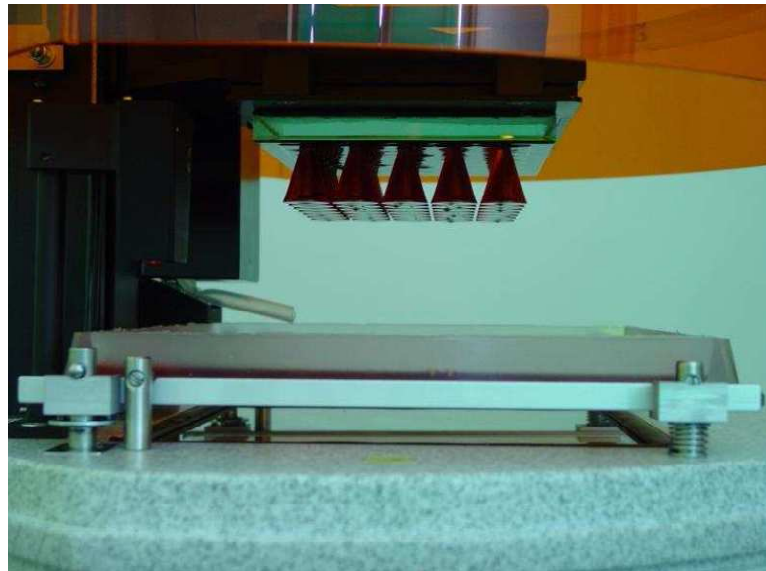
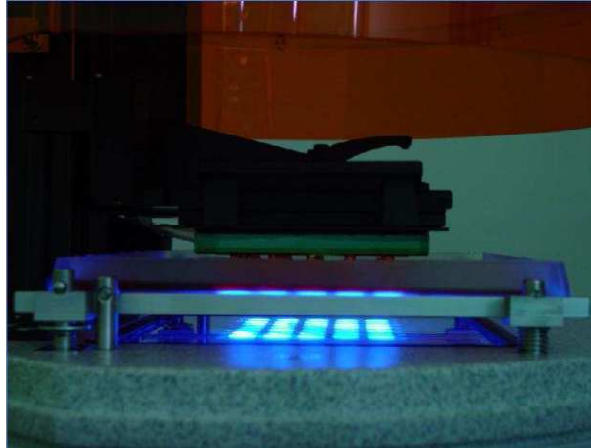
- Un láser de CO<sub>2</sub>.
- Un rodillo.
- Un elevador.
- Dos tanques de polvo.



## Procesos basados en la fotopolimerización

Se trata de solidificar por acción de la luz una resina en estado líquido por el sistema de proyección por máscara DLP (Digital Light Processing).

La resina en estado líquido se expone a una imagen proyectada por el proyector DLP, desde el fondo de la maquina, que empieza el proceso de cura. Una vez terminado, la placa de cristal sube arriba, una nueva capa de resina líquida fluye, la placa baja otra vez hasta poner en contacto la capa sólida en construcción con la resina líquida, y el proceso sigue adelante.





## Ejemplos de aplicación:

Aplicación: componente de automoción

Material: Nanocure RC25



Aplicación: Conjunto de Anillos

Material: Nanocure RC25



## Prototipado por impresión

La tecnología de impresión 3D posibilita la producción de modelos sólidos, con precisión rapidez y rentabilidad. En esta técnica los archivos en tres dimensiones (STL), se transfieren a la impresora de sólidos, cuyo sistema es similar al de la impresora de chorro de tinta, los chorros del cabezal de impresión distribuyen un material termopolímero en capas finas para crear el modelo sólido.

Tiene como ventajas que debido a las características del material, su utilización es amplia en forma de máster para la reproducción de prototipos metálicos mediante tecnología de microfusión. También por su rapidez y rentabilidad es un excelente sistema a emplear cuando los requisitos son puramente conceptuales y visuales.

<b>Impresora 3D Monocromo</b>	<b>24.140 €</b>
	<p><b>Modelo:</b> Zprinter 310 Plus. <b>Número de referencia:</b> ACC01001. <b>Fabricante:</b> Zcorp. <b>Servicio técnico:</b> Accendi. <b>Tiempo de entrega estimado:</b> 20-25 días.</p> <p><b>Descripción:</b> La Zprinter 310 es la impresora 3d capaz de fabricar prototipos en unas pocas horas a partir de los datos de archivos CAD. Además, es líder indiscutible de prototipado rápido por velocidad, por coste y por precisión.</p> <p><b>Incluye:</b> Zprinter 310, Recicladora de Consumibles, Kit Inicial de Consumibles monocromo (16.400 cm<sup>3</sup>), Portes, Instalación y formación (dos días de atención de un técnico especializado), Garantía de 1 año (incluye piezas).</p>



## Proceso de deposición de hilo fundido

Una boquilla que se mueve en el plano XY horizontal deposita un hilo de material a  $1^{\circ}\text{C}$  por debajo de su punto de fusión. Este hilo solidifica inmediatamente sobre la capa precedente.

La máquina utilizada está compuesta fundamentalmente por:

- Un cabezal móvil que vierte el filamento.
- Una plataforma fija.
- Rollo de material a depositar, muchas veces poliéster.

El material sale del cabezal extractor en un estado semilíquido. El movimiento del cabezal en un estado semilíquido. El movimiento del cabezal en X e Y define cada sección o capa, posteriormente la plataforma desciende en el eje z dando lugar a una nueva capa sobre la anterior.

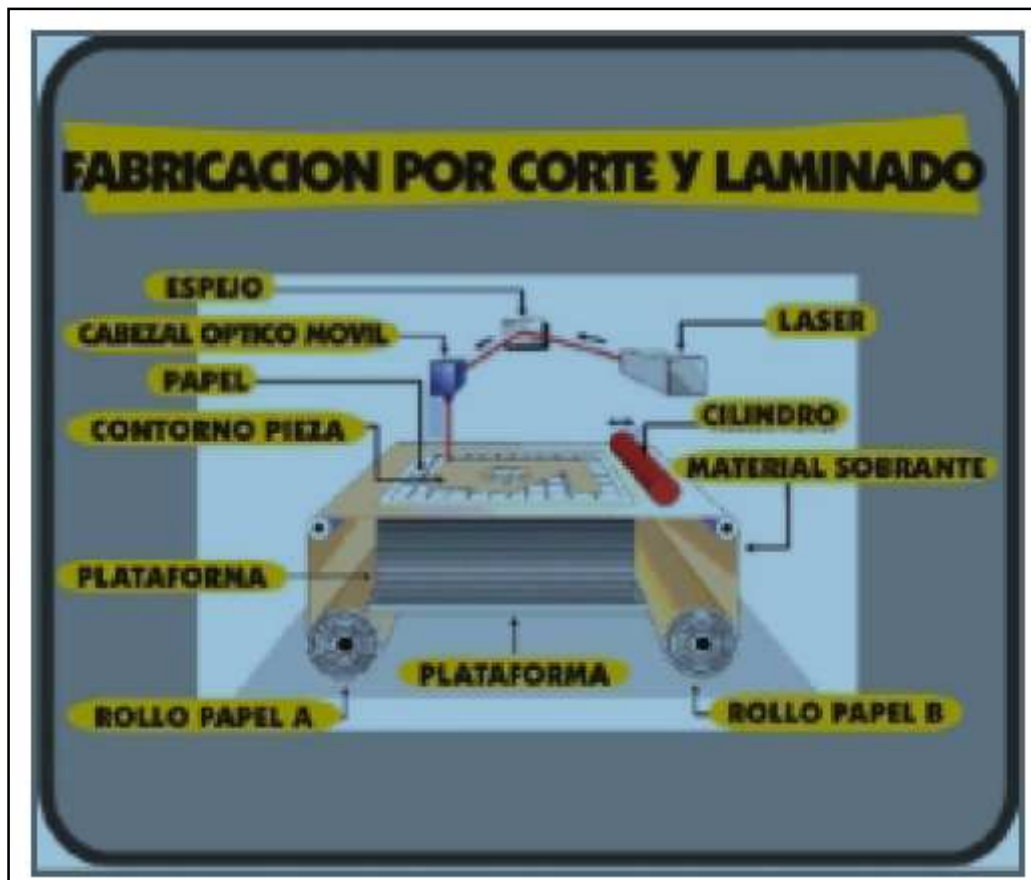


## Proceso de fabricación de objetos laminados

La técnica de fabricación por corte y laminado (Laminated object manufacturing, LOM) está basada en la creación de prototipos rápidos a través de la superposición y pegado sucesivo de láminas de papel cortadas por láser.

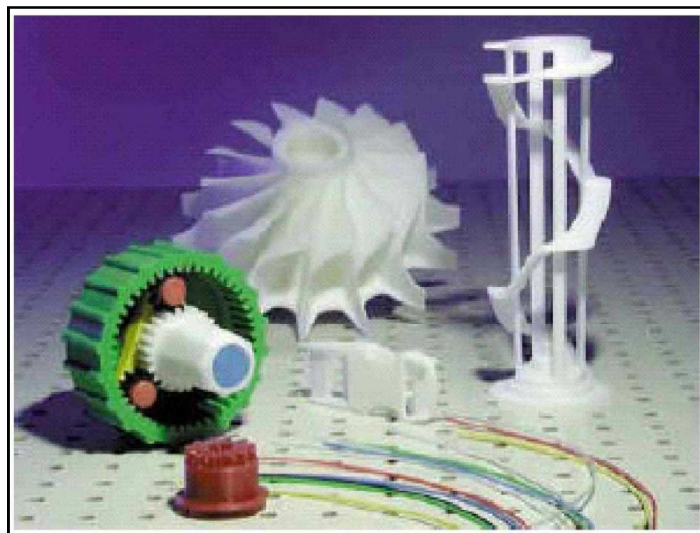
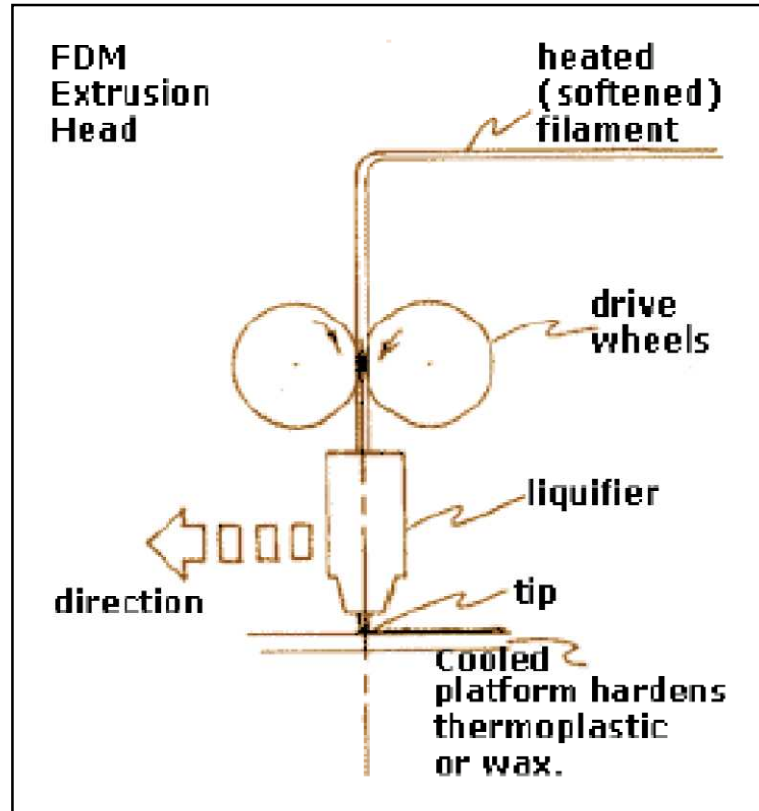
La máquina utilizada para su realización está compuesta por:

- Un láser
- Dos rodillos mediante los cuales el papel se va renovando.
- Un rodillo que presiona cada capa de papel antes de ser cortado por el láser.
- Una plataforma móvil.



## Procesos de fabricación por deposición y mecanizado

El proceso fundamental FDM implica calentar un filamento de polímero termoplástico y extrusionarlo siguiendo la forma de las secciones para formar las piezas por capas.



- Piezas fabricadas por EDM -

## ***11.2.- Ventajas que representan algunas de las técnicas***

### **Estereolitografía**

- Método económico y rápido
- Su finalidad es proporcionar una visión física y funcional del diseño
- Posibles aplicaciones: Modelos conceptuales y estética, detalles de partes y exactitud, padrones maestros para procesos secundarios.

### **Sinterización selectiva por láser**

- Permite hacer ensayos de resistencia y durabilidad
- Posibilidad de manejar diferentes materiales
- Piezas muy resistentes

Posibles aplicaciones: Prototipos y patrones de plástico y metal, mecanizados complejos, partes de alta durabilidad, partes con pequeños rasgos, pequeños lotes lotes de piezas metálicas o plásticas.

### **Fabricación por corte y laminado**

- Materia prima muy económica. A mayor tamaño de pieza, mayor ahorro
- Precisión de 0,1 mm (altura de la capa)
- La materia prima no se transforma en el proceso, por lo que obtenemos una pieza estable.
- No existe postproceso de curado de la pieza

### **Deposición de hilo fundido**

- Gran rapidez (101 mm/seg)
- Tamaño de la pieza a crear sin límite, únicamente los de la máquina
- Pieza obtenida resistente, no necesita ser mecanizada
- Material dúctil como cualquier polímero.

Tras el diseño preliminar se someterá a los prototipos a rigurosas pruebas que se dividen en pruebas funcionales, pruebas con clientes y pruebas de mercado, para corroborar definitivamente la viabilidad del producto, y explotarlo de manera óptima.

### 11.3.- Pruebas y ensayos

Una vez realizados los prototipos estos deberán ser ensayados y probados tanto por el diseñador como por una serie de usuarios. Si bien en este proyecto como se ha indicado anteriormente no se han realizado prototipos, si que se han determinado los ensayos a realizar con los nuevos productos.

Las pruebas a las que serán sometidos los prototipos se dividen en dos fases: Alfa y Beta que se realizan de forma secuenciada. Las características de cada una de las pruebas se determinan a continuación:

- Prueba Alfa.
  - Se trata de realizar sobre el prototipo o producto pruebas de tipo mecánico, resistencia, etc. para ver cómo se comporta y si realmente lo diseñado en fases previas satisface las necesidades que se quieren satisfacer. En este caso se refiere a pruebas de carácter resistivo. La magnitud de estos esfuerzos y pruebas se especifican en una tabla más adelante.
- Prueba Beta.
  - Una vez que el producto haya pasado la prueba Alfa, ha de ser probada por los usuarios. Estos determinaran si el producto satisface las necesidades que ellos tienen de forma correcta y tanto si lo hace como si no, posibles mejoras que podrían introducirse. En el caso de las sillas de ruedas, la prueba no sería otra que dar una serie de sillas a los usuarios para que puedan apreciar las diferencias y sean capaces de transmitir información útil para posibles mejoras o identificar carencias.

Los prototipos para la prueba Alfa y la Beta serán distintos. Para las pruebas Alfa se conformarán prototipos mediante el prototipado rápido para realizar los ensayos pertinentes adquiriendo las ventajas de este sistema. Sin embargo, para las pruebas Beta no pueden usarse éstos, por lo que se harán con un prototipo de prueba del producto final, al que se le podrán realizar, a posteriori, pequeñas modificaciones en función de las opiniones de los clientes.

Las pruebas con clientes pueden tomar una variedad de formas. Se puede llevar a los clientes a un laboratorio y animarlos a probar el prototipo, o darles muestras del prototipo del producto para llevar a casa y probarlo.

Cuando se considera que se ha recibido suficiente información de las pruebas funcionales y de la prueba con los clientes, se le da un nombre y un embalaje al prototipo de producto y es sometido a la prueba de mercado. Durante la prueba de mercado, el nuevo producto es introducido en un marco auténtico para enterarse del tamaño del mercado y cómo reaccionan los clientes ante el tratamiento, uso y compra del producto. De esta manera, no sólo se somete a prueba el producto, sino también la hipótesis, la investigación de mercado y el trabajo realizado en las primeras etapas del desarrollo del nuevo producto.

Generalmente, los productos industriales pasan sólo por las pruebas Alfa y Beta, pero es mejor someter los productos también a algún tipo de prueba de mercado. Es posible, someter al producto a una prueba en exhibiciones comerciales. Las exhibiciones comerciales suelen convocar un gran número de clientes que ven muchos productos en unos pocos e intensos días. Es posible poner a prueba este nuevo producto observando, en

una de estas exhibiciones, cuánto interés muestran los clientes por él, cómo reaccionan a sus distintas características y cuántos muestran intención de comprarlo. La desventaja de las exhibiciones comerciales es que el nuevo producto puede quedar expuesto a la competencia.

## 12.- Diseño en detalle

### 12.1.- Diseño de la silla de ruedas

Tras todas las fases previas llevadas a cabo y que el lector ha podido estudiar antes de llegar a este capítulo, se ha realizado el diseño tridimensional de la silla de ruedas propuesta. Para generar el diseño en 3D y obtener los distintos planos de éste, se ha utilizado el programa de CAD CATIA en su versión V5 R19. CATIA ha sido utilizado por la variedad de posibilidades de diseño que ofrece el paquete así como la posibilidad de realizar análisis con Elementos Finitos de forma sencilla.

Las fuerzas aplicadas sobre la silla de ruedas se han reducido exclusivamente al propio peso del usuario, dejando de lado los rozamientos entre las distintas piezas de la silla debido al gran problema que supondría calcular todos estos esfuerzos. No por esta razón el cálculo se reduce a una sola fuerza, sino que se han calculado las fuerzas que actúan sobre la silla de ruedas cuando el usuario se encuentra en suelo llano, cuesta arriba y cuesta abajo, así como las fuerzas que actúan sobre cada elemento cuando el usuario se va a sentar y cuando se va a levantar.

A continuación se muestran una serie de capturas de los distintos elementos y de la silla de ruedas en su totalidad en las distintas posiciones, como son el plegado, desplegado, reposapiés abatidos, reposapiés desabatidos así como las distintas posiciones de los reposabrazos.

#### Chasis

El chasis es la parte más importante de una silla de ruedas. Es el conjunto que soporta la mayor parte de los esfuerzos realizados sobre la silla de ruedas, así como la parte que da rigidez al conjunto total.



El chasis de las sillas de ruedas manuales, pueden ser plegados de forma sencilla, mientras que los de las sillas de ruedas eléctricas son rígidos sin la posibilidad de plegado.

El diseño realizado tiene la posibilidad de ser plegado tras la retirada de la batería, ocupando así un menor espacio para su recogida.





## Reposapiés



Los reposapiés de una silla de ruedas, como bien indica su nombre, se utilizan para colocar los pies y relajarlos de modo que no queden colgando o golpeen con el suelo.

Un reposapiés cómodo y manejable hace que una silla de ruedas mejore su calidad en torno a la comodidad del usuario.

Los reposapiés diseñados para la silla de ruedas son de fácil manejo, ya que con presionar un solo botón la retirada de los mismos de la silla de ruedas se hace de forma sencilla.

La unión entre el reposapiés y el chasis consiste en un apoyo superior y un brazo giratorio de forma que la retirada y el plegado del mismo se realiza de forma sencilla.





Además, el fácil plegado del apoyo del pie para su recogida posibilita al usuario la posterior recogida de la silla de ruedas tanto en un lugar amplio como en un lugar más menudo de dimensiones reducidas (maletero de coche, armario, etc.).

La facilidad para el plegado de la parte inferior del reposapiés, donde el usuario apoya su propio pie, hace posible que el usuario suba y baje de la silla de ruedas sin apoyar su propio peso sobre el reposapiés, y así aumentar la duración del mismo.

El accionamiento se puede realizar empujando ligeramente con el pie 90° hacia el exterior de la silla el apoyo del pie, proporcionando al usuario suficiente espacio para su posterior subida o bajada de la silla de ruedas.



Todas las personas no tienen una medida de la pierna estándar, sino que existen personas con piernas más largas que otras y esto puede producir un problema a la hora de usar la silla de ruedas. Para ello, se ha realizado un diseño en el que la altura del reposapiés es regulable, y así cada usuario puede estar de forma cómoda y relajada sobre la silla de ruedas.



### Reposabrazos y control remoto

Los reposabrazos se utilizan para descansar los brazos y mantenerlos dentro del espacio que ocupa la silla de ruedas. De esta forma, el material utilizado debe ser cómodo para apoyar los brazos y relleno de esponja, para así poder relajar con mayor comodidad los brazos.

Para el forro de esponja del reposabrazos se ha utilizado un cuero negro, al igual que el cuero que se utiliza para la tapicería de los coches.



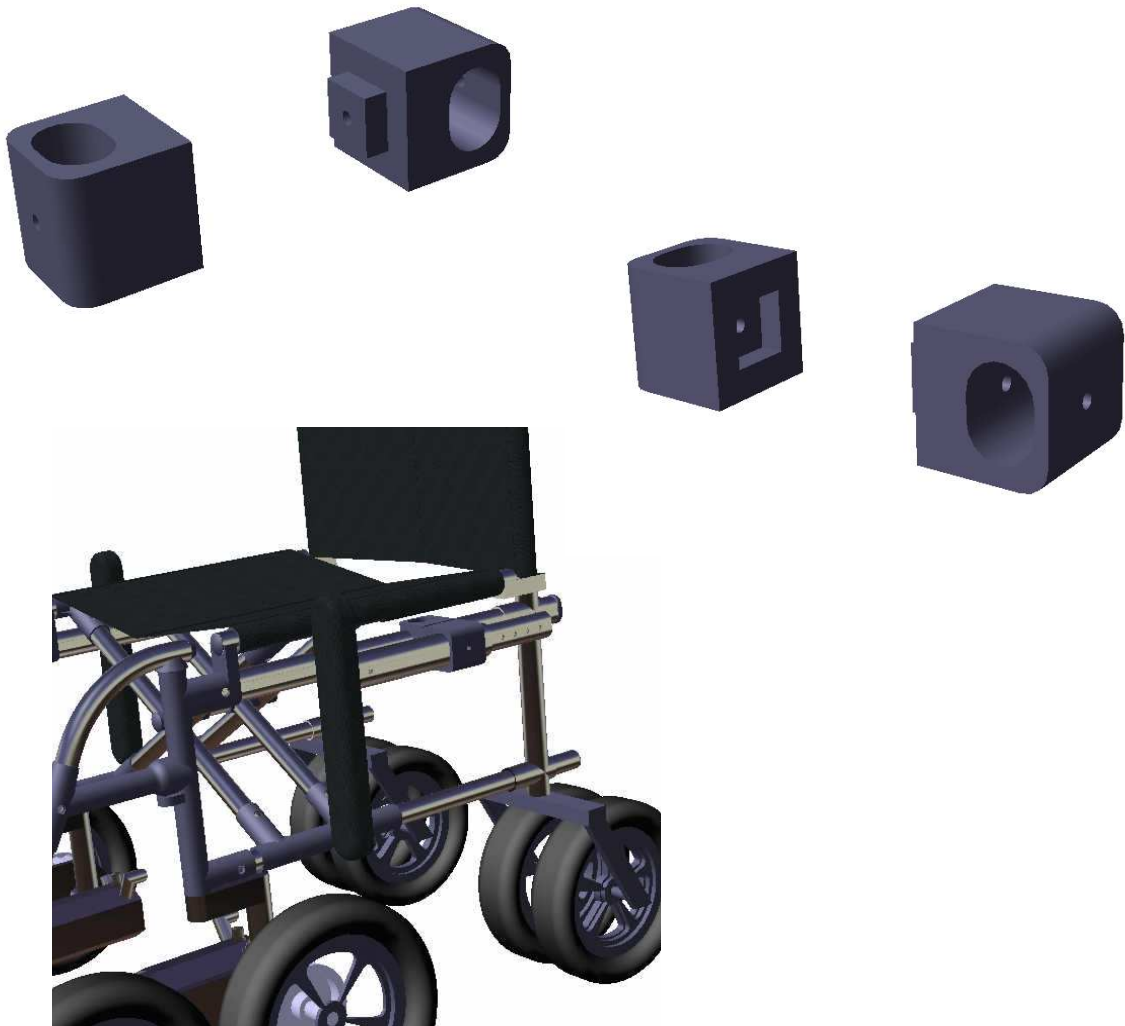
El objetivo de los reposabrazos de la silla de ruedas diseñada, no solo es la de la comodidad del usuario, sino que se ha fabricado un reposabrazos ajustable tanto en altura como en profundidad.

De esta manera el usuario puede colocar los brazos más altos o más bajos en función de lo que esté realizando.

Así el usuario puede acercarse a una mesa sin que los reposabrazos golpeen con ella y así no crear ningún tipo de problema.

Los reposabrazos utilizados para el diseño de la silla de ruedas no son unos reposabrazos comunes. Además de tener la posibilidad de regular la distancia y la altura, disponen de un sistema de pliegue para su posterior recogida, y así ocupar menor espacio.

El sistema consta de dos piezas unidas entre sí de forma que con un pequeño pulsador se pueden separar y girar para poder recoger de forma cómoda el reposabrazos.



En las siguientes imágenes se muestra uno de los dos reposabrazos en tres posiciones distintas.

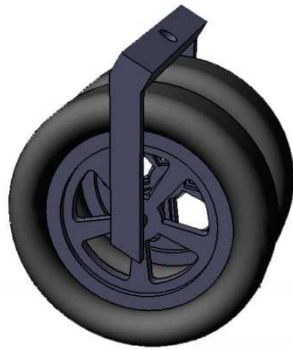


Respecto al control remoto de la silla de ruedas, se puede colocar tanto en la parte derecha como en la izquierda, ya que tiene un pequeño anclaje que une el control remoto con el reposabrazos.



Este último consta de un joystick que mueve la silla de ruedas tanto para adelante como para atrás, como para la izquierda y derecha, y dos botones que se utilizan a la hora de frenar la silla de ruedas en caso de dejarla en reposo y para ponerla en marcha cuando el usuario desee comenzar la marcha.

## Ruedas traseras



Las ruedas traseras de las sillas de ruedas, como bien se conoce, son las ruedas motrices, normalmente de tamaño superior debido a que realizan todo el esfuerzo necesario para mover la propia silla y a la persona que se encuentra sobre ella.

En este producto, se ha optado por reducir el tamaño de las ruedas traseras, colocando dos ruedas dobles para tener una mayor estabilidad a la hora de subir o bajar un nivel, siendo estas últimas de giro libre. Esto

se debe a que las ruedas delanteras son las que aportan el movimiento a la silla, y de este modo, la subida y bajada de un nivel se realiza de forma más cómoda y segura.

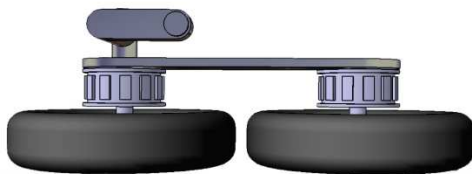
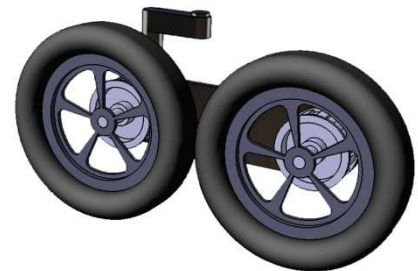
Las dobles ruedas traseras cumplen la función de soportar mayor peso y además están realizadas para condiciones climatológicas extremas (tormenta, nieve, etc.)



## Ruedas delanteras

Las ruedas delanteras de las sillas de ruedas suelen ser de tamaño reducido y de giro libre. En este caso, las ruedas delanteras son totalmente distintas a cualquier otra silla de ruedas.

Las ruedas delanteras tienen un mecanismo especial y novedoso para poder elevarse un nivel y poder evitar obstáculos de forma cómoda, segura y sencilla.



El sistema consiste en dos ruedas unidas entre sí por medio de un sistema de poleas dentadas y una correa que las une, de forma que ambas ruedas giran a la misma velocidad, produciendo así un movimiento constante y ligero.



Cada lateral de la silla de ruedas consta de un sistema independiente unido a un motor eléctrico de forma que el giro hacia ambos lados se realiza dando órdenes mediante el control remoto a cada uno de los motores y así realizar giros desde 0 hasta 360 grados.



A continuación se muestran distintas imágenes de la silla de ruedas en sus distintos estados.



Posición desplegada



Posición desplegada con reposapiés abatidos



Posición desplegada – Vista trasera



Posición plegada – Vista trasera



## 12.2.- Materiales

En los requerimientos funcionales se habló de las propiedades que debía tener la silla de ruedas en cuanto a resistencia, durabilidad, ligereza o resistencia a la corrosión entre otros.

Haciendo un análisis del producto diseñado, éste consta de diversas piezas, cuyas funciones son muy dispares. A la hora de elegir un material que cumpla todas estas propiedades, se ha considerado que el aluminio es un material cuyas propiedades se ajustan a las necesidades que tiene la silla de ruedas.

El aluminio es un metal no ferroso, y es el más abundante de los metales, constituyendo cerca del 8% de la corteza terrestre. Sus propiedades han permitido que sea uno de los metales más utilizados en la actualidad. Es de color blanco y es el más ligero de los metales producidos a gran escala. La alúmina, que es extraída de la bauxita y mezclada con la criolita es la fuente del aluminio. El aluminio puro es demasiado blando, debidamente aleado se obtienen resistencias comparables al acero, por lo cual es útil para toda industria, desde la construcción, decoración, minería, iluminación hasta la industria aeronáutica. El aluminio es el único metal que proporciona dureza con bajo peso, es sumamente fácil de pulir, tenaz, dúctil y maleable, posee una gran resistencia a la corrosión y alta conductividad térmica y eléctrica, teniendo la mejor relación beneficios - costo que cualquier otro metal común.

El aluminio brinda a los ingenieros, arquitectos, diseñadores, etc., la posibilidad de desarrollar una gran variedad de diseños, ya sea con el uso de perfiles estándares o a través del desarrollo de perfiles personalizados.

### 12.2.1. Propiedades Físicas

- **Color.** Es un metal blanco, con una alta reflectividad de la luz y el calor.
- **Densidad.** La ligereza de la masa (peso) del aluminio es una de las propiedades más conocidas que este metal posee. Un centímetro cúbico de aluminio puede tener una masa de aproximadamente 2,699 g, comparado con los 7,85 g del acero y 8,46 g del cobre. Su peso es casi un tercio del acero. Esta ventaja ha permitido el desarrollo de muchas industrias como la aeronáutica y el transporte, además de facilitar la manipulación de los perfiles, reduciendo los costos de transporte y mano de obra.
- **Conductividad Eléctrica.** A parte del cobre, el aluminio es el único metal común que posee una alta conductividad como para ser usado como conductor eléctrico. Su conductividad puede llegar a representar el 63,8% de la del cobre (en la aleación 6063 llega al 54%), sin embargo con igual masa de base, el aluminio dobla la capacidad conductiva del cobre. Para una misma capacidad de conducción eléctrica, un conductor de aluminio puede tener la mitad de la masa, que la que podría tener la sección transversal de un conductor de cobre.
- **Conductividad Térmica.** El aluminio tiene una alta conductividad térmica, que sólo es superada por el cobre, siendo además cuatro veces más grande que la conductibilidad del acero. Su temperatura de fusión es de 660,2 °C. Por ello ofrece grandes ventajas al ser usado en utensilios de cocina,

industria química, aire acondicionado, disipadores de calor entre otras industrias.

- **Reflectividad.** El aluminio es muy reflectivo en la luz y con la radiación solar, más que ningún otro metal corriente. La reflectividad varía de acuerdo al grado de energía o las condiciones superficiales del metal, siendo la más alta del 75% en un rango de rayos ultra violeta, 85% en el rango de luz visible y sobre un máximo del 95% en el rango de radiación infrarroja.
- **Resistencia a la Corrosión.** Se debe a la formación espontánea de una película muy delgada de óxido de aluminio que es insoluble en agua, la cual la protege del medio ambiente y la corrosión, tanto en forma de metal puro como cuando forma aleaciones, la cual le da las mismas ventajas que el acero inoxidable y lo hace verse muy bien en comparación con el acero. Una característica de esta capa, es que si es removido por algún medio mecánico, se formará una nueva capa protectora de óxido.
- **No es Tóxico.** El aluminio y sus derivados son eternamente no tóxicos. En efecto una prueba de ello es que está presente en los utensilios de cocina, envases industriales, etc. los que no producen efectos nocivos.
- **Apariencia.** El aluminio es uno de los metales blancos que posee brillo natural de apariencia atractiva, siendo muy utilizado por arquitectos y diseñadores. Sin embargo adicionalmente a sus condiciones naturales, se le puede dar diversos tipos de acabado de textura y color, que se caracterizan por su resistencia al paso del tiempo.

La elección del material para la fabricación de la silla de ruedas es correcta, pero hay que tener en cuenta que existen muchos tipos de aluminio con aleaciones. Para la fabricación de la silla de ruedas se ha optado por utilizar el 6063 cuyas propiedades se muestran en el Anexo.

Es obvio que no se puede fabricar la silla de ruedas al completo con tubos de aluminio, ya que las uniones entre unos y otros se han realizado de PVC, utilizando goma en las ruedas y cuero para forrar los reposabrazos.

### 12.3.- Validación de diseño

La validación del diseño se ha realizado exclusivamente por métodos informáticos. Para tal efecto se ha empleado el modulo de Elementos Finitos del programa CATIA en su versión V5R19.

En un primer lugar se pensó en la utilización de programas de Elementos Finitos más potentes como ANSYS o ABAQUS. Esa posibilidad quedo rápidamente descartada por la naturaleza de las simulaciones a realizar. Siendo estudios estáticos de piezas relativamente sencillas en los que las fuerzas eran ya conocidas pues se habían calculado anteriormente. Además, la utilización del mismo paquete de software en todo el proceso eliminaba los farragosos procesos de importación de modelos de uno a otro software. Las simulaciones se realizaron mediante la función Generative Structural Analysis del módulo Analysis & Simulation de CATIA.

Dado de CATIA dispone de una librería ya precargada de materiales para la realización de las simulaciones, la simulación de todos los sistemas realizada se realizo con el material *Aluminium* con Modulo Elástico de 70 GPa a fin de determinar la estructura más rígida. El material no es 100% de aluminio y por tanto dará lugar a diferentes comportamientos, pero recordando los parámetros de los que depende una estructura, que son el Modulo Elástico y la Geometría, se han considerado todos los materiales de la misma naturaleza. Atendiendo a este posible problema a la hora de calcular la reacción del producto a los esfuerzos sufridos, se han estimado unas fuerzas relativamente grandes para así obtener un análisis sobrenatural y aceptar el modelo propuesto como válido para su futura comercialización.

En el análisis se muestran distintas imágenes, cada una de ellas con un fin, en las que se pueden apreciar la tensión de Von Mises y la deformación elástica o plástica sufrida por cada elemento.

La tensión de Von Mises, es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión y se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles, y la deformación sufrida.

Es importante destacar que la deformación debe ser lo más pequeña posible y de tipo elástica. Para ello, la tensión máxima de Von Mises que se da en el elemento a analizar no debe superar el valor del módulo elástico del material del elemento que se está analizando, por lo que si se estuviera ante un caso en el que la tensión de Von Mises es superior, el análisis estaría incorrecto y habría que rediseñar las partes afectadas, o utilizando un material más adecuado, o cambiando la geometría del diseño.

#### Chasis

El chasis es el elemento más importante a analizar, ya que es el que más esfuerzos soporta y el que da forma y rigidez a la silla de ruedas.

#### Posición Horizontal (movimiento en llano)

La situación cotidiana de una silla de ruedas de uso convencional se sitúa en un plano horizontal de manera que el usuario sentado sobre el asiento realiza un movimiento rectilíneo o en su defecto arqueado para el desplazamiento del mismo.

En esta situación se han tenido en cuenta las fuerzas ejercidas por el usuario sobre la silla de ruedas o sobre el chasis en este caso. Para ello se ha tenido en cuenta una fuerza

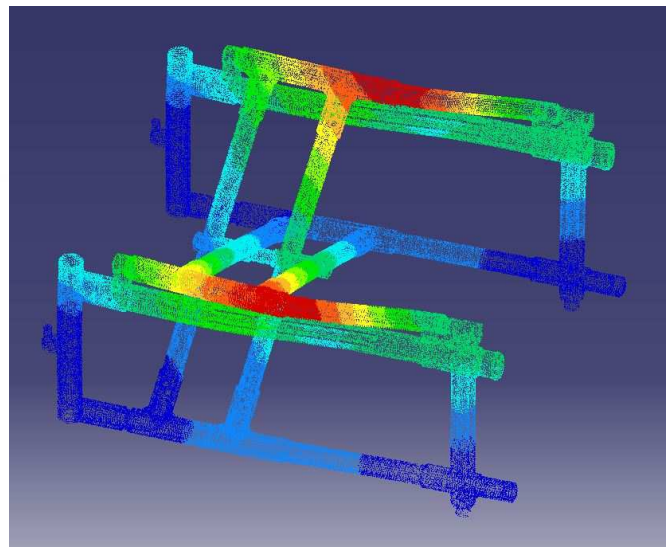
de 3000 N en el eje vertical con dirección hacia el suelo, repartida entre las dos barras longitudinales situadas a ambos laterales.

El resultado es el siguiente:



En esta figura se muestra el efecto visual de la deformación sufrida por el propio chasis a la hora de colocar 3000 N sobre el mismo, produciéndose una ligera deformación sobre las barras longitudinales, lo cual era de esperar.

En las dos siguientes imágenes se muestran la tensión de Von Mises y la deformación sufrida por el elemento analizado.





## Caso 1

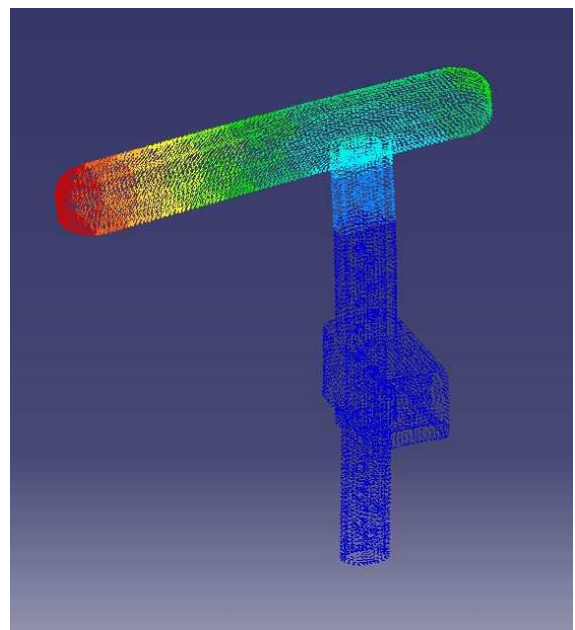
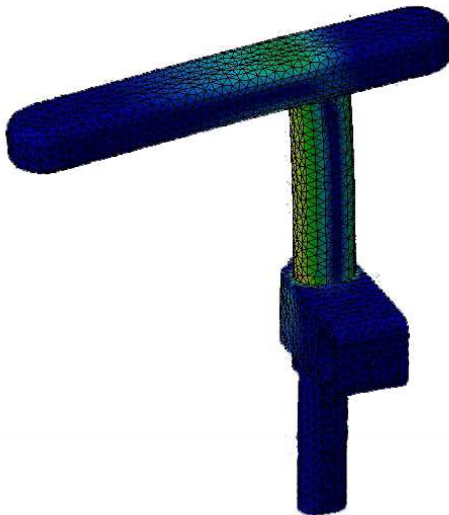
Se ha tenido en cuenta una fuerza sobre el eje vertical de 1000 N sobre la parte superior del reposabrazos.

El resultado es el siguiente:



En esta figura se muestra el efecto visual de la deformación sufrida por el propio reposabrazos a la hora de colocar 2000 N sobre el mismo, produciéndose una ligera deformación, lo cual era de esperar.

En las dos siguientes imágenes se muestran la tensión de Von Mises y la deformación sufrida por el elemento analizado.



## Reposabrazos Z - 1000 N

Von Mises stress (N/m <sup>2</sup> )		Translational displacement (mm)	
	2,40E+07		0,409
	2,16E+07		0,363
	1,92E+07		0,318
	1,68E+07		0,272
	1,44E+07		0,227
	1,20E+07		0,182
	7,20E+06		0,136
	4,80E+06		0,0908
	2,40E+06		0,0454
	100		0

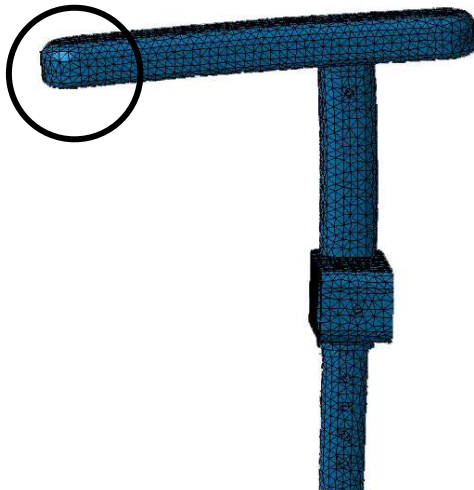
Observando los datos que se muestran en la tabla, se aprecia que la tensión máxima que soporta el reposabrazos no supera el límite elástico del material, por lo que cualquier tipo de deformación que se produzca en el reposabrazos, será una deformación elástica.

El desplazamiento sufrido por el reposabrazos es muy pequeño alcanzando un máximo de 0.8 mm en la parte delantera del mismo.

### Caso 2

Se ha tenido en cuenta una fuerza sobre el eje vertical de 2000 N sobre la parte delantera del reposabrazos, produciendo así un efecto diferente al calculado anteriormente

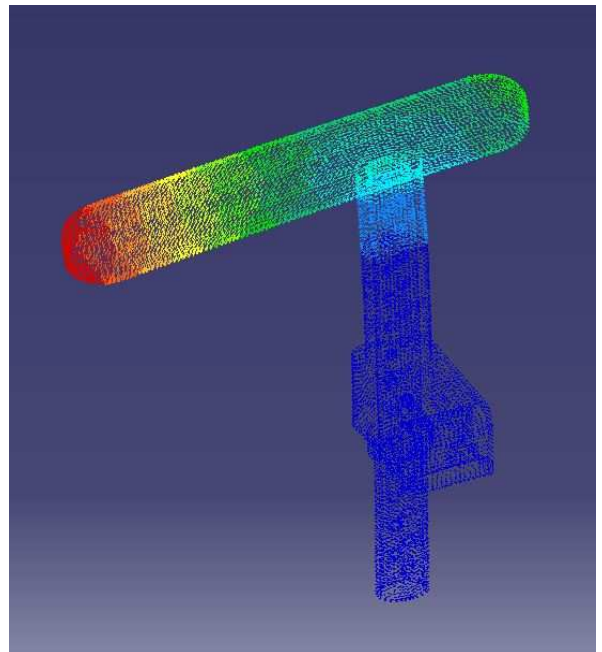
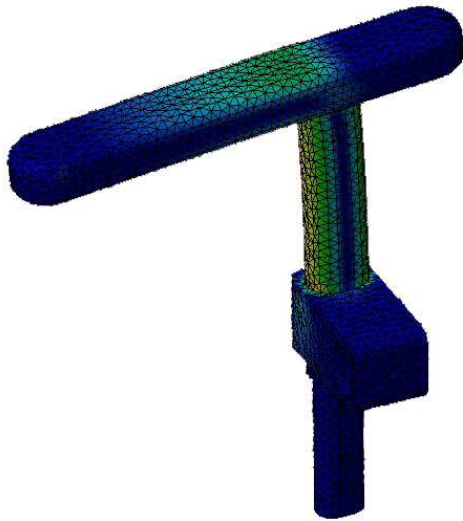
El resultado es el siguiente:



En este caso, la deformación es un poco mayor en la parte delantera debido a que toda la fuerza se realiza sobre la zona redondeada.



En las dos siguientes imágenes se muestran la tensión de Von Mises y la deformación sufrida por el elemento analizado.



Reposabrazos 2 Z - 1000 N

Von Mises stress (N/m <sup>2</sup> )		Translational displacement (mm)	
5,97E+07		1,26	
5,31E+07		1,12	
4,65E+07		0,981	
3,98E+07		0,841	
3,32E+07		0,701	
2,66E+07		0,561	
1,99E+07		0,421	
1,33E+07		0,28	
6,64E+06		0,14	
230		0	

En este caso se observa que las zonas afectadas por la fuerza realizada por el usuario a la hora de levantarse de la silla de ruedas son las mismas que en el caso 1.

La única diferencia se observa en los datos recogidos en la tabla. Los valores de las tensiones de Von Mises son del orden de 3 veces mayores que en el caso 1 y el desplazamiento del reposabrazos es mayor también. Esto es debido a la distinta distribución de fuerzas entre un caso y otro.

#### 12.4.- *Análisis de resultados*

Para comprobar si el estudio realizado es factible o no, primeramente hay que analizar las tensiones máximas soportadas por cada uno de los elementos.

De esta forma hay que observar que la tensión máxima soportada no supere el límite elástico del material, siendo éste de un valor de  $170 \text{ N/mm}^2$ , o lo que es lo mismo  $1,7\text{E}+08 \text{ N/m}^2$ .

Según los datos obtenidos, la máxima tensión soportada no supera los  $5,97\text{E}+07 \text{ N/m}^2$ , pero esto no es suficiente para validar el diseño. Estos datos sólo nos aportan la no deformación plástica del material.

Para validar totalmente el diseño, se ha realizado un estudio según la teoría de Von Mises-Hencky, ya que se ha considerado el aluminio como un material dúctil.

La teoría de Von Mises-Hencky es una adaptación a la teoría de la cortadura máxima (Tresca, 1870), donde se establece que un material fallará cuando la tensión máxima en un punto alcance el valor del esfuerzo cortante máximo en el fallo en el ensayo de tracción. Bajo este criterio una pieza resistente o elemento estructural falla cuando en alguno de sus puntos sucede que:

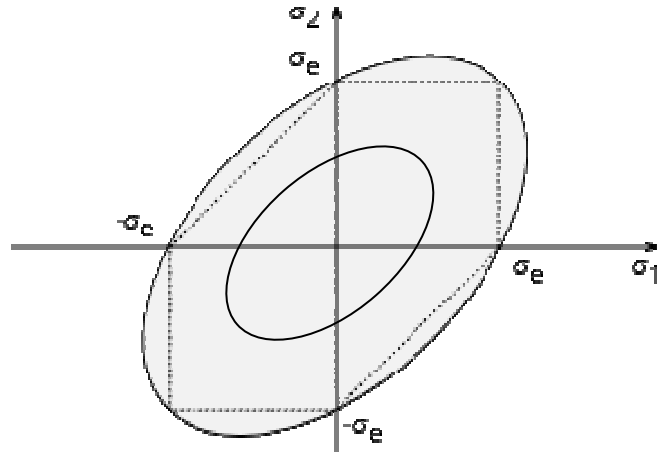
$$\tau_{max} \geq \frac{\sigma_Y}{2}$$

Siendo:

$\sigma_Y$ , la tensión de límite elástico del material de la pieza ( $1,7\text{E}+08 \text{ N/m}^2$ )

La teoría de von Mises-Hencky viene representada por una elipse circunscrita al hexágono de Tresca. Es por ello por lo que la teoría de Tresca es algo más conservadora, demostrándose en la práctica que la de von Mises-Hencky se aproxima mejor a los resultados de los ensayos.

De esta forma se obtiene el siguiente resultado:



La tensión máxima aplicada sobre los elementos es de  $5,97E+07 \text{ N/m}^2$ . Se puede observar que este valor es inferior al máximo valor que nos da la teoría antes descrita, siendo éste de

$$\frac{1,7E + 08 \text{ N/m}^2}{2} = 8,5E + 07 \text{ N/m}^2$$

Por lo tanto queda validado el diseño y autorizado para su fabricación y posterior venta al público.

### 13.- Crítica al proceso de diseño

Este proceso de diseño se ha llevado a cabo siguiendo las pautas aprendidas en la asignatura Ingeniería de Diseño, optativa de 5º curso de Ingeniería Industrial de la UPNA, impartida por el profesor Pedro Villanueva que el Autor, Iván Alzueta cursó en el curso 2009-2010.

Además de seguir el método empleado en su día en la asignatura mencionada, el Autor ha empleado herramientas que fueron impartidas pero no utilizadas para conseguir un diseño de mayor calidad. Ejemplos de estas técnicas son el método Saaty de jerarquización de requerimientos o el DATUM, método empleado para la elección del diseño conceptual óptimo. Esto no ha hecho más que mejorar la calidad del diseño realizado.

A pesar de emplear numerosas técnicas, algunas de ellas muy potentes, a lo largo de todo el proceso de diseño, el Autor se ha encontrado en varias ocasiones estancado o falta de ideas en la evolución del proceso. En esos momentos ha tenido que dejar el proyecto de lado hasta que nuevas ideas surgieran para seguir avanzando. Tal situación habría sido fácilmente evitable si el equipo de diseño, como sucede en realidad, estuviese formado por un grupo de integrantes multidisciplinares. Esto no solo favorece la continuidad y no interrupción del proceso de diseño sino que además le proporciona una profundidad mucho mayor. A fin de cuentas, un equipo de diseño efectivo desarrollara un producto de mayor calidad que el que pueda desarrollar un diseñador individual.

La cuestión del número de integrantes del equipo de diseño da lugar a la siguiente carencia del proceso: Algunos pasos interesantes y necesarios en el éxito del producto no se han podido realizar. El más claro ejemplo de esta situación se encuentra en la comercialización y coste de producción del producto. Como objetivo estratégico se pensaba en colocar el producto diseñado entre los sistemas más populares de sillas de ruedas eléctricas en los próximos 5 años.

Una vez desarrollado el producto, se puede asegurar que este objetivo depende exclusivamente del marketing y publicidad que se realice.

Desgraciadamente, el marketing es un campo que se le escapa al Autor y del que tiene solo unas nociones básicas. Sería muy presuntuoso realizar una campaña de marketing partiendo de esa base. La publicidad lógicamente sería un pilar fundamental.

Este sería, resumiendo, uno de los factores a analizar en el futuro.

## 14.- Conclusiones

Aquí finaliza la Memoria del PFC de Iván Alzueta Alfaro. Llegados a este punto es necesario realizar una evaluación de todo el proceso llevado a cabo para realizar este PFC.

Objetivamente hablando, el desarrollo de este PFC no ha sido fácil. Todo comenzó como se ha indicado al principio de la Memoria con el interés del Autor de mejorar la vida de personas con discapacidad física en las extremidades inferiores. Aplicar lo aprendido en los libros durante todos estos años no ha sido fácil.

Habiendo sido desarrollado por el método de prueba y error a lo largo de tantos años existe mucho secretismo en torno al desarrollo de producto relacionado con el surf. En cualquier caso, en el proceso se ha contactado con personas muy dispuestas a compartir sus conocimientos.

Gran parte del proyecto se ha basado en la búsqueda de información, tanto en la web como en libros. A veces esa información estaba directamente relacionada con el tema que se trata en este PFC y otras veces no tanto como al Autor le gustaría. En cualquier caso, se considera que se ha podido desarrollar un PFC completo, que abarca muchos de los campos que el diseño de un producto debe abarcar si bien hay otros campos que deberían de ser estudiados más a fondo.

Además de tener que estudiar información relacionada directamente con las sillas de ruedas, el Autor ha podido también ampliar sus conocimientos en otros campos de interés para el ingeniero. Algunos de ellos son la utilización del *software* CATIA más en profundidad que lo que lo había usado hasta la fecha.

Además se ha formado aunque sea muy superficialmente en el cálculo mediante Elementos Finitos tan necesarios hoy en día para un ingeniero.

En términos generales ha sido un proyecto diferente, que posiblemente se salga de lo habitual en los estudiantes de Ingeniería Industrial de la UPNA, debido al tema que trata, el diseño de una silla de ruedas “diferente”, y con el que el Autor ha adquirido unos conocimientos que sin duda le resultarían muy útiles en su carrera profesional.

# ANEXO

## Índice

Consideraciones Biomecánicas en una silla de ruedas .....	130
Factores que afectan a la movilidad - rozamiento.....	130
La distribución del peso entre las ruedas delantera y traseras.....	130
El terreno sobre el que la silla va a ser utilizada .....	130
Tamaño y composición de las ruedas .....	130
Tamaño de las ruedas delanteras .....	131
Centro de gravedad de la silla .....	131
Distancia entre ejes de ruedas delanteras y traseras: .....	131
Angulación de las ruedas traseras.....	131
Factores que afectan a la propulsión .....	131
Gamas de movimiento .....	132
Postura .....	132
Altura y posición de las ruedas.....	132
Tamaño de la rueda .....	133
Distancia entre ejes.....	133
Angulación de la rueda.....	133
La postura en la silla de ruedas.....	134
Tamaño del asiento.....	135
Forma y ángulo del asiento .....	136
Soporte para los pies.....	136
Altura del respaldo .....	137
Forma del respaldo y ángulo .....	137
Soporte de los brazos.....	138
Tipos de componentes de una silla de ruedas .....	138
Armazón .....	138
Ruedas delanteras .....	139
Cubiertas.....	140
Ruedas traseras .....	140
Frenos .....	142
Reposabrazos .....	143
Reposapiés y plataformas .....	143
Medidas necesarias para la correcta prescripción de la silla de ruedas .....	144
Anchura pélvica.....	144
Longitud del muslo.....	145
Longitud de la pantorrilla .....	146
Altura inferior de la escápula .....	147



Altura del hombro.....	147
Tabla de ocurrencia.....	148
Tabla de gravedad.....	148
Tabla de detección.....	149
EN AW 6063.....	150
Perfiles normalizados – Tubo Redondo.....	151
Aluminio y aleaciones de aluminio – Serie 6000.....	153

## Consideraciones Biomecánicas en una silla de ruedas



Una silla de ruedas debe tener como objetivo permitir al usuario la máxima funcionalidad, comodidad y movilidad. Para cumplir con este objetivo, la silla debe estar pensada para ajustarse a la persona, no es la persona la que debe amoldarse a su silla. Si se escoge una silla de ruedas no apropiada, puede resultar incómoda o por ejemplo tener un asiento en el que el usuario resbale hacia delante o se incline hacia un lado.

El resultado será que la energía del usuario se malgastará de manera innecesaria debido al esfuerzo continuado por modificar su postura.

Una silla de ruedas inapropiada puede incluso provocar una discapacidad extra.

A menudo se considera que lo que más afecta a la maniobrabilidad de la silla son su peso y el material con el que esté hecha su estructura. Sin embargo, hay factores más importantes como el asiento y la postura que de él se derive, la distancia entre ejes de las ruedas, la posición y el tamaño de las ruedas, incluso la forma en que la silla ha sido ajustada o montada, que pueden influir decisivamente en la funcionalidad y movilidad del usuario.

### *Factores que afectan a la movilidad - rozamiento*

Cuanto mayor sea el rozamiento, la resistencia a rodar de la silla será superior, y por lo tanto el usuario requerirá mayor energía para su propulsión.

En esta sección se analiza cómo afectan a la facilidad para rodar los siguientes factores:

### **La distribución del peso entre las ruedas delantera y traseras**

Mayor peso sobre las ruedas delanteras provocan mayor rozamiento, pero al mismo tiempo hace que la silla sea más estable. Una silla de ruedas standard tiene una distribución del peso de 50/50%, mientras que una silla ligera ajustable (según el ajuste) tiene una distribución del peso de 80% en la rueda trasera y 20% en la delantera (aproximadamente).

Esto hace que ruede mejor que un standard pero que sea menos estable.

### *El terreno sobre el que la silla va a ser utilizada*

El terreno blando produce un mayor rozamiento y por lo tanto exige mayor esfuerzo para propulsar la silla.

El rozamiento es menor en terrenos o superficies duras.

### **Tamaño y composición de las ruedas**

Las ruedas neumáticas resultan más cómodas al amortiguar mejor, pero oponen una mayor resistencia a rodar por ser más blandas.

La resistencia es inferior en ruedas con cubiertas macizas por ser más duras. Las ruedas pequeñas tienen menor rozamiento por tener menos superficie de contacto con el suelo, pero esto mismo hace que presenten peor agarre. Ruedas más grandes tienen mejor agarre por tener una superficie de contacto mayor pero también produce un rozamiento superior.

## **Tamaño de las ruedas delanteras**

Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores, y suelos accidentados. Las ruedas pequeñas son mejores para su uso en interiores y para la práctica de deportes por su mayor rapidez de giro en superficies lisas y duras. Sin embargo el tamaño adecuado, está determinado por la combinación entre la superficie sobre la cual será utilizada y la distribución del peso en la silla. Por eso, una rueda pequeña en una silla con una distribución del peso 50/50% daría un elevado rozamiento.

## **Centro de gravedad de la silla**

Al mover el centro de gravedad hacia atrás y hacia arriba se aumenta el peso sobre las ruedas traseras y hace que la silla sea más fácil de manejar pero más inestable. Si se desplaza el centro de gravedad hacia abajo y hacia delante, la silla gana en estabilidad pero es más difícil de manejar. (Normalmente se puede llegar a un compromiso según las necesidades del usuario. Puede ser necesario introducir dispositivos de seguridad como ruedas anti-vuelco).

## **Distancia entre ejes de ruedas delanteras y traseras:**

Una distancia larga entre ejes mantiene mejor el rumbo (por eso las sillas de carreras son muy alargadas).

Una distancia entre ejes corta resulta más suave y fácil de manejar (por eso las sillas de baloncesto tienden a tener esta distancia más corta).

## **Angulación de las ruedas traseras**

Si las ruedas tienen un ángulo positivo (mayor anchura en la base) la silla mantendrá mejor el rumbo, será más estable y la postura de los hombros será mejor (brazos más pegados al cuerpo para propulsar). (El inconveniente es que así se aumenta la anchura total de la silla, por eso solo se usa para sillas deportivas).

Una angulación neutra (ruedas paralelas a la silla) es menos eficaz desde el punto de vista de la facilidad para rodar. Una angulación negativa (menor anchura en la base) hace que la postura de los hombros sea peor y la silla será más inestable.

## **Ángulo de las ruedas delanteras**

Después de cualquier cambio en las ruedas traseras o en la altura del armazón, hay que comprobar siempre que las delanteras están a 90°. Si el ángulo es más abierto (superior a 90°) la silla girará más rápido pero al detenerse tenderá a irse hacia atrás y la parte delantera del armazón quedará más elevada. Si el ángulo es inferior a 90° se dificulta el giro. Cuando se quiere detener la silla, esta tiende a seguir rodando, y la parte delantera de la silla queda más baja que la trasera.

## ***Factores que afectan a la propulsión***

El montaje de la silla de ruedas debe procurar una propulsión eficaz junto con un gasto mínimo de energía. Cada usuario debido a sus circunstancias personales tiene una capacidad de propulsión distinta y a veces limitada. Por eso es importante tener en cuenta los siguientes factores que permitirá buscar la composición de silla que cada usuario necesita, para poder optimizar la propulsión dentro de sus posibilidades.

## Gamas de movimiento



Fig.1

El grado de movilidad que tenga el usuario en la columna, hombro, codo, muñeca y dedos delimitará la posibilidad de realizar todo el recorrido de propulsión óptimo. En caso de tener una buena movilidad en estas articulaciones, el recorrido más eficaz es el indicado en la Figura 1. Iniciando por detrás del tronco hasta terminar a la altura de los muslos. De esta forma se aprovecha la flexión de los músculos del brazo que permiten aplicar la fuerza.

## Postura

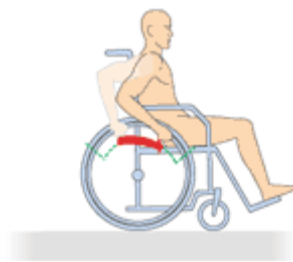


Fig.2

Para poder propulsarse correctamente y aprovechar toda la energía de esta propulsión, el usuario debe estar correctamente sentado (erguido) en una posición sentada simétrica. Solo así podrá llegar adecuadamente a los arcos de empuje y realizar el movimiento completo del brazo, para iniciar la propulsión de la rueda desde atrás, por lo que tenderá a iniciarla adelantando en el recorrido. De esta forma la propulsión será más corta y menos eficiente. (Fig. 2)

## Altura y posición de las ruedas

Para lograr una propulsión más eficaz, las ruedas traseras deben estar situadas de forma que el usuario con el hombro relajado y dejando caer el brazo estirado, pueda tocar con la punta de los dedos el eje de la rueda trasera (Fig. 3). Si el eje de la rueda queda más alto de lo indicado, el aro de empuje le quedará también alto, y el usuario deberá flexionar demasiado los brazos para propulsarse (Fig. 4). La propulsión será más incómoda e ineficiente. Lo mismo ocurre si el eje de la rueda está más bajo que la punta de los dedos. El usuario deberá realizar la propulsión con los brazos demasiado estirados, y no podrá realizar la fuerza necesaria para la propulsión correcta (Fig. 5).

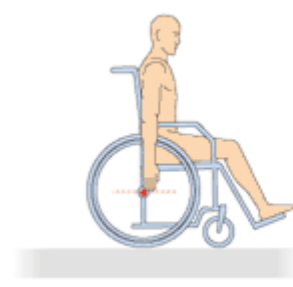


Fig.3

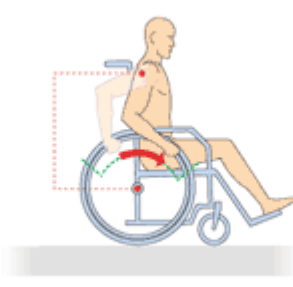


Fig.4

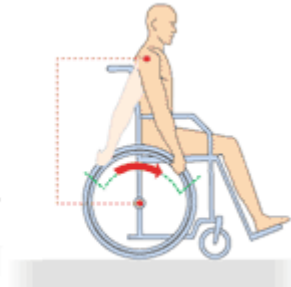


Fig.5

Esta misma regla marca también la posición óptima de la rueda. Si la rueda está adelantada y el eje queda por delante de los dedos, el usuario iniciará la propulsión demasiado atrás y no podrá completar todo el recorrido (Fig. 6).

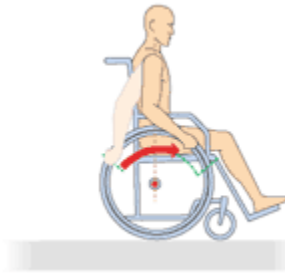


Fig.6

Si el eje queda por detrás de los dedos, el usuario empezará la propulsión adelantado y por lo tanto tendrá un recorrido más corto (menos eficiente) (Fig. 7).

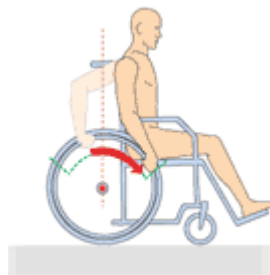


Fig.7

La posición de la rueda trasera afecta también a la estabilidad de la silla. Si la rueda está más retrasada la silla será más estable (caso de sillas estándar) pero también requiere mayor energía para la propulsión. Las sillas ligeras tienden a tener las ruedas traseras más adelantadas que la silla estándar. De esta forma necesita menor fuerza de palanca y menor energía para su propulsión.

### Tamaño de la rueda

La rueda trasera más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también realiza un recorrido más corto. Se suelen utilizar ruedas inferiores a 600 mm (24") en usuarios con dificultad de movimiento en los hombros o columna quifótica. También se utilizan ruedas más pequeñas en sillas de niños para que el aro de empuje quede a una altura más adecuada a la longitud de sus brazos.

### Distancia entre ejes

Una distancia larga entre ejes trasero y delantero permite mantener un rumbo más recto, pero también las ruedas recorren mayor distancia por lo que es necesaria más energía para su propulsión.

Una distancia de ejes corta gira con mayor facilidad y se maneja más fácil al requerir menor gasto de energía para su propulsión.

### Angulación de la rueda

La propulsión óptima se realiza con las ruedas traseras paralelas al asiento. De esta forma la distancia de los brazos al cuerpo es la adecuada para aplicar la energía necesaria para la propulsión correcta.

Si las ruedas están más anchas en la base, la silla es más estable, pero los brazos quedan más cerca del cuerpo. Así se produce una mayor abducción de los hombros por lo que la propulsión es más difícil y menos eficaz.

Si las ruedas están más juntas en la base, los brazos quedarán muy lejos del cuerpo siendo difícil aplicar la fuerza necesaria para la propulsión. Además la silla es más inestable.

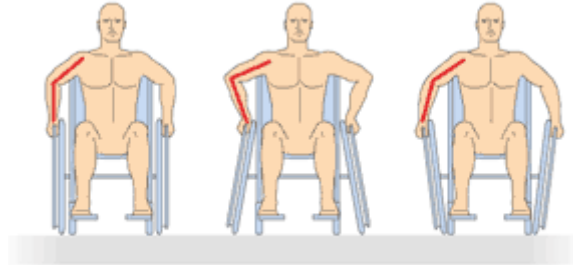
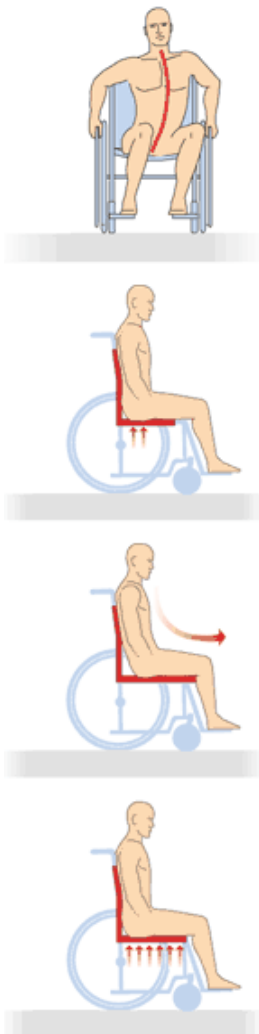


Fig.8

## La postura en la silla de ruedas



La capacidad para funcionar de manera eficaz y realizar actividades depende de la habilidad para adoptar la postura apropiada. Esto hace que, si una persona no puede moverse o modificar su postura, puede ser necesario utilizar el asiento para intentar dar externamente lo que está limitado internamente.

Una silla de ruedas únicamente resulta útil para su usuario si le proporciona comodidad y una base de asiento estable que le permita:

- Sentarse erguido en una posición sentada simétrica.
- Conseguir la máxima capacidad funcional con el mínimo gasto de energía.
- Reducir la presión que soporta en las nalgas y muslos.

A continuación se analizarán los distintos factores de los que depende que el usuario pueda adoptar en su silla la postura correcta para conseguir estos objetivos.

## Tamaño del asiento

Asegura la estabilidad optimizando la zona del cuerpo del usuario en contacto con la base del soporte. También procura alivio de la presión al distribuir de manera uniforme el peso del usuario en la mayor superficie posible.

Si el asiento es demasiado ancho, el usuario tenderá a no sentarse simétricamente, si es demasiado estrecho existe el riesgo de que se produzcan escara por presión.

Si es demasiado corto, los muslos no se apoyan en el asiento en toda su longitud de forma que se acumula mayor presión en las nalgas.

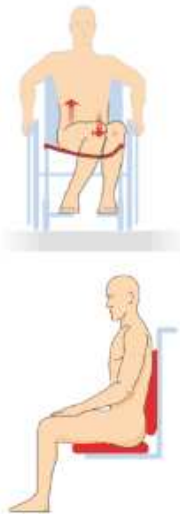
Si es demasiado largo, puede producir tensión en la zona de detrás de la rodilla. También dificultará que el usuario obtenga el soporte adecuado del respaldo, ya que tenderá a deslizarse en el asiento para evitar la tensión.

La longitud óptima del asiento debe ser aquella que estando el usuario sentado (erguido) deje una distancia aproximada de dos dedos de espacio entre el final del asiento y la zona interna de las rodillas del usuario.



## Forma y ángulo del asiento

El asiento debe ser firme y estar nivelado.

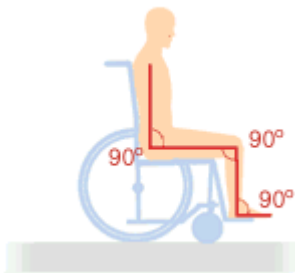


Una tapicería de asiento hundida provocará que el usuario se sienta de manera asimétrica haciendo que los muslos y las rodillas se empujen.

Esto producirá un exceso de presión y rozamiento.

Cuando se mantiene una buena postura, el ángulo de la cadera (entre los muslos y el tronco) es fundamental ya que determina la estabilidad de la pelvis. Se considera que el ángulo de  $90^\circ$  es el más adecuado para las actividades cotidianas. La mejor forma de conseguir este ángulo es utilizando un cojín adaptado a la forma humana, más bajo por detrás para acomodar la forma de las nalgas.

## Soporte para los pies



Una vez establecido el ángulo de la cadera en  $90^\circ$ , la mayoría de las personas se sentirán cómodas si las rodillas se encuentran también en un ángulo de  $90^\circ$ . Este mismo ángulo se debe mantener también en los tobillos.

Por lo tanto, desde el punto de vista ergonómico los reposapiés deberían ser de  $90^\circ$ . Sin embargo en adultos, normalmente no se da, porque de esta forma las plataformas del reposapiés impiden el libre giro de las ruedas delanteras.

En sillas deportivas con ruedas delanteras más pequeñas el ángulo puede ser de unos  $85^\circ$ . En sillas normales es algo inferior, pero siempre tendiendo aproximarse lo más posible a los  $90^\circ$ .



La altura a la que están colocadas las plataformas también es importante.

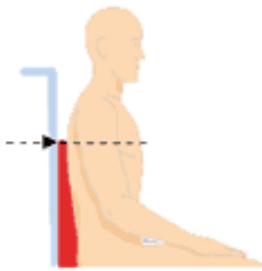
Si están demasiado bajas o el asiento demasiado alto, las rodillas del usuario estarán más bajas que sus caderas.

De esta forma el usuario tenderá a deslizarse en el asiento, dificultando la propulsión y aumentando el rozamiento de las nalgas.



Si las plataformas están demasiado altas o el asiento bajo, las rodillas estarán más altas que las caderas aumentando la presión sobre las nalgas.

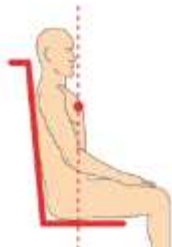
### Altura del respaldo



El respaldo debe ser lo bastante alto como para estabilizar la región lumbar superior.

Por encima de este nivel la altura del respaldo depende de las necesidades o preferencias particulares del usuario. En lesionados medulares cuanto más alta es la lesión necesitarán un respaldo más alto para dar soporte al tronco. También se recomienda un respaldo más alto para dar seguridad al usuario que usa por primera vez una silla de ruedas. Una vez acostumbrado y si su lesión lo permite, tendrá a respaldos más bajos que ofrecen mayor libertad de movimientos del tronco.

### Forma del respaldo y ángulo



La mayoría de usuarios se sentirán cómodos con un respaldo que dé adecuado soporte a la región lumbar. La forma, junto con un ángulo de inclinación adecuado, proporciona apoyo y equilibrio a la parte superior del cuerpo. El respaldo debe estar ligeramente reclinado para que la fuerza de gravedad recaiga sobre el pecho del usuario ayudándole a mantenerse estable en la silla.

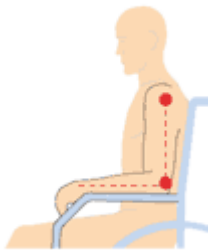


Un respaldo completamente recto hace que la fuerza de gravedad recaiga en los hombros del usuario por lo que éste tenderá a inclinarse hacia adelante para compensarla.



Un respaldo demasiado reclinado resulta incómodo porque el usuario ve reducido su campo visual.

## Soporte de los brazos



Los reposabrazos procuran descanso a los brazos y músculos del cuello. Cuando se ajustan de manera adecuada, los antebrazos del usuario apoyados deben quedar a 90° del codo.

Si los apoyabrazos son demasiado altos, los hombros quedarán forzados hacia arriba, dando lugar a dolores musculares en la zona cervical. Si los apoyabrazos están demasiado bajos, el usuario tenderá a dejarse caer hacia un lado cuando los utilice. Una base de asiento estable puede eliminar la necesidad de apoyabrazos en los usuarios activos.

## *Tipos de componentes de una silla de ruedas*

Para poder ajustar correctamente una silla de ruedas a las necesidades de su usuario, es importante conocer la extensa gama de posibilidades que existen en los distintos componentes de una silla de ruedas. De esta forma se podrá elegir en cada componente, el que mejor se adapte al usuario y así potenciar al máximo su funcionalidad en la silla.

Como partes claves de una silla de ruedas, vamos a analizar los distintos tipos de armazón, ruedas, frenos, reposapiés y reposabrazos, y las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

### Armazón



**Armazón rígido**

El armazón de una silla de ruedas puede ser **rígido (fijo), o plegable**. El aprovechamiento de la energía que el usuario aplica para propulsarse es del doble en una silla con armazón rígido (se aprovecha 15-20% del impulso), que en una plegable (aprovecha 5-8% del impulso).

Esto es debido a que en una silla plegable parte de la energía de propulsión se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación. Otras ventajas que representa el armazón rígido es que resulta fácil de manejar y es algo más ligero que uno similar plegable.

Sin embargo la silla plegable resulta en general más cómoda de transportar y guardar al ocupar menos espacio plegada.

Actualmente existen sillas que presentando un comportamiento de armazón rígido permiten un plegado muy compacto, con la Quicke Revolution.



**Quicke Revolution:  
comportamiento rígido  
y plegado compacto**

## Material

La composición del armazón es un factor clave en la funcionalidad de la silla. El acero siendo el más habitual, es el más pesado pero también el más barato. Una silla con armazón de aluminio es mucho más ligera y por lo tanto fácil de propulsar, pero también más cara.

También se pueden encontrar armazones realizados en materiales ligeros como titanio y carbono. Se utilizan habitualmente en sillas de armazón rígido y tienen un precio muy elevado.

## Ruedas delanteras

### Tamaño



**Rueda de 75 mm**

Puede ir desde los 75 mm de diámetro hasta 200 mm de las ruedas delanteras.

Cuanto más pequeñas sean las ruedas delanteras, tendrán menor rozamiento y mayor facilidad de giro, siendo adecuadas para interiores. Así por ejemplo las de 75 mm y 125 mm se recomiendan en sillas para deportes en pista, como el baloncesto.



**Rueda de 200 mm**

Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores, y suelos accidentados, ya que resulta más fácil salvar obstáculos y no se clavan en el terreno.



Rueda de 150 mm

El compromiso intermedio para exterior e interior es la rueda de 150 mm.

Siempre que variemos el tamaño de la rueda delantera, es necesario ajustar la horquilla. El eje de giro de la horquilla debe estar siempre a 90° con el suelo.

## Cubiertas

- **Neumáticas.**
  - Amortiguan las imperfecciones del terreno pero requieren mantenimiento (se pueden pinchar y hay que hincharlas)
- **Macizas.**
  - Resultan más duras de conducción al no amortiguar, pero no requieren mantenimiento.

## Ruedas traseras

### Tamaño

La rueda trasera más habitual es la de 600 mm de diámetro (24"). Se utilizan ruedas más pequeñas 22" (550 mm) o 20 " (500 mm) en sillas de niño, para personas con limitación del movimiento en los hombros o para hemipléjicos, para que puedan llegar al suelo y propulsarse con el pie. La rueda más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también requiere mayor número de impulsos. Las ruedas de 26 " (650 mm) se utilizan para personas muy altas y para deportes.

### Cubiertas



Diferentes tipos de cubiertas

- **Macizas.**
  - Ofrecen menor resistencia al rodar, y no requieren mantenimiento, pero son más pesadas y de conducción más dura al no amortiguar los accidentes del terreno. Presenta peor agarre en superficies mojadas.
- **Neumáticas.**
  - Son de conducción más cómoda porque amortiguan los accidentes del terreno y presentan un buen agarre en la mayoría de las superficies. Son las más ligeras. Como inconveniente tienen que requieren algo más de fuerza para propulsarlas al ser más blandas y requieren mantenimiento (se pueden pinchar, y hay que hincharlas y vigilar la presión de aire para mantener su rendimiento).

- **Inserto sólido.**
  - Son un intermedio entre las macizas y las neumáticas, No requieren mantenimiento, presentan mejor agarre que las macizas en superficies mojadas, aunque no amortiguan tanto como las neumáticas y pesan algo más que éstas.

### *Neumáticos de alto rendimiento*

- **Tubulares.**
  - Muy ligeros, y con mínima resistencia a la rodadura. Ofrecen poca resistencia a pinchazos y elevado mantenimiento. Se utilizan para sillas de deporte en pista como el baloncesto.
- **Alta presión.**
  - Se utilizan en deportes y en sillas de aluminio (activas). Son neumáticos muy ligeros, de alto rendimiento, que al llevar cámara permiten que su reparación sea más económica (sólo se cambia la cámara).
- **Macizos blandos.**
  - Con un peso similar a los neumáticos, presentan menor resistencia a la rodadura que estos. Tienen mayor durabilidad que el inserto sólido y además son más baratos.

## Llantas



**Llantas de plástico**

**Llantas de plástico:** apenas requieren mantenimiento, pero pesan más que las ruedas de radios.



**Llantas de radios de aluminio**

**Llantas de radios de aluminio:** resulta más ligera que la de plástico y absorbe mejor las rugosidades del terreno. Los radios cruzados ofrecen un entramado más fuerte.

Para deporte se prefieren los radios rectos, que dan mayor rigidez al conjunto, pero los aros y el carrete deben de ser especialmente fuertes.

## Aros de empuje



**Aro con proyecciones**

Pueden ser de aluminio, acero (que es más pesado pero resbala menos), titanio (muy ligeros), o recubiertos de plástico. Además del material, existen aros con proyecciones para facilitar el agarre por parte de personas con poca movilidad en las manos

## Frenos



Los frenos más comunes son los **frenos con zapata**. Son de montaje alto (se anclan al tubo que queda por debajo del asiento), y pueden ser de dos tipos, según se activen empujando hacia delante o tirando hacia atrás.

Para sillas muy ligeras o deportivas se suelen utilizar **frenos de tijera**.

Este tipo de frenos pueden ser de montaje alto o montaje bajo (según se anclen en el tubo superior o inferior del armazón).



Estos frenos quedan recogidos por debajo del asiento cuando no se utilizan, por lo que están más protegidos de impactos y no molestan en las transferencias.

**Frenos de una mano:** Para personas hemipléjicas que solo se propulsan con una mano, existe un tipo de freno que permite frenar las dos ruedas con una sola mano.





**Frenos con alargador:** el alargador de frenos es un accesorio que se utiliza para facilitar el acceso al freno de usuarios con poca movilidad en los brazos o las manos, y así facilitarles el frenado.

**Frenos de tambor:** Son frenos que no son activados por el usuario sino por el acompañante. Para ello debe presionar las manetas (tipo de frenos de bicicleta) situadas bajo las empuñaduras de la silla. Este tipo de freno es el único que sirve además de para el bloqueo de las ruedas cuando la silla está parada, para reducir la velocidad de la silla, cuando está en marcha.

## Reposabrazos

Hay varios tipos de reposabrazos. Pueden ser desmontables, o abatibles hacia detrás. Con distintas longitudes del almohadillado (normal o largo).



**Ajustables en altura:** el almohadillado puede colocarse en varias alturas para ajustarse a las necesidades del usuario.

**De escritorio:** con forma que permite el acercamiento a mesas.

**Tubulares:** pesan menos pero tiene superficie de apoyo inferior.

Para gente muy activa se suelen eliminar los reposabrazos y colocar unos protectores laterales para impedir que las ruedas ensucien la ropa al salpicar.

## Reposapiés y plataformas



Pueden ser fijos o desmontables. Para acortar la longitud de la silla en espacios reducidos como ascensores, es mejor que sean desmontables. Si no hay problemas de espacio es más aconsejable que los reposapiés sean fijos. La posición anatómica ideal de los reposapiés es a 90°. Sin embargo, en adultos los pies pueden interferir con el giro de las horquillas delanteras, por lo que el ángulo se tiende a reducir. Los ángulos más frecuentes son de 90°, 70° y 60°.

**Elevables:** Elevan el conjunto de la pierna, para adoptar posturas más cómodas. Se utilizan mucho en sillas con respaldo reclinable.

Las plataformas de reposapiés son normalmente de composite. Pueden ser dobles o bien una plataforma única, con o sin cintas taloneras. Normalmente el ángulo entre el reposapiés y las plataformas es de 90°, pero **hay plataformas que tienen la posibilidad de regular este ángulo**, para adaptarse a

necesidades concretas de algunos usuarios.

## Medidas necesarias para la correcta prescripción de la silla de ruedas

La independencia en una silla de ruedas puede facilitarse o empeorarse como resultado de una toda de medidas correcta o no. La silla es una extensión del individuo y que cada individuo tiene unas necesidades que deben ser tomadas en consideración.

Las medidas deben tomarse, a poder ser, en una superficie plana preferentemente dura con un almohadillado máximo de 2.5 a 3 cm. Si se realizara en una cama, sobre la tapicería de una silla de ruedas o sobre cualquier otra superficie blanda, puede que éstas no sean las correctas.

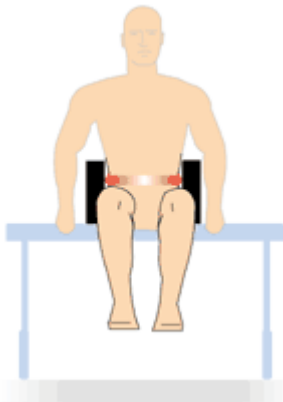
El espacio personal del usuario es muy importante. Debemos respetarlo siempre y pedir permiso cuando tengamos que tocarle o aproximarnos, ya que estaremos invadiendo su espacio personal. Esto también garantiza en algunos casos la seguridad de quienes están trabajando con el paciente.

Al tomar medidas el usuario debe posicionarse en la postura correcta que después va a adoptar en la silla de ruedas. En algunos casos es necesaria la colaboración de amigos o familiares.

Así mismo deberá considerarse la ropa que lleve puesta en ese momento y la que llevará habitualmente.

### Anchura pélvica

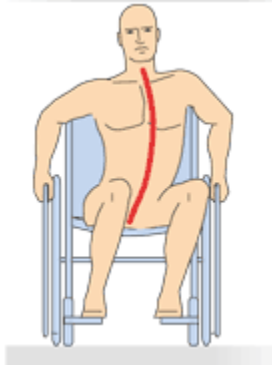
Medida que se corresponde en equipamiento a la anchura de asiento de la silla.



Equivale a la máxima anchura de las caderas en el punto más ancho de las mismas. Un modo práctico de medirla es colocando al paciente sentado sobre una mesa con dos cajas a ambos lados de la cadera y medir la distancia existente entre las caras internas de ambas cajas.

#### Ésta medida determinará los siguientes factores:

- Acceso a las ruedas.
  - Un asiento demasiado ancho dificultará el acceso del paciente para propulsar la silla y aumentará innecesariamente la anchura total de la silla, dificultando su entrada en interiores.
- Posición pélvica y estabilidad.
  - Un asiento demasiado ancho provocará un aumento del riesgo de oblicuidad pélvica.



Si se desea que un niño crezca sin deformidades causadas por la silla, debemos acoplar un sistema especial, que le posicione correctamente y le proporcione un soporte extra en los laterales.

## Longitud del muslo

Medida que se corresponde con la profundidad del asiento.

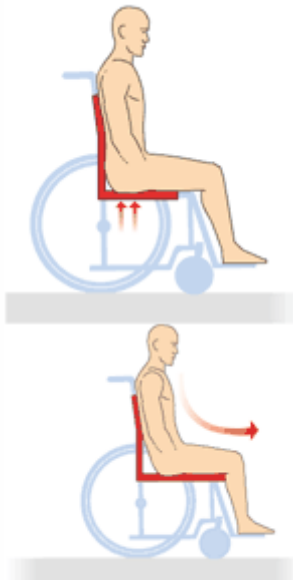


Un método práctico para medir la profundidad el asiento de la silla es colocar al paciente sentado en una mesa con el borde anterior de la mesa de tres dedos de la flexura de la rodilla y con una caja en la parte posterior de la espalda. Medir desde el plano vertical posterior de la espalda hasta el borde de la mesa.

Esta medida deberá realizarse tanto en el muslo derecho como en el izquierdo, para considerar cualquier discrepancia.

De esta toma de medidas dependerá:

- **Distribución de la presión.**
  - A mayor superficie de apoyo mayor distribución del peso.
- **Posición pélvica y estabilidad.**
  - A mayor superficie de apoyo, mayor base de estabilidad.
- **Longitud de la silla y maniobrabilidad.**

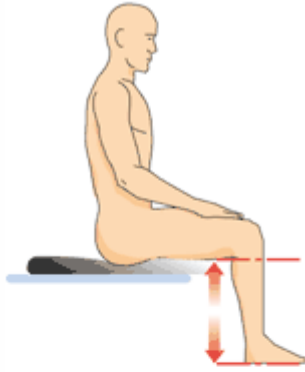


Si el asiento es demasiado corto, la mayor distribución del peso recaerá en la zona de riesgo de escara (tuberosidades isquiáticas y coxis).

Por el contrario, si el asiento es demasiado largo, el paciente sufrirá rozamiento en la flexura de la rodilla y para evitarlo se deslizará sobre la superficie del asiento.

## Longitud de la pantorrilla

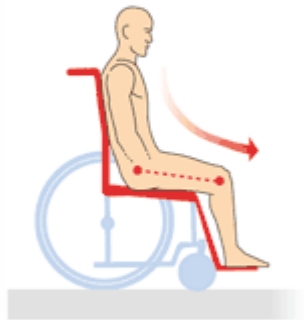
Medida que corresponde con la longitud del reposapiés.



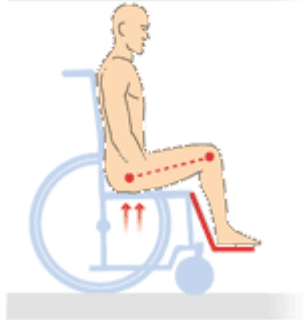
Equivale a la distancia desde la flexura de la rodilla hasta la zona de apoyo del talón, con el tobillo en flexión. Hay que considerar cualquier aparato o ayuda que normalmente utilice el individuo. Es importante medir ambas piernas para considerar cualquier discrepancia.

De esta medida dependen:

- **La distribución de la presión:** Un 19% del peso del cuerpo en sedestación se distribuye en los pies.
- **Posición pélvica y estabilidad:** Si los reposapiés están largos, los pies van a buscarlos, provocando una retroversión pélvica.

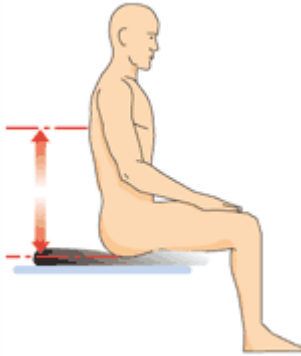


Si los reposapiés están demasiado cortos, el paciente no apoyaría los muslos y el peso estaría concentrado en la zona de riesgo de escaras (tuberosidades isquiáticas y coxis).



### Altura inferior de la escápula

Medida que se corresponde con la altura del respaldo en un paciente con control normal del tronco.

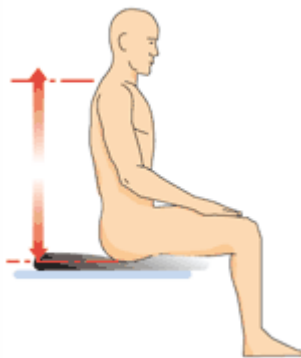


Se mide desde el plano del asiento hasta el ángulo inferior de la escápula. La altura máxima del respaldo debe quedar 2.5 cm. Por debajo de la escápula. Hay que considerar los siguientes factores.

- Posible punto de presión.
- La necesidad de soportes torácicos (laterales) y/o lumbares (posteriores).
- Estabilidad y/o movilidad del tronco.

### Altura del hombro

Medida que se corresponde con la altura del respaldo en un paciente con poco control del cuerpo.



Equivale a la distancia del plano del asiento a la altura del hombro.

#### De esta medida dependerán:

- La estabilidad escapular y movilidad.
- El soporte torácico y lumbar.
- La estabilidad.
- El control de cabeza.

Cuando hay poco control de tronco se recomienda ayudar al paciente basculando la silla hasta lograr su equilibrio, siempre manteniendo los ángulos de la pelvis, de las rodillas y del tobillo a 90° (salvo que tenga deformidades fijas en las articulaciones). En caso necesario, se deberán añadir además, mayor altura del respaldo, soportes laterales, lumbares y cabecero.

## Tabla de ocurrencia

Criterio	Clasificación	Probabilidad
<b>Remota probabilidad de ocurrencia.</b> Sería irrazonable esperar que se produjera fallo	1	1/10.000
<b>Baja probabilidad de ocurrencia.</b> Ocasionalmente podría producirse un número relativo de fallos.	2 3	1/5.000 1/2.000
<b>Moderada probabilidad de ocurrencia.</b> Asociado a situaciones que hayan tenido fallos esporádicos, pero no en grandes proporciones	4 5 6	1/1.000 1/500 1/200
<b>Alta probabilidad de ocurrencia.</b> Los fallos se presentan con frecuencia	7 8	1/100 1/50
<b>Muy alta probabilidad de ocurrencia.</b> Se producirá el fallo casi con total seguridad	9 10	1/20 1/10

## Tabla de gravedad

Criterio	Clasificación
<b>Irrazonable esperar que el fallo produjese un efecto perceptible en el rendimiento del producto o servicio.</b> Probablemente, el cliente no podrá detectar el fallo	1
<b>Baja gravedad debido a la escasa importancia de las consecuencias del fallo, que causarían en el cliente un ligero descontento</b>	2 3
<b>Moderada gravedad del fallo que causaría al cliente cierto descontento. Puede ocasionar retrabajos.</b>	4 5 6
<b>Alta clasificación de gravedad debido a la naturaleza del fallo que causa en el cliente un alto grado de insatisfacción sin llegar a incumplir la normativa sobre seguridad o quebrando de leyes. Requiere retrabajos mayores.</b>	7 8
<b>Muy alta clasificación de gravedad que origina total insatisfacción del cliente, o puede llegar a suponer un riesgo para la seguridad o incumplimiento de la normativa.</b>	9 10

## Tabla de detección

Criterio	Clasificación	Probabilidad
Remota probabilidad de que el defecto llegue al cliente. Casi completa fiabilidad de los controles	1	1/10.000
Baja probabilidad de que el defecto llegue al cliente ya que, de producirse, sería detectado por los controles o en fases posteriores del proceso.	2	1/5.000
	3	1/2.000
Moderada probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente.	4	1/1.000
	5	1/500
	6	1/200
Alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente debido a la baja fiabilidad de los controles existentes.	7	1/100
	8	1/50
Muy alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente. Este está latente y no se manifestará en la fase de fabricación del producto.	9	1/20
	10	1/10



## EN AW 6063

### Propiedades mecánicas típicas (a temperatura ambiente de 20°C)

Estado	Características a la tracción			Límite a la fatiga N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la cizalladura N/mm <sup>2</sup>	Dureza Brinell (HB)
	Carga de rotura R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	Límite elástico R <sub>p 0,2</sub> N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento A 5,65 %			
0	100	50	27	110	70	25
T1	150	90	26	150	95	45
T4	180	90	21	150	110	50
T5	215	175	14	150	135	60
T6	245	210	14	150	150	75
T8	260	240	-	-	155	80

### Características mecánicas de la aleación a diferentes temperaturas

Estado	-195°C			-80°C			-30°C			+25°C			+100°C		
	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65
T1	235	110	44	180	105	36	165	95	34	150	90	33	150	95	20
T5	255	165	28	250	150	24	195	150	23	185	145	22	165	140	18
T6	325	250	24	260	230	20	250	220	19	240	215	16	215	195	15

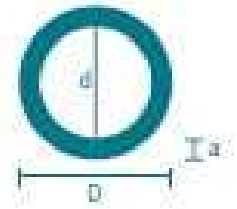
Estado	+150°C			+205°C			+260°C			+315°C			+370°C		
	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65	R <sub>m</sub>	R <sub>p 0,2</sub>	A 5,65
T1	145	105	20	60	45	40	31	24	75	22	17	80	16	14	105
T5	140	125	20	60	45	40	31	24	75	22	17	80	16	14	105
T6	145	140	20	60	45	40	31	24	75	22	17	80	16	14	105

R<sub>m</sub> N/mm<sup>2</sup>; R<sub>p</sub> N/mm<sup>2</sup>; A 5,6 5%

## Perfiles normalizados – Tubo Redondo



Código	D mm	d mm	a mm	Aliajacion	M la cm <sup>2</sup>	W x cm <sup>2</sup>
1.08.180	12,0	10,0	1,00	6060/6063-T5	0,053	0,088
1.08.195	13,0	10,5	1,25	6060/6063-T5	0,081	0,124
1.08.225	16,0	13,0	1,50	6060/6063-T5	0,182	0,227
1.08.235	18,0	15,0	1,50	6060/6063-T5	0,267	0,296
1.08.260	20,0	17,0	1,50	6060/6063-T5	0,375	0,375
1.08.285	22,0	19,0	1,50	6060/6063-T5	0,510	0,464
1.08.310	25,0	21,0	2,00	6060/6063-T5	0,863	0,770
1.08.315	25,0	22,0	1,50	6060/6063-T5	0,768	0,614
1.08.340	26,0	16,5	4,75	6060/6063-T5	1,879	1,446
21.82.006.340.08	25,6	16,5	4,55	6082-T6	1,744	1,363
1.08.345	26,0	22,0	2,00	6060/6063-T5	1,092	0,841
1.08.370	30,0	20,0	5,00	6060/6063-T5	3,191	2,127
1.08.380	30,0	24,0	3,00	6060/6063-T5	2,347	1,565
21.82.006.380.08	30,0	24,0	3,00	6082-T6	2,347	1,565
1.08.385	30,0	25,0	2,50	6060/6063-T5	2,059	1,373
1.08.390	30,0	26,0	2,00	6060/6063-T5	1,733	1,155
1.08.395	30,0	27,0	1,50	6060/6063-T5	1,367	0,912
1.08.410	32,0	29,0	1,50	6060/6063-T5	1,675	1,047
1.08.425	33,0	28,0	2,50	6060/6063-T5	2,804	1,699
1.08.445	35,0	30,0	2,50	6060/6063-T5	3,390	1,937
1.08.460	35,0	31,0	2,00	6060/6063-T5	2,833	1,619
1.08.480	40,0	30,0	5,00	6060/6063-T5	8,590	4,295
21.82.006.480.08	40,0	30,0	5,00	6082-T6	8,590	4,295
1.08.495	40,0	35,0	2,50	6060/6063-T5	5,200	2,600
21.82.006.495.08	40,0	35,0	2,50	6082-T6	5,200	2,600
1.08.500	40,0	36,0	2,00	6060/6063-T5	4,322	2,161
1.08.545	45,0	40,0	2,50	6060/6063-T5	7,562	3,361
21.82.006.545.08	45,0	40,0	2,50	6082-T6	7,563	3,361
1.08.550	45,0	41,0	2,00	6060/6063-T5	6,258	2,781
1.08.560	48,0	42,0	3,00	6060/6063-T5	10,783	4,493
21.82.006.560.08	48,0	42,0	3,00	6082-T6	10,783	4,493
1.08.565	50,0	40,0	5,00	6060/6063-T5	18,113	7,245
21.82.006.565.08	50,0	40,0	5,00	6082-T6	18,113	7,245
1.08.570	50,0	45,0	2,50	6060/6063-T5	10,551	4,220
21.82.006.570.08	50,0	45,0	2,50	6082-T6	10,551	4,220
1.08.575	50,0	46,0	2,00	6060/6063-T5	8,701	3,480
1.08.580	50,0	47,0	1,50	6060/6063-T5	6,727	2,691
1.08.589	55,0	52,0	1,50	6060/6063-T5	9,027	3,283
1.08.590	55,0	50,0	2,50	6060/6063-T5	14,238	5,178
1.08.595	60,0	50,0	5,00	6060/6063-T5	32,938	10,979
21.82.006.595.08	60,0	50,0	5,00	6082-T6	32,938	10,979



Código	D mm	d mm	e mm	Alación	M <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>
1.08.610	60	55,0	2,5	6060/6063-T5	18,699	6,233
21.82.006.610.08	60	55,0	2,5	6082-T6	18,699	6,233
1.08.615	60	57,0	1,5	6060/6063-T5	11,801	3,934
1.08.640	65	60,0	2,5	6060/6063-T5	24,007	7,387
1.08.642	65	62,6	1,2	6060/6063-T5	12,342	3,767
1.08.654	70	60,0	5,0	6060/6063-T5	54,242	15,498
1.08.660	70	65,0	2,5	6060/6063-T5	30,235	8,639
1.08.670	75	70,0	2,5	6060/6063-T5	37,457	9,988
1.08.675	80	70,0	5,0	6060/6063-T5	83,203	20,801
21.82.006.675.08	80	70,0	5,0	6082-T6	83,203	20,801
1.08.685	80	75,0	2,5	6060/6063-T5	45,746	11,437
21.82.006.685.08	80	75,0	2,5	6082-T6	45,746	11,437
1.08.705	90	80,0	5,0	6060/6063-T5	121,000	26,889
21.82.006.705.08	90	80,0	5,0	6082-T6	121,000	26,889
1.08.715	100	80,0	10,0	6060/6063-T5	289,812	57,962
1.08.725	100	90,0	5,0	6060/6063-T5	168,812	33,762
21.82.006.725.08	100	90,0	5,0	6082-T6	168,812	33,762
1.08.745	110	100,0	5,0	6060/6063-T5	277,815	41,421
1.08.760	120	106,0	7,0	6060/6063-T5	398,159	66,360
21.82.006.765.08	120	110,0	5,0	6082-T6	299,188	49,865
21.82.006.778.08	130	120,0	5,0	6082-T6	384,109	58,094
1.08.813	150	140,0	5,0	6060/6063-T5	599,308	79,908
1.08.825	160	150,0	5,0	6060/6063-T5	731,942	91,493

# Aluminio y aleaciones de aluminio – Serie 6000

Designación de la aleación		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Notas	Otros <sup>a</sup>		Aluminio min.
Númerica	Simbólica													Cada	Total <sup>b</sup>	
EN AW-6003	EN AW-Al Mg1Si0,8	0,35-1,0	0,6	0,10	0,8	0,8-1,5	0,35	–	0,20	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6005	EN AW-Al SiMg	0,6-0,9	0,35	0,10	0,10	0,40-0,6	0,10	–	0,10	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6005A	EN AW-Al SiMg(A)	0,50-0,9	0,35	0,30	0,50	0,40-0,7	0,30	–	0,20	0,10	–	–	0,12-0,50 Mn + Cr	0,05	0,15	Resto
EN AW-6005B	EN AW-Al SiMg(B)	0,45-0,8	0,30	0,10	0,10	0,40-0,8	0,10	–	0,10	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6008	EN AW-Al SiMgV	0,50-0,9	0,35	0,30	0,30	0,40-0,7	0,30	–	0,20	0,10	–	0,05-0,20	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6011	EN AW-Al Mg0,9Si0,9Cu	0,6-1,2	1,0	0,40-0,9	0,8	0,6-1,2	0,30	0,20	1,5	0,20	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6012	EN AW-Al MgSiPb	0,6-1,4	0,50	0,10	0,40-1,0	0,6-1,2	0,30	–	0,30	0,20	–	–	0,7 Bi; 0,40-2,0 Pb	0,05	0,15	Resto
EN AW-6012A	EN AW-Al MgSiSn	0,6-1,4	0,50	0,40	0,20-1,0	0,6-1,2	0,30	–	0,30	0,20	–	–	0,7 Bi; 0,40-2,0 Sn	0,05	0,15	Resto
EN AW-6013	EN AW-Al Mg1Si0,8CuMn	0,6-1,0	0,50	0,6-1,1	0,20-0,8	0,8-1,2	0,10	–	0,25	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6014	EN AW-Al Mg0,6Si0,6V	0,30-0,6	0,35	0,25	0,05-0,20	0,40-0,8	0,20	–	0,10	0,10	–	0,05-0,20	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6015	EN AW-Al Mg1Si0,3Cu	0,20-0,40	0,10-0,30	0,10-0,25	0,10	0,8-1,1	0,10	–	0,10	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6016	EN AW-Al Si1,2Mg0,4	1,0-1,5	0,50	0,20	0,20	0,25-0,6	0,10	–	0,20	0,15	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6018	EN AW-Al Mg1SiPbMn	0,50-1,2	0,7	0,15-0,40	0,30-0,8	0,6-1,2	0,10	–	0,30	0,20	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6023	EN AW-Al Si1Sn1MgBi	0,6-1,4	0,50	0,20-0,50	0,20-0,6	0,40-0,9	–	–	–	–	–	–	0,30-0,8 Bi; 0,6-1,2Sn	0,05	0,15	Resto
EN AW-6025	EN AW-Al Mg2,5Si0,5MnCu	0,8-1,5	0,7	0,20-0,7	0,6-1,4	2,1-3,0	0,20	–	0,50	0,20	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6056	EN AW-Al Si1MgCuMn	0,7-1,3	0,50	0,50-1,1	0,40-1,0	0,6-1,2	0,25	–	0,10-0,7	d	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6060	EN AW-Al MgSi	0,30-0,6	0,10-0,30	0,10	0,10	0,35-0,6	0,05	–	0,15	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6061	EN AW-Al Mg1SiCu	0,40-0,8	0,7	0,15-0,40	0,15	0,8-1,2	0,04-0,35	–	0,25	0,15	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6061A	EN AW-Al Mg1SiCu(A)	0,40-0,8	0,7	0,15-0,40	0,15	0,8-1,2	0,04-0,35	–	0,25	0,15	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6063	EN AW-Al Mg0,7Si	0,20-0,6	0,35	0,10	0,10	0,45-0,9	0,10	–	0,10	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6063A	EN AW-Al Mg0,7Si(A)	0,30-0,6	0,15-0,35	0,10	0,15	0,6-0,9	0,05	–	0,15	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6065	EN AW-Al Mg1Bi1Si	0,40-0,8	0,7	0,15-0,40	0,15	0,8-1,2	0,15	–	0,25	0,10	–	–	0,50-1,5Bi; 0,05Pb; 0,15Zr	0,05	0,15	Resto

Designación de la aleación		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Notas	Otros <sup>a</sup>		Aluminio min.
Númerica	Simbólica													Cada	Total <sup>b</sup>	
EN AW-6081	EN AW-Al Si0,9MgMn	0,7-1,1	0,50	0,10	0,10-0,45	0,6-1,0	0,10	–	0,20	0,15	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6082	EN AW-Al Si1MgMn	0,7-1,3	0,50	0,10	0,40-1,0	0,6-1,2	0,25	–	0,20	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6082A	EN AW-Al Si1MgMn(A)	0,7-1,3	0,50	0,10	0,40-1,0	0,6-1,2	0,25	–	0,20	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6101	EN AW-Al MgSi	0,30-0,7	0,50	0,10	0,03	0,35-0,8	0,03	–	0,10	–	–	–	0,06 B	0,03	0,10	Resto
EN AW-6101A	EN AW-Al MgSi(A)	0,30-0,7	0,40	0,05	–	0,40-0,9	–	–	–	–	–	–	–	0,03	0,10	Resto
EN AW-6101B	EN AW-Al MgSi(B)	0,30-0,6	0,10-0,30	0,05	0,05	0,35-0,6	–	–	0,10	–	–	–	–	0,03	0,10	Resto
EN AW-6106	EN AW-Al MgSiMn	0,30-0,6	0,35	0,25	0,05-0,20	0,40-0,8	0,20	–	0,10	–	–	–	–	0,05	0,10	Resto
EN AW-6110A	EN AW-Al Mg0,9Si0,9MnCu	0,7-1,1	0,50	0,30-0,8	0,30-0,9	0,7-1,1	0,05-0,25	–	0,20	–	–	–	0,20 Ti + Zr	0,05	0,15	Resto
EN AW-6181	EN AW-Al SiMg0,8	0,8-1,2	0,45	0,10	0,15	0,6-1,0	0,10	–	0,20	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6182	EN AW-Al Si1MgZr	0,9-1,3	0,50	0,10	0,50-1,0	0,7-1,2	0,25	–	0,20	0,10	–	–	0,05-0,20Zr	0,05	0,15	Resto
EN AW-6201	EN AW-Al Mg0,7Si	0,50-0,9	0,50	0,10	0,03	0,6-0,9	0,03	–	0,10	–	–	–	0,06 B	0,03	0,10	Resto
EN AW-6261	EN AW-Al Mg1SiCuMn	0,40-0,7	0,40	0,15-0,40	0,20-0,35	0,7-1,0	0,10	–	0,20	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6262	EN AW-Al Mg1SiPb	0,40-0,8	0,7	0,15-0,40	0,15	0,8-1,2	0,04-0,14	–	0,25	0,15	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6262A	EN AW-Al Mg1SiSn	0,40-0,8	0,7	0,15-0,40	0,15	0,8-1,2	0,04-0,14	–	0,25	0,10	–	–	0,40-0,9Bi; 0,40-1,0Sn	0,05	0,15	Resto
EN AW-6351	EN AW-Al SiMg0,5Mn	0,7-1,3	0,50	0,10	0,40-0,8	0,40-0,8	–	–	0,20	0,20	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6351A	EN AW-Al SiMg0,5Mn(A)	0,7-1,3	0,50	0,10	0,40-0,8	0,40-0,8	–	–	0,20	0,20	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6360	EN AW-Al SiMgMn	0,35-0,8	0,10-0,30	0,15	0,02-0,15	0,25-0,45	0,05	–	0,10	0,10	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6401	EN AW-Al 99,9MgSi	0,35-0,7	0,04	0,05-0,20	0,03	0,35-0,7	–	–	0,04	0,01	–	–	–	0,01	–	Resto
EN AW-6463	EN AW-Al Mg0,7Si(B)	0,20-0,6	0,15	0,20	0,05	0,45-0,9	–	–	0,05	–	–	–	–	0,05	0,15	Resto
EN AW-6951	EN AW-Al MgSi0,3Cu	0,20-0,50	0,8	0,15-0,40	0,10	0,40-0,8	–	–	0,20	–	–	–	–	0,05	0,15	Resto

<sup>a</sup> "Otros" incluye los elementos citados para los que no se ha indicado un límite específico, así como los elementos metálicos no citados. El fabricante puede analizar muestras en busca de trazas de elementos no especificados en el registro o especificación. Sin embargo, tales análisis no se requieren y pueden no cubrir todos los elementos presentes en "Otros". Si un análisis del fabricante o el comprador establece que un elemento de "Otros" supera el límite de "Cada" o que el agregado de varios elementos de "Otros" supera el límite de "Total", el material debe considerarse no conforme.

<sup>b</sup> La suma de "Otros" elementos metálicos cuyos contenidos son, cada uno, mayores o iguales que 0,010% expresado con dos cifras decimales antes de efectuar la suma.

<sup>c</sup> 0,40-0,7 Bi; 0,40-1,2 Pb.

<sup>d</sup> 0,20 máx. Zr + Ti.

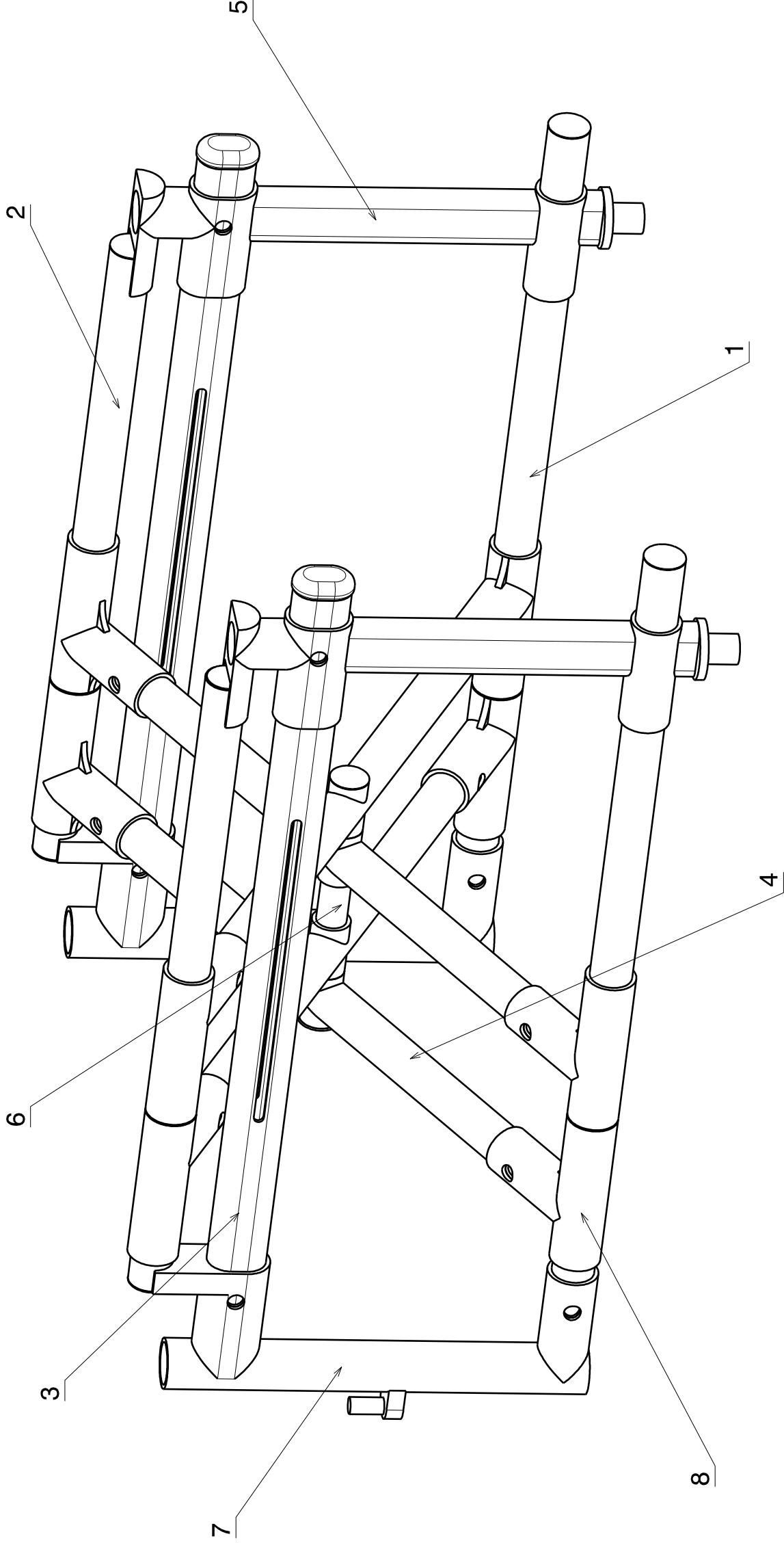
<sup>e</sup> 0,003 máx. Pb.

<sup>f</sup> 0,40-0,7 Bi; 0,40-0,7 Pb.


# PLANOS

## Índice

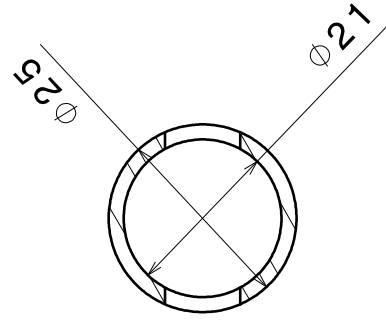
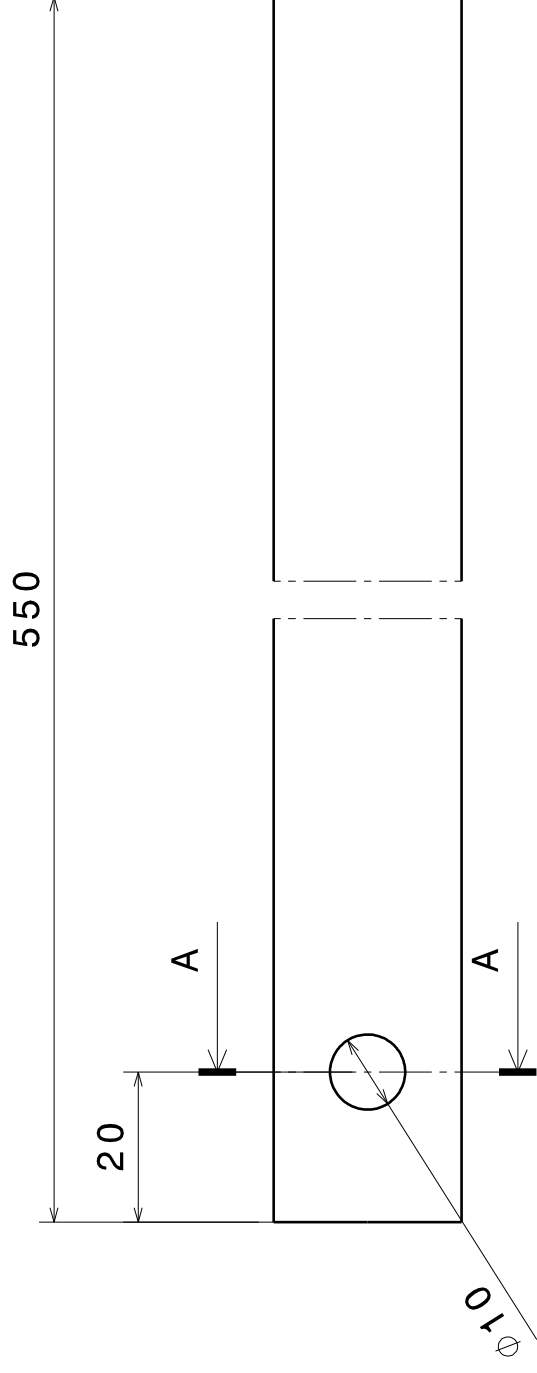
Chasis.....	156
Conjunto.....	156
Barra 1.....	157
Barra 2.....	158
Barra central.....	159
Plegado.....	160
Enganche trasero.....	161
Unión ejes.....	162
Reposabrazos.....	163
Conjunto.....	163
Apoyo.....	164
Barra.....	165
Reposapiés.....	166
Conjunto.....	166
Barra.....	167
Barra tapón.....	168




Nº	Nº plano	Nombre	Cantidad	Observaciones
1	1	Barra 1	2	
2	2	Barra 2	2	
3	3	Barra central	2	
4	4	Plegado	4	
5	5	Eganche trasero	2	
6	6	Unión ejes	1	
7		Eganche reposapiés	2	Proveedor
8		Unión plegado	8	Proveedor

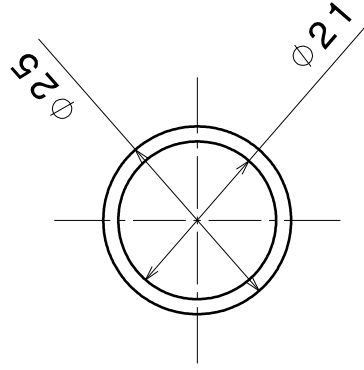
MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
	CHASIS - CONJUNTO	EN AW-6063T5 S/. EN573	1	ISO 2768-M
 upna Universidad Pública de Navarra Ingenieros Industriales		E.T.S.I.I.T		
		INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO		APELIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN		
Silla de ruedas		FIRMA	REVISADO	APROBADO
		FECHA 11-11-11	ESCALA 1:3	Nº PLANO C1
PLANO		CHASIS - CONJUNTO		



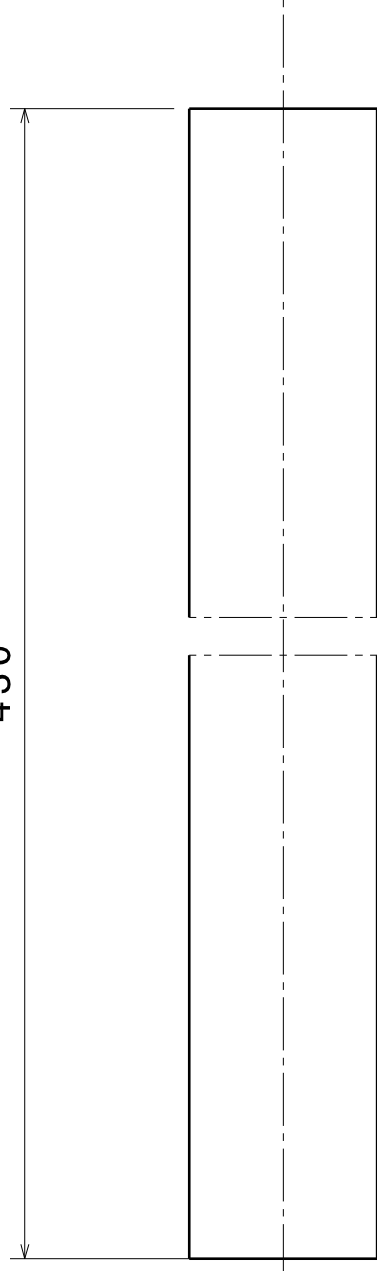


Eliminar rebarbas de mecanizado


MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
1	Chasis - Barra 1	EN AW-6063T5 S/. EN 573	2	ISO 2768-M
 upna <small>Universidad                  Pública de Navarra</small>		E.T.S.I.I.T		
		INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO				
Silla de ruedas				
APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN				
		FIRMA	REVISADO	APROBADO
PLANO		Chasis - Barra 1		Nº PLANO 1:1 1

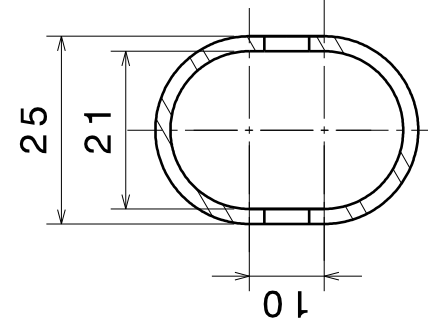
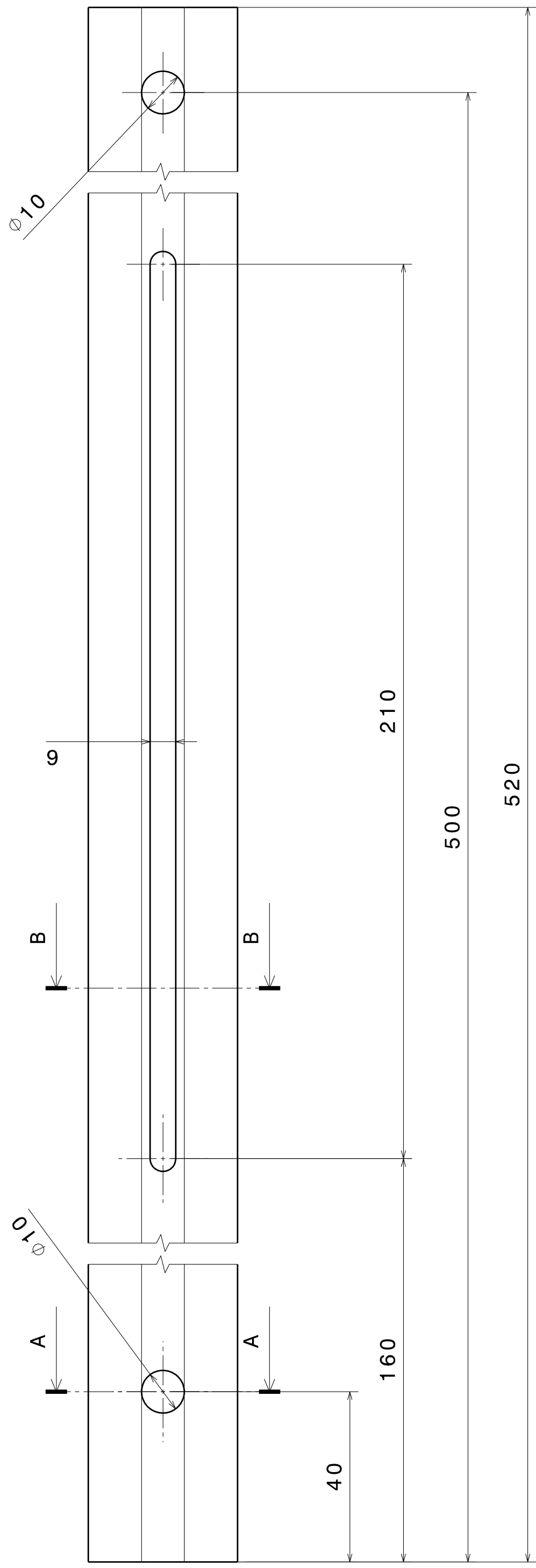


430

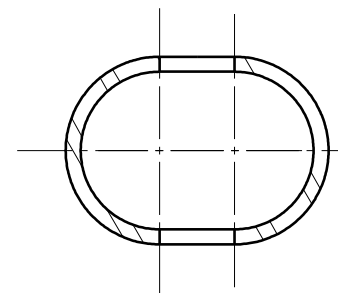


Eliminar rebarbas de mecanizado

MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
2	Chasis - Barra 2	EN AW-6063T5 S/. EN 573	2	ISO 2768-M
 <p><b>upna</b>  <small>Universidad                  Pública de Navarra</small></p>		E.T.S.I.I.T		
		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		
PROYECTO		APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN		
PLANO		Silla de ruedas		FIRMA
		Chasis - Barra 2		REVISADO
				APROBADO
				FECHA
				ESCALA
				Nº PLANO
				1:1
				2




Sección B-B



Sección A-A

Eliminar rebarbas de mecanizado

MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
3	Chasis Barra central	EN AW-6063T5 S/. EN 573	2	ISO 2768-M
 upna <small>Universidad Pública de Navarra</small> <small>Industrialek Fakultateko</small>		E.T.S.I.I.T		
		INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO				
Silla de ruedas				
APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN				
FIRMA		REVISADO	APROBADO	
FECHA 11-11-11		ESCALA 1:1	Nº PLANO 3	
PLANO		Chasis - Barra central		

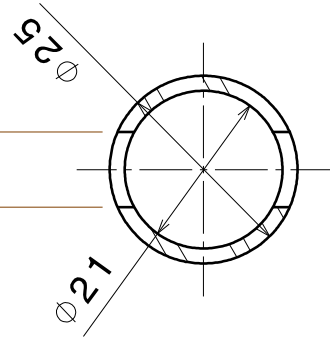
H

G

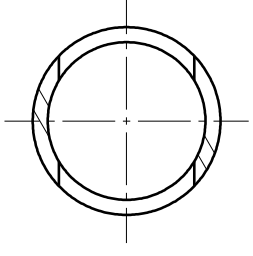
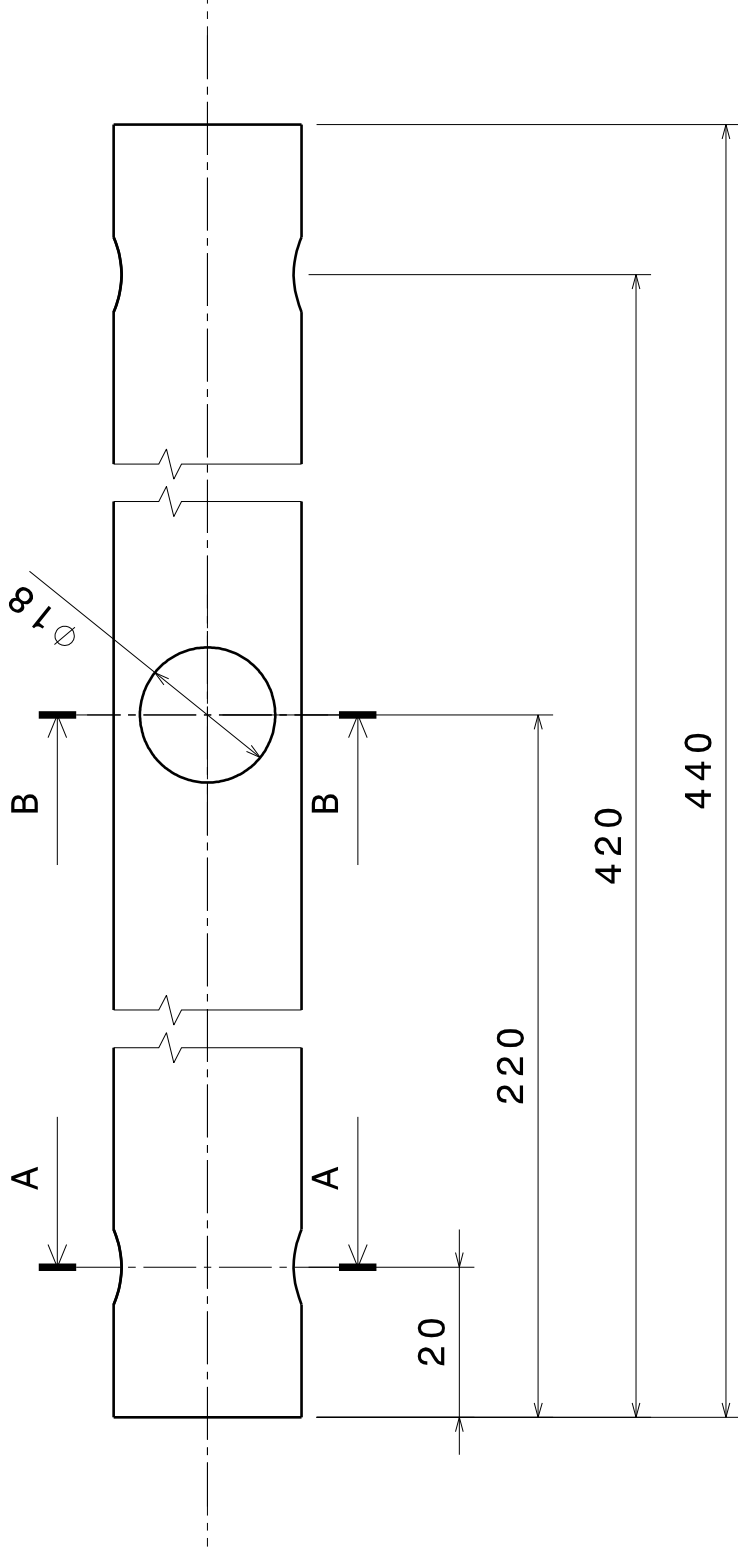
B

A

Ø10 (x4)




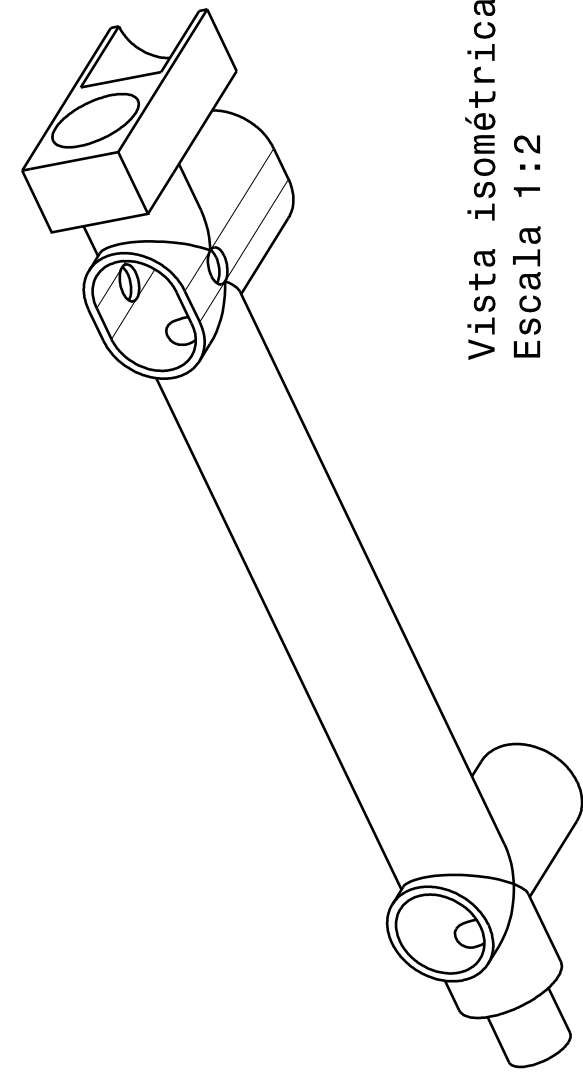
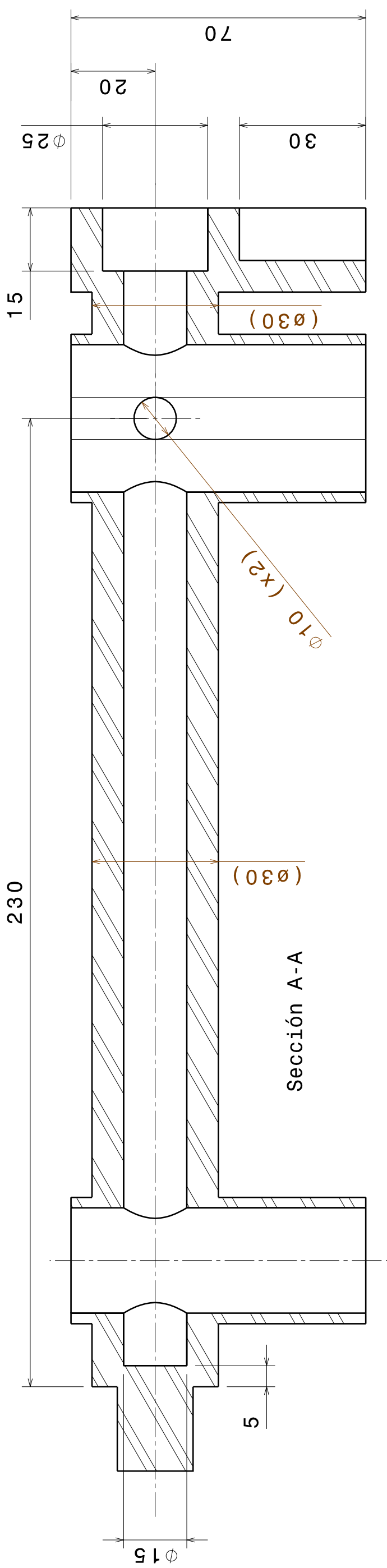
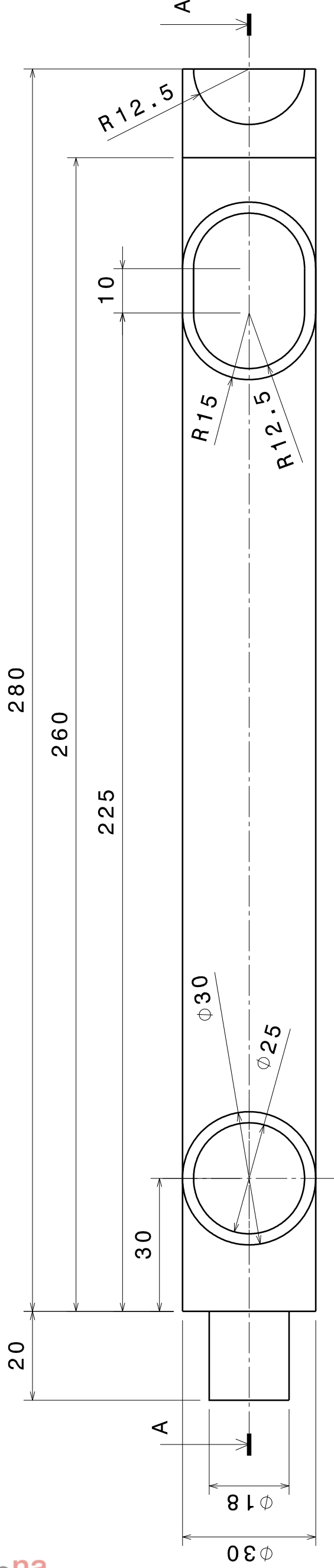
Sección A-A



Sección B-B


Eliminar rebarbas de mecanizado

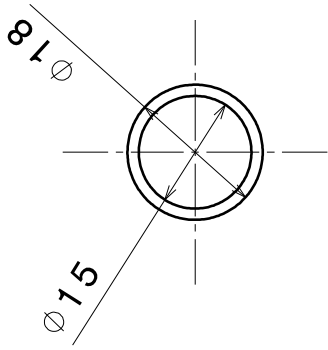
MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
4	Chasis - Plegado	EN AW-6063T5 S/. EN 573	4	ISO 2768-M
 upna Universidad Pública de Navarra Universitatea Publica de Navarra		E.T.S.I.I.T		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN
		INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO				
Silla de ruedas				
APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN				
		FIRMA	REVISADO	APROBADO
PLANO		Chasis - Plegado		FECHA 11-11-11
				ESCALA 1:1
				Nº PLANO 4



Vista isométrica  
 Escala 1:2


Eliminar rebarbas de mecanizado

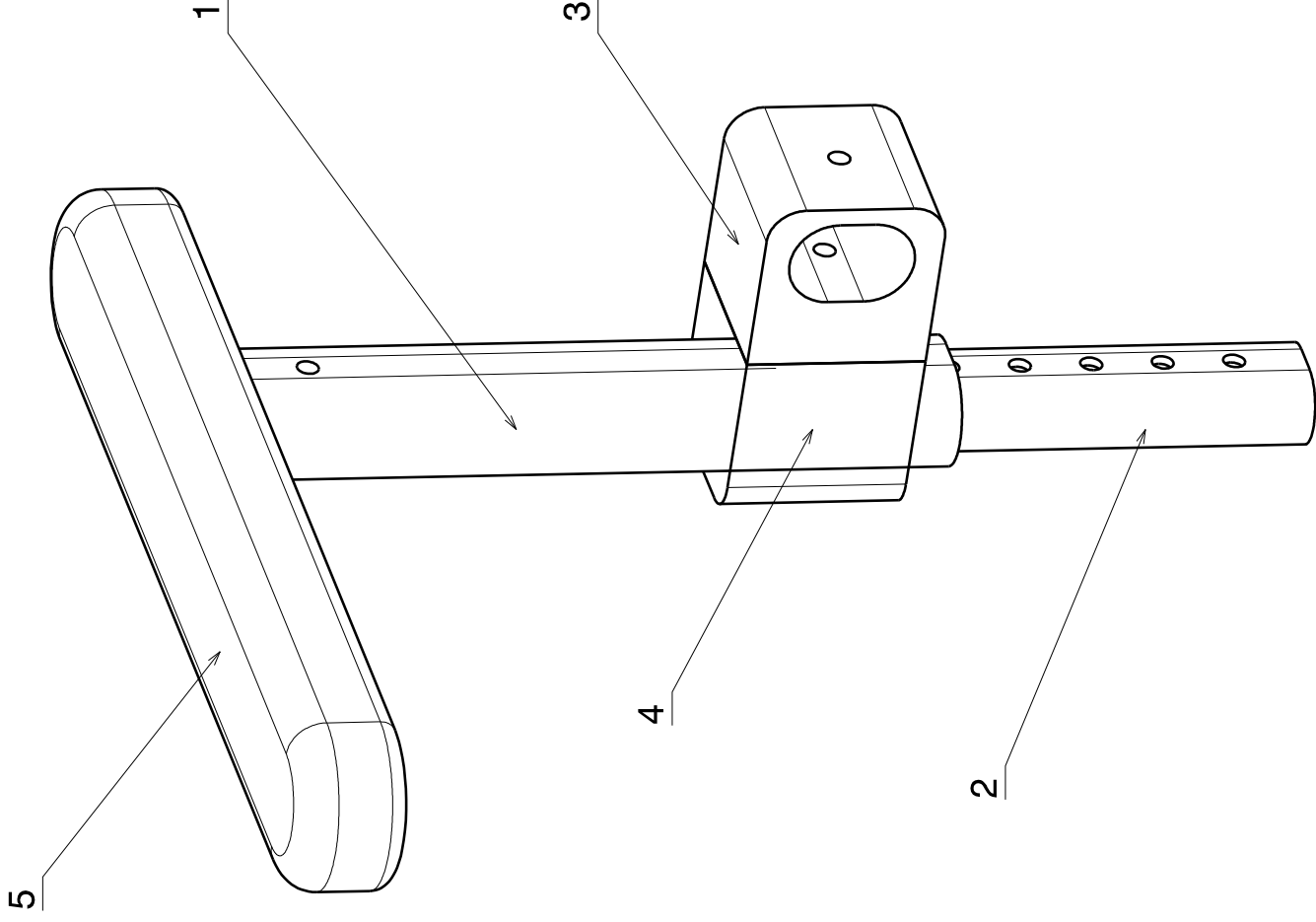
MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
5	Chasis Enganche trasero	EN AW-6063T5 S/. EN 573	2	ISO 2768-M
 upna Universidad Pública de Navarra Universidad Industrial de Burgos		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		
		APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN		
PROYECTO		FIRMA	REVISADO	APROBADO
Silla de ruedas				
PLANO	Chasis - Enganche trasero	FECHA	ESCALA	Nº PLANO
		11-11-11	1:1	5




171

Eliminar rebarbas de mecanizado

MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
6	Chasis - Unión ejes	EN AW-6063T5 S/. EN 573	1	ISO 2768-M
	<b>E.T.S.I.I.T</b> INGENIERO INDUSTRIAL	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		
		APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN		
PROYECTO	Silla de ruedas		FIRMA	REVISADO APROBADO
PLANO	Chasis - Unión ejes		FECHA 11-11-11	ESCALA 1:1
				Nº PLANO 6



Nº	Nº plano	Nombre	Cantidad	Observaciones
1	7	Apoyo	2	
2	8	Barra	2	
3		Tapón enganche 1	2	Proveedor
4		Tapón enganche 2	2	Proveedor
5		Apoyo brazo	2	Proveedor

MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
	Reposabrazos Conjunto	EN AW-6063T5 S/. EN573	2	ISO 2768-M
 upna Universidad Pública de Navarra Ingenieros Técnicos Industriales		E.T.S.I.I.T		
		INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO				
Silla de ruedas				
APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN				
		FIRMA	REVISADO	APROBADO
PLANO		Reposabrazos - Conjunto		
		FECHA	ESCALA	Nº PLANO
		11-11-11	1:2	C2

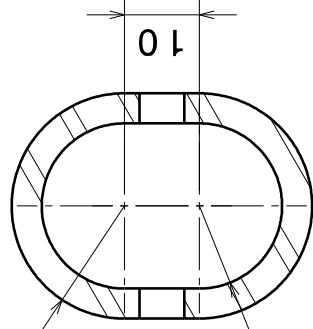


200

40

140

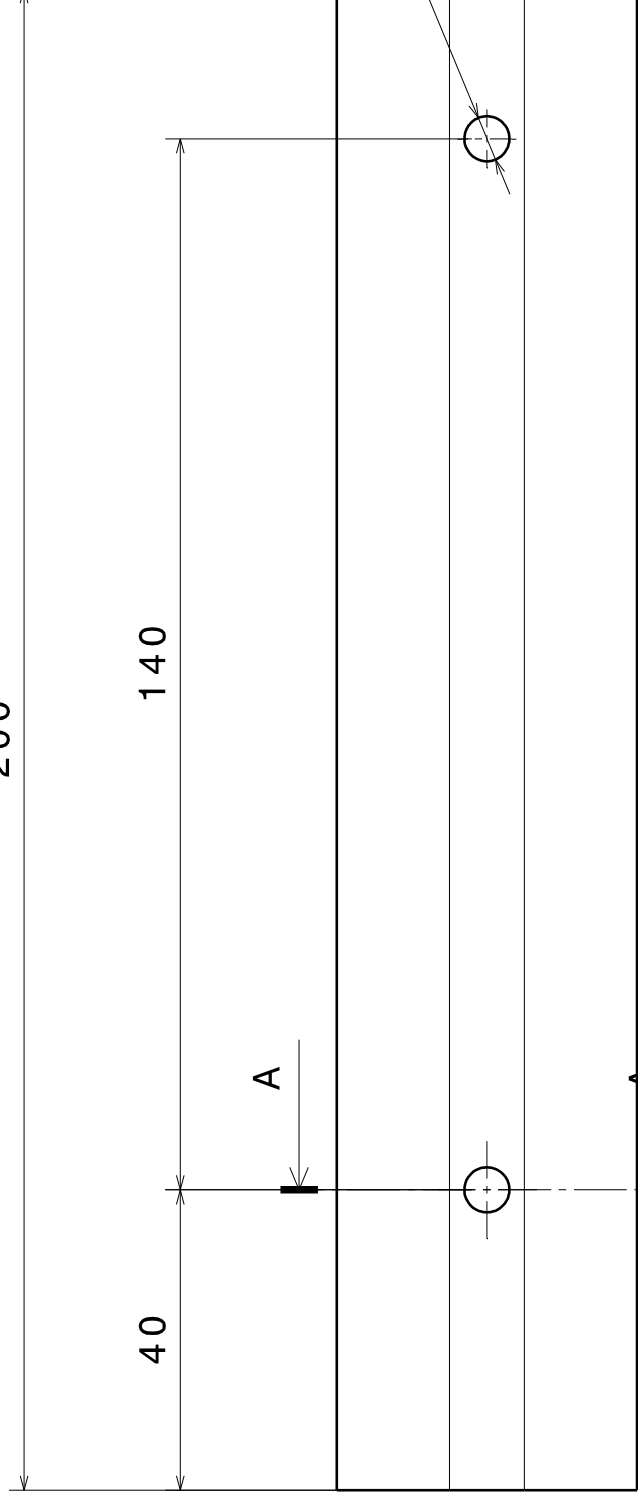
R15



R11

10

Sección A-A




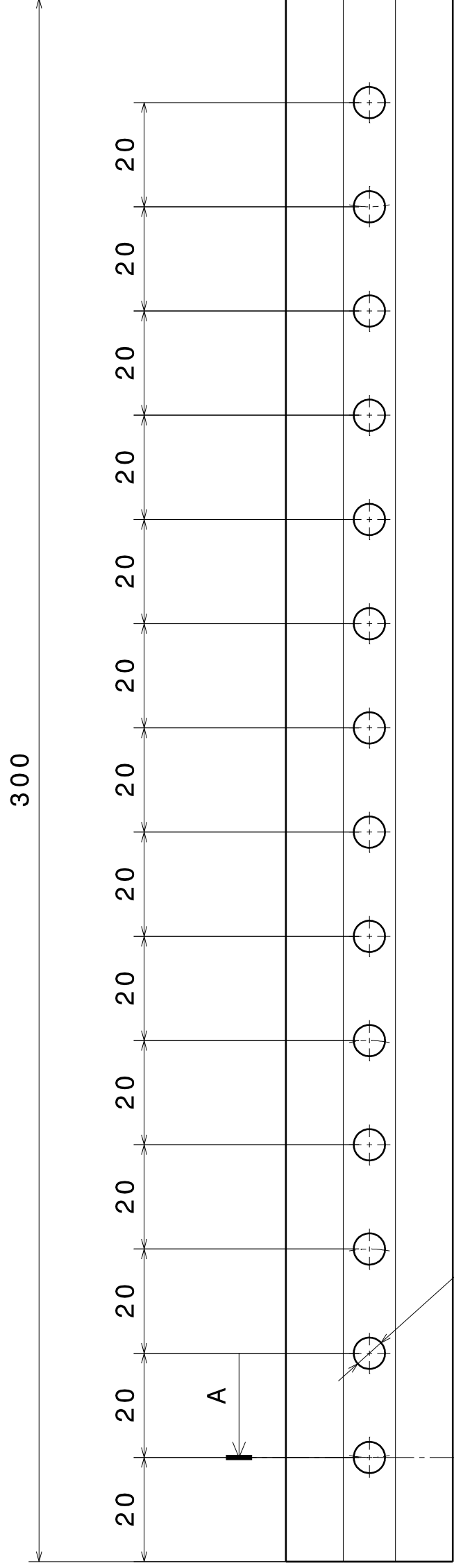
6

A

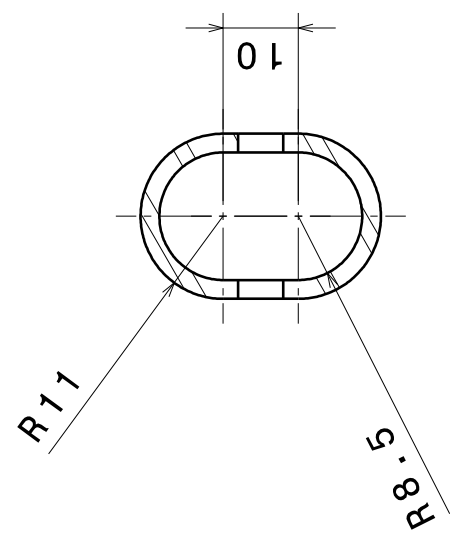
A

Eliminar rebarbas de mecanizado

MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
1	Reposabrazos - Apoyo	EN AW-6063T5 S/. EN 573	2	ISO 2768-M
 E.T.S.I.I.T INGENIERO INDUSTRIAL		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		
		APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN		
PROYECTO		FIRMA	REVISADO	APROBADO
Silla de ruedas		FECHA	ESCALA	Nº PLANO
PLANO		11-11-11	1:1	7




$\varnothing 6$

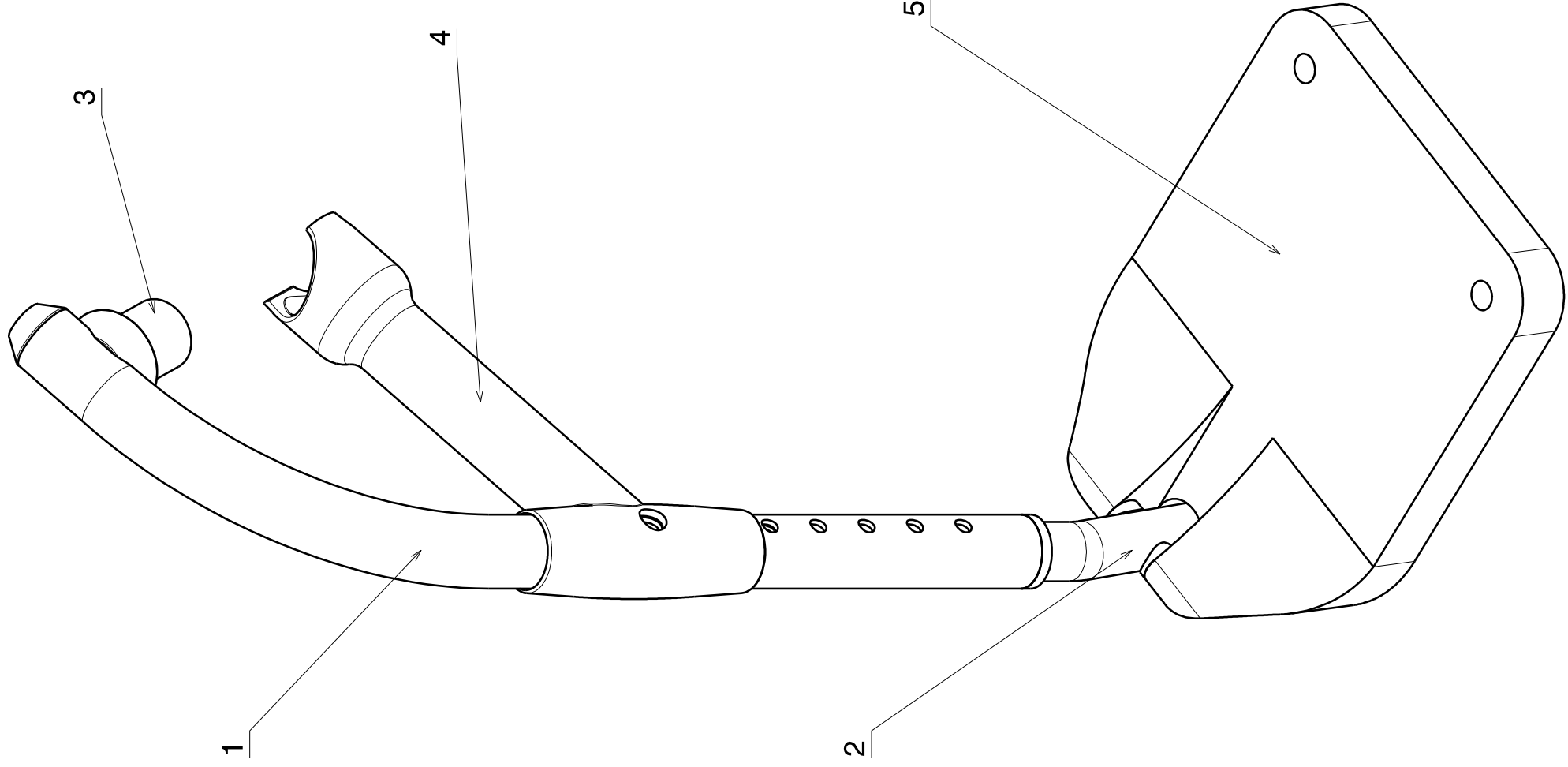


Sección A-A


Eliminar rebarbas de mecanizado

MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
2	Reposabrazos - Barra	EN AW-6063T5 S/. EN 573	2	ISO 2768-M
 upna Universidad Pública de Navarra Universidad Pública de Navarra		E.T.S.I.I.T		
		INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO		APellidos, NOMBRE		
Silla de ruedas		ALZUETA ALFARO, IVÁN		
PLANO		FIRMA	REVISADO	APROBADO
		11-11-11	ESCALA 1:1	Nº PLANO 8

Reposabrazos - Barra

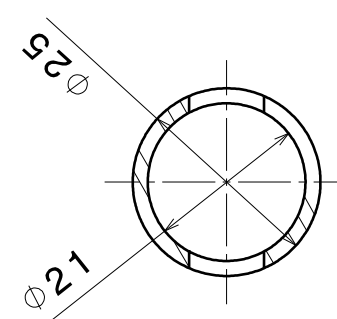
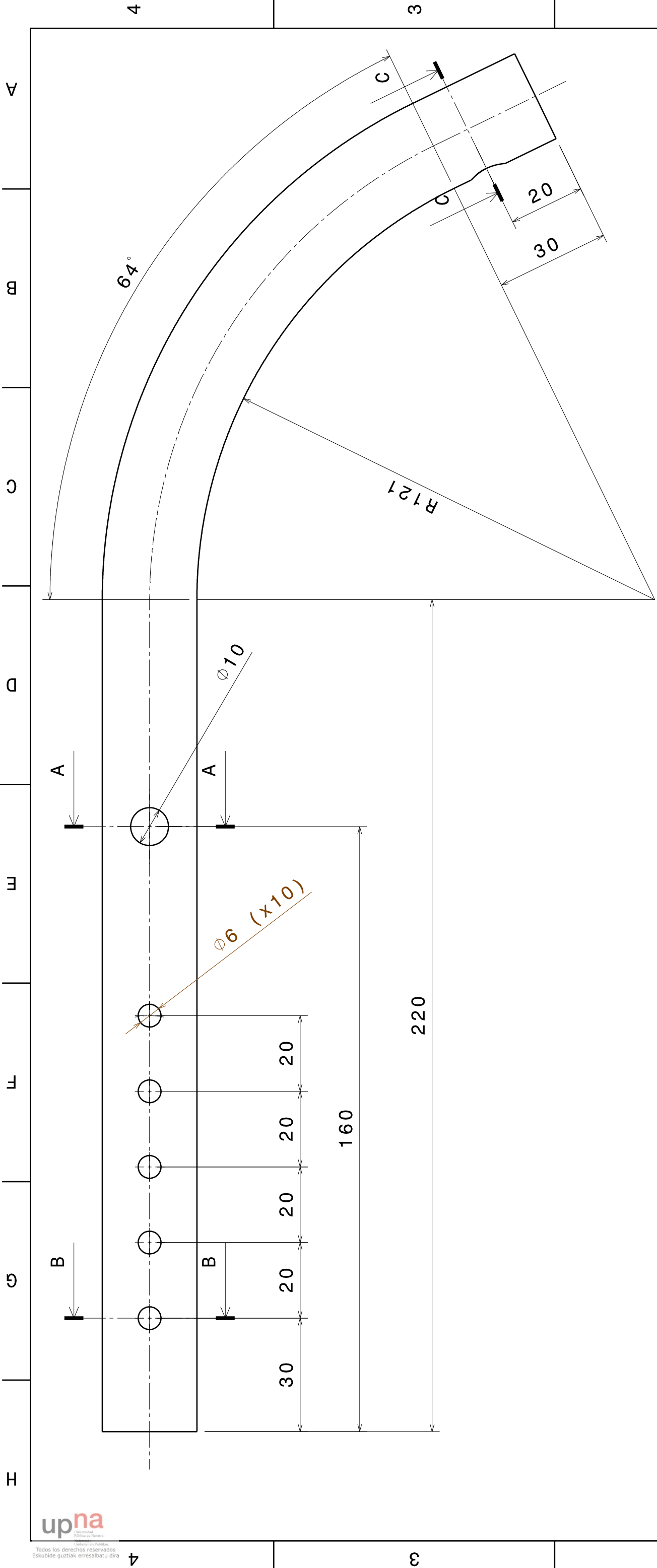


Nº	Nº plano	Nombre	Cantidad	Observaciones
1	9	Barra	2	
2	10	Tapón inferior	2	
3		Tapón superior	2	Proveedor
4		Giro reposapiés	2	Proveedor
5		Apoyo pie	2	Proveedor

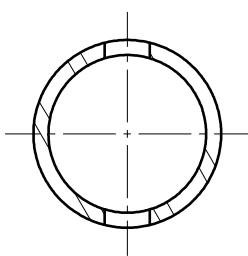
MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
	Reposapiés Conjunto	EN AW-6063T5 S/. EN573	2	ISO 2768-M
 upna <small>Universidad Pública de Navarra</small> <small>Industrialeko Fakultatea</small>		E.T.S.I.I.T		
		INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO				
Silla de ruedas				
APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN				
		FIRMA	REVISADO	APROBADO
PLANO		Reposapiés - Conjunto		
		FECHA	ESCALA	Nº PLANO
		11-11-11	1:2	C3

H I G F E D C B A

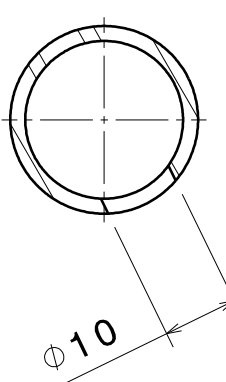
4 3 2 1



Sección A-A




Sección B-B



Sección C-C

Eliminar rebarbas de mecanizado

MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
1	Reposapiés - Barra	EN AW-6063T5 S/. EN 573	2	ISO 2768-M
 <b>upna</b> <small>Universidad Pública de Navarra          Universidad Industrial de Lleida</small>		E.T.S.I.I.T		
		INGENIERO INDUSTRIAL		
PROYECTO				
Silla de ruedas				
APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN				
FIRMA		REVISADO	APROBADO	
FECHA 11-11-11		ESCALA 1:1	Nº PLANO 9	
PLANO		Reposapiés - Barra		

150

130

20

A

A

$\phi 6$

$\phi 25$

4

R25

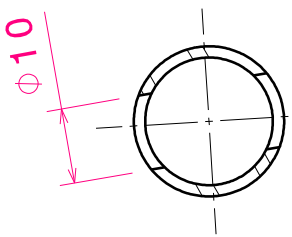
B

B

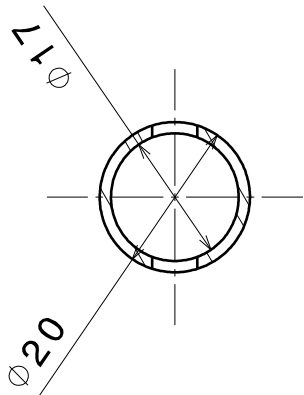
27.8

54.8


10°



Sección B-B



Eliminar rebarbas de mecanizado

MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT	TOLERANCIAS S/NORMA
2	Reposapiés Barra tapón	EN AW-6063T5 S/. EN 573	2	ISO 2768-M
 E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		
		APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN		
PROYECTO		Silla de ruedas APELLIDOS, NOMBRE ALZUETA ALFARO, IVÁN		
PLANO		Reposapiés - Barra tapón		
		FIRMA	REVISADO	APROBADO
		FECHA 11-11-11	ESCALA 1:1	Nº PLANO 10

## Bibliografía

- [1] ALCAIDE, Jorge; DIEGO, Jose A. y ARTACHO, Miguel A.: *Diseño de Producto: El Proceso de Diseño*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- [2] ALCAIDE, Jorge; DIEGO, Jose A. y ARTACHO, Miguel A.: *Diseño de Producto: Métodos y Técnicas*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- [3] CAD TECH Ibérica S.A., *Manual de Catia v5R19*, 2002.
- [4] VÁSQUEZ ANGULO, Jose Antonio. *Análisis y diseño de piezas de máquinas con CATIA V5*. Ed. Marcombo.
- [5] POVEDA PUENTE R., LAFUENTE R., SÁNCHEZ-LACUESTA J., ROMANACH CABRERO J., SOLER GRACIA C., BELDA LOIS J. M., PRAT PASTOR J. “Guía de selección y uso de silla de ruedas”, Ed. Instituto de Migraciones y Servicios Sociales.
- [6] POVEDA PUENTE R.; LAFUENTE R.; SÁNCHEZ-LACUESTA J.; ROMANACH CABRERO J.; SOLER GRACIA C.; BELDA LOIS J. M.; PRAT PASTOR J. “Problemática de los usuarios de sillas de ruedas en España”, Ed. Instituto de Biomecánica de Valencia.
- [7] SANZ, Felix y LAFARGUE, Jose. *Diseño Industrial: Desarrollo de Producto*.
- [8] TASSINARI, Robert. *El producto adecuado. Práctica del análisis funcional*. Ed. Marcombo.
- [9] PANERO, Julius; ZELNIK, Martín. “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”. Ed. Gustavo Gili S.A.
- [10] “Manual del usuario de silla de ruedas”, Grupo de Biomecánica Ocupacional. Ed. Instituto de Biomecánica de Valencia.
- [11] “Guía de recomendaciones para el diseño y la selección de mobiliario de oficina para usuarios de silla de ruedas”, Grupo de Biomecánica Ocupacional. Ed. Ministerio de Asuntos Sociales.
- [12] VILLANUEVA, Pedro: *Apuntes Ingeniería de Diseño*. UPNA 2010.
- [13] Wikipedia. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [14] Asociación/Colegio Nacional de Ingenieros. [www.icaies](http://www.icaies)

Iván Alzueta Alfaro

Pamplona, 11 de Noviembre de 2011



