

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Diseño de un mecanismo para facilitar el uso
de una silla de ruedas por parte del paciente y
del personal sanitario



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Carlos Resa Zubieta

Juan Ignacio Latorre Biel

Tudela, 25 de mayo de 2018

RESUMEN

El presente trabajo fin de grado consiste en el diseño de un sistema que permite disponer en un centro sanitario de una silla de ruedas de accionamiento manual con ciertos mecanismos que la dotan de funcionalidades específicas para facilitar la labor del personal sanitario en ciertas operaciones.

Entre otras funcionalidades, la silla de ruedas que resulta de este TFG permite la elevación del paciente para su traslado a una camilla, la liberación de partes estructurales de la silla para facilitar las operaciones de colocación del paciente en la silla y de salida de la misma.

Además, se integran algunos elementos que permiten adaptar la silla de ruedas a la morfología del paciente.

LISTA DE PALABRAS CLAVE

Silla de ruedas, movilidad reducida, traslado de pacientes, asistencia médica.

INDICE

1. CONTEXTUALIZACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD A RESOLVER.....	7
2. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS/ESPECIFICACIONES.....	11
3. ESTUDIO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS AL PROBLEMA PLANTEADO	13
4. ELECCION JUSTIFICADA DE UNA SOLUCION.....	21
5. DESARROLLO DE LA SOLUCION	23
6. PROCESO DE FABRICACION	45
7. MODELO DE NEGOCIO	49
8. COMPROBACION DE LAS ESPECIFICACIONES Y REDISEÑO SI ES NECESARIO.....	53
9. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS	59
10. BIBLIOGRAFIA	61
11. ANEXOS	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1; Ubicación centros de salud y centros de salud sexual y reproductiva en Navarra. Fuente: (SaludNavarra, 2018)	8
Figura 2; Camillas adaptables y elevables. Fuente: (GIVAS, 2018) (Tecnomed, 2017)	13
Figura 3; Sillas de ruedas adaptables. Fuente: (Quirumed, Health & Beauty, 2017) (Geriatría, 2015)	13
Figura 4; Silla de ruedas manual básica. Fuente: (Quirumed, Health & Beauty, 2017)	14
Figura 5; Silla de ruedas eléctrica y explosionado de silla de ruedas haciendo referencia a una silla hecha a medida. Fuente: (MediCare, 2018) (Pinterest, 2018).....	15
Figura 6; Reposapiernas abatible y ajustable y respaldo abatible. Fuente: (Mimas, 2014) (Geriatría, 2015)	16
Figura 7; Reposabrazos abatible o extraíble. Fuente: (AyudasDinámicas, 2018)	17
Figura 8; El diámetro de la rueda trasera impide la maniobra. Fuente: (Quirumed, Health & Beauty, 2017)	17
Figura 9; Medidas utilizadas para los tres casos de movimiento. Fuente: Elaboración propia ..	18
Figura 10; Representación gráfica de los datos obtenidos en la Tabla 3, en función del ángulo.	20
Figura 11; Imagen del producto de partida. Fuente: (Quirumed, Health & Beauty, 2017)	23
Figura 12; Catálogo con diferentes tipos de sillas de ruedas. Fuente: (Issuu, 2017)	24
Figura 13; Gama de tamaños de ruedas (navarrohermanos.es, 2018).....	25
Figura 14; Gato hidráulico para nuestra silla de ruedas. Fuente: (Silverline, 2018)	26
Figura 15; Ubicación del sistema de plegado. (Quirumed, Health & Beauty, 2017).....	27
Figura 16; Ruedas traseras originales. (Quirumed, Health & Beauty, 2017)	28
Figura 17; Límite elástico frente precio de diferentes materiales. Fuente: CES Edupack	29
Figura 18; Densidad frente precio de diferentes materiales. Fuente: CES Edupack.....	30
Figura 19; Ubicación perfiles frontales. Fuente: Elaboración propia.....	32
Figura 20; Ubicación perfiles laterales y perfil en U. Fuente: Elaboración propia	33
Figura 21; Colocación sistema hidráulico. Fuente: Elaboración propia	33
Figura 22; Brazo impulsor. Fuente: Elaboración propia.....	34
Figura 23; Unión brazos con soporte al asiento. Fuente: Elaboración propia	34
Figura 24; Ubicación apoyos brazos. Fuente: Elaboración propia	35
Figura 25; Ubicación de los brazos en el chasis. Fuente: Elaboración propia.....	35
Figura 26; Estudio ángulo posición basal hidráulico. Fuente: Analytix	36
Figura 27; Colocación ruedas delanteras y traseras. Fuente: Elaboración propia	36
Figura 28; Colocación reposabrazos y reposapiés. Fuente: Elaboración propia	37
Figura 29; Silla de ruedas completa. Fuente: Elaboración propia.....	38
Figura 30; Posición basal de la silla de ruedas para la maniobra de elevación. Fuente: Elaboración propia	39
Figura 31; Elevación de los reposapiés y postura a adoptar. Fuente: Elaboración propia	39
Figura 32; Descenso del respaldo a nivel horizontal. Fuente: Elaboración propia	40
Figura 33; Secuencia de movimiento de elevación del paciente	41
Figura 34; Ubicación barra de accionamiento. Fuente: Elaboración propia.....	41
Figura 35; Silla elevada a su altura máxima. Fuente: Elaboración propia.....	42
Figura 36; Extracción de los reposabrazos. Fuente: Elaboración propia	42

Figura 37; Brazos y soportes unidos al asiento. Fuente: Elaboración propia	46
Ilustración 38; Ubicación mecanismo en el chasis. Fuente: Elaboración propia	46
Figura 39; Ubicación de los frenos y ruedas antivuelco en la silla. Fuente: (Quirumed, Silla de ruedas de acero cromado plegable, 2017)	47
Figura 40; Base bombona de oxígeno. Fuente: (Quirumed, Porta botellas de oxígeno para sillas de ruedas, 2017).....	47
Figura 41; Silla de ruedas a utilizar en el proyecto. Fuente: (Quirumed, Silla de ruedas de acero cromado plegable, 2017)	49
Figura 42; Presupuesto cámara trasera. Fuente: (bicimarket.com, 2018)	50
Figura 43; Gato hidráulico. Fuente: (Silverline, 2018).....	51
Figura 44; Brazo impulsor. Fuente: Elaboración propia	55
Figura 45; Representación por elementos finitos de las tensiones de Von Misses. Fuente: Elaboración propia	55
Figura 46; Mapa de burbujas Módulo de Young frente límite elástico. Fuente: CES Edupack... 56	
Figura 47; Representación por elementos finitos de las deformaciones unitarias. Fuente: Elaboración propia	56
Figura 48; Ubicación palo de gotero. Fuente: (Quirumed, Palo de gotero para silla de ruedas, 2017)	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1; Medidas obtenidas. Fuente: Elaboración propia	12
Tabla 2; Medidas y recorrido de los tres hipotéticos gatos hidráulicos. Fuente: Elaboración propia	18
Tabla 3; Fuerza soportada por cada gato hidráulico en función de ángulo al que se encuentre. Fuente: Elaboración propia	19
Tabla 4; Medidas y recorrido de tres gatos hidráulicos disponibles en el mercado. Fuente: Elaboración propia	21
Tabla 5; Densidad frente precio. Fuente: CES Edupack	31
Tabla 6; Presupuesto general. Fuente: Elaboración propia	52

1. CONTEXTUALIZACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD A RESOLVER

Cuando vamos de emergencia o necesitamos de ciertos recursos de los servicios de sanidad, siempre queremos que se nos dé la mayor atención y cuidado posible. Es por ello, que intentamos mejorar este procedimiento con el proyecto aquí presente.

En la actualidad, las sillas de ruedas utilizadas en urgencias, centros de salud y hospitales son muy rígidas (poco ergonómicas) y no permiten adaptar la forma de todos los pacientes, ya que cada uno presenta una morfología distinta y requiere de un cuidado diferente.

Como ya sabemos, una silla de ruedas es una ayuda técnica que consiste en una silla adaptada. También es un instrumento de transporte en un medio sanitario.

Estas sillas están diseñadas para permitir el desplazamiento de aquellas personas con problemas de locomoción o movilidad reducida, debido a una lesión o enfermedad física.

Básicamente existen dos clases de sillas de ruedas, que son las manuales y las eléctricas. Para este proyecto nos centraremos en las sillas manuales.

Estas sillas son impulsadas por el propio ocupante que hace girar las ruedas traseras empujando los aros acoplados en el exterior de estas. También pueden ser impulsadas por un acompañante o personal sanitario. Se fabrican en dos modelos principalmente: plegables (para ahorrar espacio y poder ser transportadas en maleteros y otros habitáculos similares) y rígidas.

Hoy en día, no hay sillas de ruedas manuales de coste relativamente reducido que presenten las siguientes funcionalidades:

- Adaptación a la morfología del paciente.
- Adaptación a la transferencia a otro medio (camilla...)
- Adaptación a la operación de asistencia médica.

Es por ello, que sería de gran utilidad y conveniencia, disponer de una silla versátil y adaptable, capaz de resolver los problemas planteados en el párrafo anterior. Además, hay mercado suficiente para justificar económicamente el desarrollo.

Con este TFG se pretende diseñar una silla de ruedas que, combinando funciones de diferentes modelos y añadiendo características nuevas, se resuelva esta necesidad planteada y se mejore la atención al paciente y personal sanitario. Dando así un cuidado más individualizado a cada paciente, haciendo la silla modelable.

Además, con los cambios incorporados en ciertas partes de la silla, también mejoramos el trabajo que deberá realizar el personal del centro para el tratamiento del paciente.

A la hora de traspasar al paciente de una silla a una cama o camilla, diferenciamos tres tipos de pacientes:

- Llamamos paciente colaborador, al paciente que está consciente y facilita la labor al personal sanitario, el cual se puede trasladar sin la necesidad del celador o trasladarlo con la ayuda de una sola persona.
- En el caso de un paciente menos colaborador, consciente y con movilidad muy reducida, se necesita de la ayuda de uno a dos celadores.

- Para el caso de los no colaboradores, inconscientes, harían falta entre dos y tres celadores e incluso una grúa.

En todos estos supuestos es necesario el desarrollo de la fuerza física tanto del paciente como del personal sanitario. Esto lleva consigo sobreesfuerzos y potenciales lesiones musculares que a largo plazo puedan suponer bajas laborales por sobrecarga física.

Con la silla propuesta como solución:

- Podemos reducir el trabajo físico que requiere por parte del personal sanitario.
- Podemos reducir el número de personal sanitario para esta acción en el caso de un paciente no colaborador.
- Facilitar la asistencia sanitaria reduciendo tiempos.

Respecto al mercado potencial para el producto a diseñar en el presente TFG, nos centraremos a nivel geográfico en la Comunidad Foral de Navarra y mostramos los datos que nos proporciona su página oficial:

Hospitales generales: 3

- Complejo hospitalario de Navarra: Hospital de Navarra, Hospital Virgen del Camino, Clínica Ubarmin.
- Hospital Reina Sofía de Tudela
- Hospital García Orcoyen de Estella

Hospitales concertados: 6

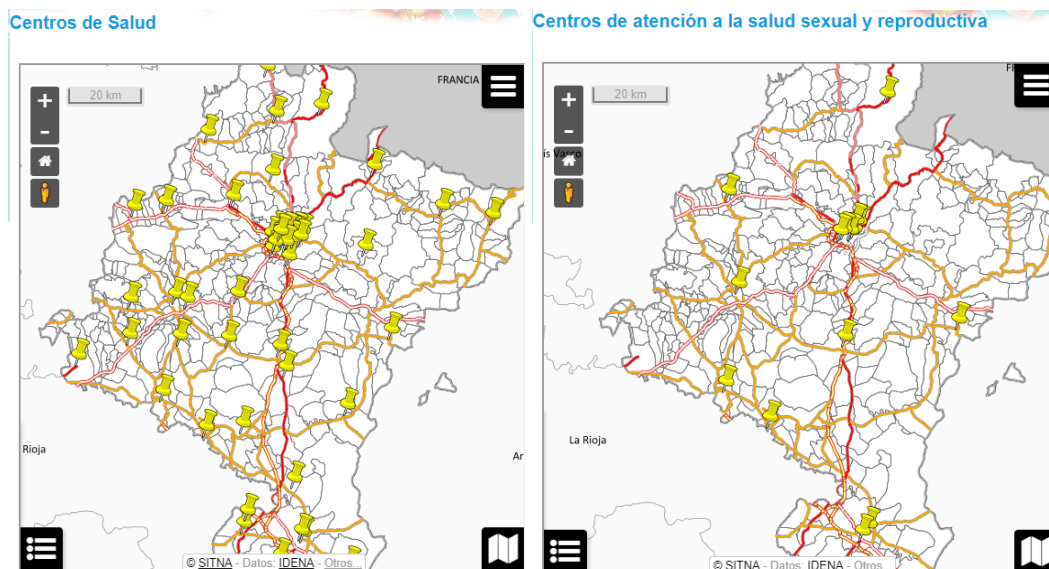


Figura 1; Ubicación centros de salud y centros de salud sexual y reproductiva en Navarra. Fuente: (SaludNavarra, 2018)

Centros de Salud: 58

Centros de atención a la salud sexual y reproductiva: 13

Centros de Salud Mental: 11

Consultorios locales: 240

Residencias: 9

Privados

- Clínicas: 264
- Hospitales: 10
- Mutuas: 15
- Residencias: 37
- Centros de Salud: 1

Otros centros

- Banco de Sangre y Tejidos de Navarra

Encontramos muchos centros de salud a diferentes niveles, pero cada uno de ellos, al menos, dispone de una silla de ruedas.

Además, Navarra está compuesta de 272 municipios, de los cuales 240 disponen de su propio consultorio local.

Esto se resume, como mínimo, en unas 650 sillas de ruedas que necesita la Comunidad Foral de Navarra para abastecer todos los establecimientos sanitarios que dispone, tanto públicos como privados.

Cifra que se multiplicaría si mirásemos a nivel nacional, y multinacional.

2. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS/ESPECIFICACIONES

Para tener unos objetivos y especificaciones concretos, realizamos una búsqueda de once tipos de sillas de ruedas disponibles en el mercado actual.

Con estos datos, clasificamos todas sus características analizando los principales cambios a tratar con el presente proyecto.

- **Elevable**
- **Respaldo reclinable**
- **Reposapiés reclinable y ajustable a la altura de cada pierna**
- **Almohadilla individual para cada pierna**
- **Reposapiés individual para cada pierna**
- **Diámetro de rueda trasera menor que la altura mínima del asiento respecto al suelo**
- **Reposabrazos abatible o extraíble**
- **Silla plegable**
- **Ancho total de la silla menor que 62,5 cm**
- **Peso de la silla menor que 35 kg**

- En primer lugar, sobre el ancho total de la silla de ruedas. Vemos que el ancho total de las sillas ronda en torno a los 65 cm de media. Pero el principal problema es el siguiente.

Leemos que en la Norma UNE 56801:2008 “Unidad de hueco de puerta de madera. Terminología, definiciones y clasificación” las medidas del ancho de una puerta van entre los 62,5 cm, 72,5 cm y 82,5 cm. Con lo cual, si hiciéramos una silla de ruedas como la media, no tendría acceso por la puerta de menor anchura disponible en el mercado. Nuestro objetivo es el de crear una nueva con un ancho menor que 62,5 cm.

- Otro punto es el de incorporar o que la propia silla tenga tanto reposapiés y almohadilla individual para cada pierna, como reposabrazos abatible o extraíble.

Este objetivo es imprescindible, ya que para el traslado silla-camilla necesitamos tener el espacio sin ningún objeto ni parte de la silla que obstaculice la maniobra para así no dificultar la labor del personal sanitario como de golpearse el paciente con alguna de estas partes.

- El siguiente objetivo, y más importante es el de la posibilidad de elevación del asiento. Que una silla de ruedas sea elevable en la actualidad se da solo para sillas eléctricas o para sillas manuales, pero con un pequeño motor integrado en su chasis para disponer de esta elevación. Además, este tipo de sillas suele ser de uso propio del paciente, careciendo de este sistema las que se disponen en los centros sanitarios.

Este proyecto se interesa en dar a una silla de ruedas convencional la posibilidad de ser elevable con un simple mecanismo manual.

Para ello realizamos otra búsqueda. En este caso buscamos en el mercado actual 12 camillas diferentes, 9 de altura regulable y 3 de altura fija. Y clasificamos en una tabla dichas medidas:

Tabla 1; Medidas obtenidas. Fuente: Elaboración propia

Camilla	Altura mínima (cm)	Altura máxima (cm)
1	60	83
2	58	90
3	61	86
4	65	86
5	50	89
6	52	97
7	48	85
8	47	96
9	60	100
10	73,5	
11	75	
12	70	

Sobre las camillas de altura regulable, vemos que la de altura menor es de 47cm respecto al suelo, y la de altura más desfavorable es de 100cm. Para las camillas de altura fija, tomamos como referencia la de altura más alta que es de 75cm.

Jugando con las diferentes posibilidades que nos dan estos datos deducimos lo siguiente. El mecanismo que queremos implantar en nuestra silla deberá elevar nuestro asiento de una altura mínima de 47cm a una altura máxima de 75cm. Es decir, nuestra silla de ruedas deberá ser elevable unos 30-35cm. Así, de 75cm respecto al suelo. Hasta la camilla de altura más desfavorable, que es de 100cm, utilizaremos los mecanismos que lleven incorporados dichas camillas.

Además, con el dato de altura mínima de 47cm, proponemos otra función.

- El diámetro de rueda trasera mayor deberá de ser menor a esta altura, ya que nos impediría el traslado del paciente de la silla de ruedas a la camilla.

Todas las sillas autoimpulsables disponibles en el mercado constan de ruedas traseras más grandes que la altura del asiento. Esto nos hace aplicar menor número de impulsos en la rueda para desplazarnos, pero no nos da la posibilidad de darle al paciente la comodidad de un traslado silla-camilla correcto.

Es por ello que buscamos reducir el tamaño de dicha rueda, aunque tengamos que dar un mayor número de impulsos para realizar el mismo recorrido. De esta forma y pese a esta desventaja, facilitamos la labor del personal sanitario y del paciente de garantizar un buen traslado y mayor comodidad.

- Que la silla de ruedas tenga un peso bajo, facilita la impulsión al paciente en caso de que tenga la capacidad de hacerlo dependiendo de su gravedad.

Por ello, necesitamos que la silla pese aproximadamente unos 35 kg ya que con los nuevos componentes que se deberán incorporar a la silla de ruedas, se verá afectado el peso neto de esta.

3. ESTUDIO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS AL PROBLEMA PLANTEADO

a. Alternativas comerciales desarrolladas en otros sectores.

En este apartado mostraremos las diferentes alternativas y ventajas y desventajas que encontramos de la gran variedad de productos comerciales que hay actualmente en otros sectores.



Figura 3; Camillas adaptables y elevables. Fuente: (GIVAS, 2018) (Tecnomed, 2017)



Figura 2; Sillas de ruedas adaptables. Fuente: (Quirumed, Health & Beauty, 2017) (Geriatría, 2015)



Figura 4: Silla de ruedas manual básica. Fuente: (Quirumed, Health & Beauty, 2017)

Como vemos en las diferentes imágenes mostradas, podemos observar que el sector de la salud y en el ámbito del transporte de pacientes está bastante desarrollado. Es por ello, que con las diferentes ventajas que nos dan los diferentes medios de transporte, tanto los más sofisticados como los menos, queremos unificarlas en un solo producto.

Este sería el producto que queremos ofrecer en dicho proyecto, la silla de ruedas manual elevable con mecanismos sin accionamientos eléctricos y lo más sencilla y ergonómica que sea posible.

A continuación, explicaremos una serie de ventajas e inconvenientes de cada alternativa propuesta y como las incorporaremos en nuestro producto final.

- En primer lugar, tenemos las camillas adaptables de tres cuerpos y elevable.

DESVENTAJAS

Son camillas que ocupan bastante espacio debido a su rigidez y que por ello pesan demasiado. Tienen un elevado coste.

VENTAJAS

Incorporan el sistema de elevación manual en su chasis, el cual estamos interesados para este proyecto.

- En segundo lugar, tenemos las sillas de ruedas manuales adaptables.

DESVENTAJAS

Para este proyecto, que consiste en crear una silla de ruedas para facilitar la labor al personal sanitario y al paciente, a la hora de realizar el traslado silla/camilla vemos que entorpece la rueda trasera en dicha operación.

VENTAJAS

Son sillas que tienen tanto los reposabrazos, reposapiernas y respaldo extraíbles, abatibles y ajustables y permiten adaptarse a cada paciente dada su gran ergonomía. Tiene un precio bastante menor que una camilla adaptable.

- En tercer lugar, tenemos las sillas de ruedas manuales básicas.

DESVENTAJAS

Son las más comunes en centros sanitarios, pero vemos que tienen básicamente una disposición, transportar al paciente de la misma forma sea cual sea la urgencia.

VENTAJAS

Son sillas que ocupan poco espacio, ya que son plegables. Tiene el precio más económico en el mercado.

b. Alternativas comerciales desarrolladas en el mismo ámbito o sector



Figura 5; Silla de ruedas eléctrica y explosión de silla de ruedas haciendo referencia a una silla hecha a medida. Fuente: (MediCare, 2018) (Pinterest, 2018)

Respecto a las alternativas comerciales que se encuentran para el transporte de pacientes en el mismo ámbito y sector se agrupan en estos dos diferentes grupos:

- Sillas de ruedas eléctricas: son las sillas que disponen de una batería y un motor para hacer girar las ruedas en su desplazamiento, tanto como para elevar al paciente.

- Sillas de ruedas hechas a medida y adaptables: ocupan un amplio rango del mercado ya que pueden ser sillas básicas, adaptables, rígidas y/o plegables. Son todas las sillas que se hacen exclusivamente para que la persona propietaria vaya cómodamente y a medida con la silla.

Estos dos grandes grupos son una alternativa a los diferentes tipos de medios de transporte que hay en un centro sanitario, pero que realmente no podrían introducirse como medio de transporte en él.

Esto se debe a que las sillas de ruedas eléctricas tienen un coste más elevado que una silla de ruedas manual y están hechas para darles un uso más personal y cotidiano.

Por otra parte, las sillas de ruedas hechas a medidas tampoco son una solución para el problema que exponemos en el presente proyecto, ya que la ayuda que se desea resolver es generalizada.

c. Soluciones parciales a subproblemas concretos

Los problemas que presentan las sillas de ruedas manuales básicas, las actualmente utilizadas en los centros hospitalarios, son los siguientes:

- Reposapiernas rígido y no abatible
- Respaldo rígido y no abatible
- Reposabrazos abatible o extraíble

Estas carencias que tienen las sillas de ruedas básicas, las solucionan las sillas de ruedas manuales adaptables.



Figura 6; Reposapiernas abatible y ajustable y respaldo abatible. Fuente: (Mimas, 2014) (Geriatría, 2015)

Son dos mecanismos muy sencillos que, con tan solo dos movimientos, damos al paciente una gran mejora en comodidad y ergonomía.



Figura 7; Reposabrazos abatible o extraíble. Fuente: (AyudasDinámicas, 2018)

Además, como hemos dicho anteriormente, que la silla disponga de reposabrazos abatibles o extraíbles nos facilitará el traslado silla-camilla y viceversa eliminando objetos en el espacio necesario para la maniobra, por lo que será necesario que la silla de ruedas incorpore un tipo de ellos.

d. Alternativas nuevas desarrolladas por el autor

- Sobre el tamaño de ruedas traseras a utilizar, sabemos que en la actualidad todos los establecimientos sanitarios disponen de sillas de ruedas con un diámetro que sobresale entre unos 5-10 centímetros respecto a la altura del asiento.



Figura 8; El diámetro de la rueda trasera impide la maniobra. Fuente: (Quirumed, Health & Beauty, 2017)

Para evitar este problema, proponemos incorporar ruedas traseras con un diámetro de 47 cm para que no sobrepase en altura al asiento y que a la vez permita al paciente autoimpulsarse. Este tamaño nos permite realizar la maniobra de traslado silla-camilla sin ningún objeto ni impedimento físico y conseguir que la acción sea lo más rápida y ergonómica posible.

- Respecto al sistema de elevación, nos encontramos con otro problema. Que es el de encontrar el mecanismo que permita elevar y descender al paciente fácilmente y aplicando la menor fuerza posible.

Para incorporar el mecanismo hidráulico a nuestra silla de ruedas, realizaremos un análisis de movimiento y fuerzas que debemos aplicar para mover todo el conjunto y ver si es factible. A continuación, y viendo las posibilidades que nos ofrece el mercado, elegiremos un mecanismo u otro.

En primer lugar, necesitaremos las medidas interiores del chasis de la silla de ruedas y a partir de ellas desarrollaremos tres posibles soluciones mediante el programa Analytix. En los tres diferentes casos respetamos las distancias de las barras del chasis, solo modificando la altura a la que se encontraría nuestro hidráulico respecto de la horizontal.

Como vemos en los tres dibujos siguientes, que son los que corresponden a las tres variaciones planteadas, cambiamos las alturas entre 100 mm, 70 mm y 230 mm. Con ello averiguamos cuál de las tres suposiciones es la más favorable.

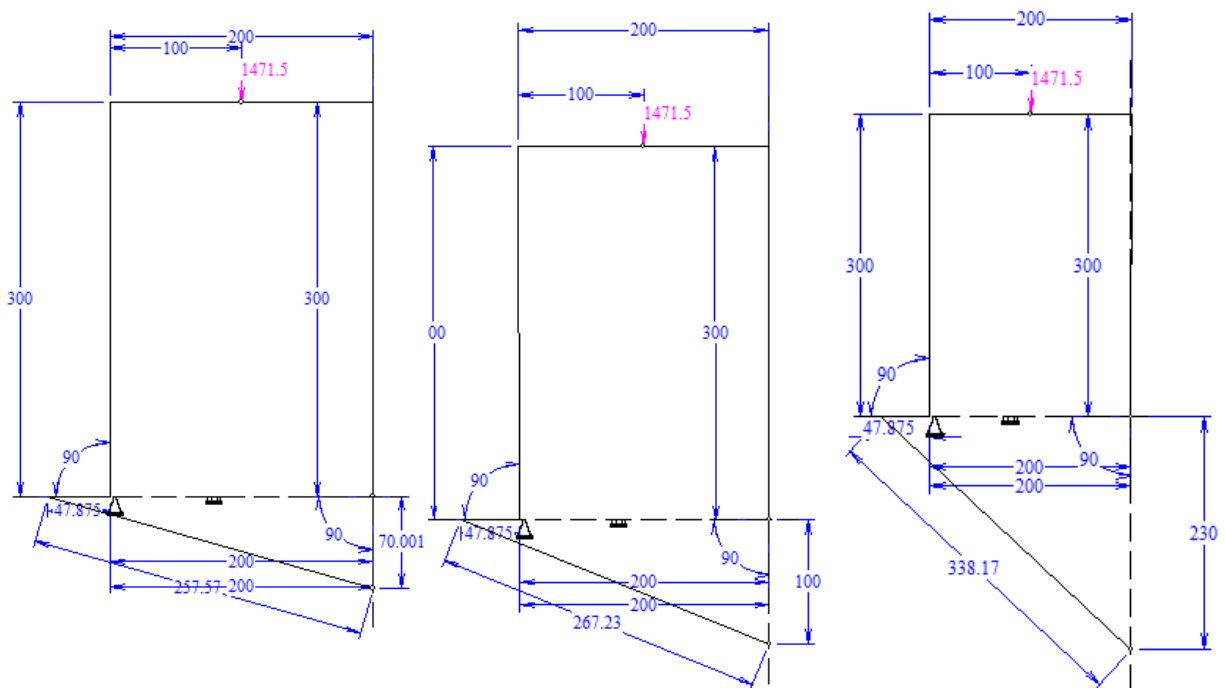


Figura 9; Medidas utilizadas para los tres casos de movimiento. Fuente: Elaboración propia

Para cada una de las tres alternativas, obtenemos dos tablas:

La primera, muestra el recorrido mínimo y máximo que tendría nuestro mecanismo hidráulico para cada una de las tres propuestas.

Tabla 2; Medidas y recorrido de los tres hipotéticos gatos hidráulicos. Fuente: Elaboración propia

	Mínimo	Máximo	RECORRIDO
1	206,82	267,26	60,44
2	270,55	338,17	67,62
3	201,27	257,57	56,3

La segunda, la cual refleja la fuerza necesaria en Newton que deberá soportar el hidráulico en diferentes zonas del recorrido que describirá, expresados en grados.

*Tabla 3; Fuerza soportada por cada gato hidráulico en función de ángulo al que se encuentre.
Fuente: Elaboración propia*

ANGULO	RECORRIDO HIDRAULICO (267,26/206,82)	RECORRIDO HIDRAULICO (338,17/270,55)	RECORRIDO HIDRAULICO (257,57/201,27)
0,00	9521,33	12452,9	9276,29
2,73	9420,71	11785,4	9239,23
5,45	9324,84	11221,2	9203,07
8,18	9232,62	10731,8	9167,35
10,91	9143,06	10298,6	9131,65
13,64	9055,28	9908,24	9095,54
16,36	8968,48	9551,3	9058,62
19,09	8881,93	9220,59	9020,48
21,82	8794,92	8910,6	8980,71
24,55	8706,76	8616,96	8938,88
27,27	8616,77	8336,14	8894,54
30,00	8524,25	8065,2	8847,2
32,73	8428,49	7801,65	8796,34
35,45	8328,71	7543,3	8741,39
38,18	8224,09	7288,21	8681,69
40,91	8113,71	7034,59	8616,49
43,64	7996,56	6780,76	8544,95
46,36	7871,46	6525,07	8466,06
49,09	7737,08	6265,89	8378,63
51,82	7591,82	6001,56	8281,25
54,55	7433,78	5730,31	8172,17
57,27	7260,66	5450,23	8049,24
60,00	7069,61	5159,23	7909,72
62,73	6857,04	4854,93	7750,11
65,45	6618,34	4534,57	7565,78
68,18	6347,43	4194,91	7350,46
70,91	6036,09	3832,04	7095,4
73,64	5672,87	3441,14	6787,9
76,36	5241,15	3016,18	6408,63
79,09	4715,65	2549,37	5926,35
81,82	4055,45	2030,46	5286,14
84,55	3188,74	1445,52	4379,7
87,27	1973,71	774,974	2950,96
90,00	0	0	0

Una vez tenemos todos los datos recogidos, representamos gráficamente dichos valores.

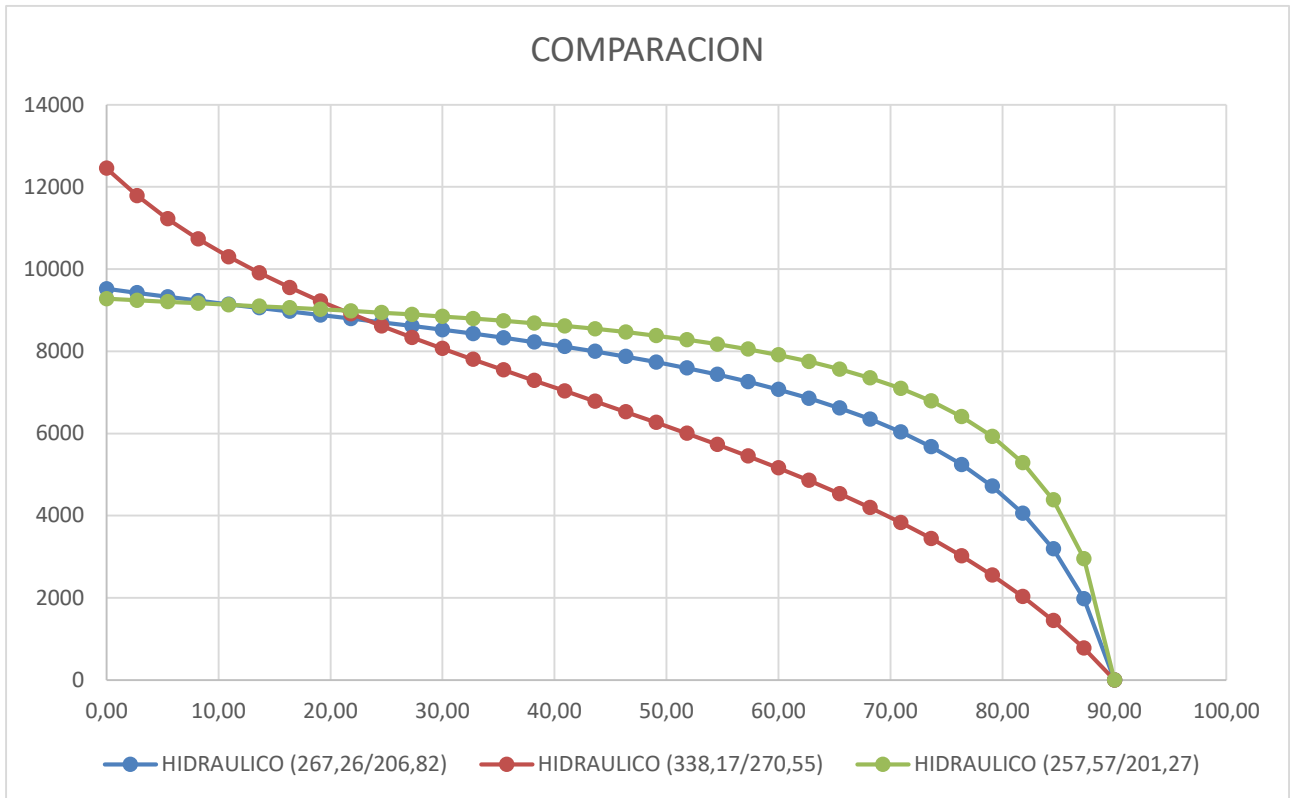


Figura 10; Representación gráfica de los datos obtenidos en la Tabla 3, en función del ángulo.

4. ELECCION JUSTIFICADA DE UNA SOLUCION

Como hemos explicado anteriormente en el apartado de las alternativas comerciales desarrolladas en el mismo ámbito y sector, encontramos diferentes ventajas e inconvenientes en una serie de mecanismos ya existentes.

Es por ello, que con las ventajas que nos ofrecen cada una vamos a tratar de construir nuestra silla de ruedas elevable.

- Utilizaremos una silla de ruedas manual adaptable debido al grado de comodidad que presenta respecto a las demás opciones.
- Reduciremos el tamaño de las ruedas traseras para proporcionar un mejor traslado de la paciente silla-camilla.
- En ella incluiremos un sistema de elevación similar al que se encuentra en las camillas de tres cuerpos elevables.
- Finalmente trataremos que nuestra silla ocupe el menor espacio posible para facilitar las distintas labores del personal sanitario.

En el caso particular del sistema de elevación, desarrollada la solución en el apartado “alternativas nuevas desarrolladas por el autor” utilizaremos el hidráulico que debería tener como recorrido mínimo y máximo de 206,82 mm a 267,26 mm como vemos en la *Tabla 2*.

Descartamos el hidráulico representado en color verde de la *Figura 10*. Como apreciamos, el hidráulico marcado en color azul disminuye las fuerzas desde un ángulo de 10 grados en adelante y la fuerza necesaria para comenzar la actividad es casi la misma para ambos casos.

Elegimos esta solución ya que creemos es la más apropiada, ya que la fuerza que necesitamos para iniciar el movimiento es bastante menor que para el caso del hidráulico con recorrido máximo de 338,17 mm y 270,55 mm de mínimo, representado en color rojo, con el que obtendríamos muchas tracciones y fuerzas que compensar.

Mientras que para el sistema de elevación seleccionado mantenemos una fuerza relativamente lineal hasta los 60 grados de movimiento y una disminución progresiva hasta el final de la maniobra. La cuál acaba en los 90 grados.

Optamos también por esta decisión, ya que haciendo un pequeño análisis de mercado nos encontramos con tres diferentes gatos hidráulicos:

Tabla 4; Medidas y recorrido de tres gatos hidráulicos disponibles en el mercado. Fuente: Elaboración propia

	Mínimo	Máximo	RECORRIDO
1	181	345	164
2	158	308	150
3	158	298	140

Como podemos apreciar, los tres hidráulicos tienen dentro de su recorrido el elegido y calculado con el programa Analytix, que es de 207,82 a 267,26 mm.

Es por ello que nos decantamos por el hidráulico número “3”, ya que es el que menor recorrido tiene y el cuál más se puede aprovechar.

5. DESARROLLO DE LA SOLUCION

a. Descripción del producto de partida

Como hemos comentado anteriormente, el presente proyecto consiste en modificar y adaptar una silla de ruedas actualmente en el mercado para darle las características y especificaciones necesarias para su nueva función.

La siguiente imagen nos muestra el producto de partida, una silla de ruedas manual adaptable. Sobre la cual realizaremos las diferentes modificaciones para su nuevo uso.



Figura 11; Imagen del producto de partida. Fuente: (Quirumed, Health & Beauty, 2017)

Dentro del amplio catálogo existente y dentro de la gran variedad de sillas de ruedas que se encuentran actualmente en el mercado dependiendo de la gravedad y ergonomía que necesite el paciente, elegimos la silla anteriormente mostrada.

Como vemos en la siguiente imagen, que nos muestra 16 tipos diferentes de sillas de ruedas, existe un mundo de posibilidades de sillas. Esta es una pequeña representación de tantas sillas de ruedas que se encuentran en el mercado y de las diferentes marcas y ortopedias especializadas que se dedican a este sector.

Es por ello, que dentro de ese amplio sector y tan desarrollado, elegimos la silla de la *Figura 11*, ya que es una de las más completas, en cuanto a necesidades se refiere, y ergonómicas del mercado. Además, con los objetivos y especificaciones planteados al inicio del presente TFG, es una de las sillas de ruedas que menos modificaciones requiere.

183-809B-41 Seat width: 41 cm / 16.1inch
183-809B-46 Seat width: 46 cm / 18.1inch
 Folding steel wheelchair with solid rear wheels, self propelled

Folding wheelchair made entirely of chromed steel.
 Solid rear wheels, diameter 600mm (23.6 in).
 Front wheels diameter 200 mm / 7.8 in, plastic spokes.
 Breathable seat and back made of nylon.
 Fixed armrests & backrest.
 Reclining footrests.
 C colour - chromed.
 Weight: 79 kg / 42 lb.
 Maximum load: 100kg/220lb.



183-112A-46
 Electric wheelchair, folding model, with battery.

Command interchangeable and easily adaptable for left-handed, the part that supports the remote control wand can be placed on either side by simply loosening three screws.
 Chair Weight with battery: 256kg
 Drummer base weight: 228kg



183-121C-43
 Electric wheelchair with reclining backrest, non-folding

Electric wheelchair folding armrests and footrests.
 Reclining backrest includes rear bag.
 Joystick C control.
 Rear wheels 52"



183-870ABJ-46
 Steel wheelchair for short distance transport, chromed steel

Steel wheelchair for short distance transport.
 Folding chair, padded.
 Chrome steel structure high strength.
 Rear pocket bag.
 Braking system (both wheels).
 Reclining armrests.



183-140LA-46
 Electric folding wheelchair

Seat width 46 cm / 18.1in
 Max. weight capacity: 120kg / 264lb
 Chair weight: 39kg / 86lb
 Overall width: 64cm / 25in
 Motor power: 200W x 2
 Battery: 12V x 2, 28 Ah.
 Padded seat and backrest, breathable.



183-606BC-46: Rear PVC wheels
183-606C-46: Metal rear wheels
 Wheelchair with chamber pot

Chromed steel frame with comfortable seat.
 200 x 38" PU castor.
 Pneumatic wheels.
 Easy folding armrest.
 Reclining and folding footrest.
 Reclining back.
 The chair has a cushioned base of 18 x 26 cm (7.09 x 10.24 in) and below this there is a PVC removable toilet.



183-903RB-46
 Folding wheelchair with pneumatic wheels and folding backrest

Strong and robust steel frame.
 Cross bar and structure to provide rigidity.
 Pneumatic rear wheels with handles and plastic spacers.
 Rear wheel with a quick release function.
 Breathable nylon seat and backrest.
 Folding and removable armrests.



183-902CB-46
 Folding wheelchair with adjustable legrest

Chrome steel structure of high stability and durability.
 Pocket for documents in the backrest.
 Removable nylon seat and backrest.
 Folding and removable armrests, adjustable folding and removable footrests.
 Folding backrest.
 Brake on rear wheel.



183-608B-46
 Wheelchair with steel wheels, folding

Wheelchair with bedpan, steel structure.
 Padded armrests.
 Folding footrest.
 Padded seat and backrest.
 Braking system on two wheels.
 Folding model.
 Documents pocket on the backrest.
 Clinical Seat.



183-869LAJB-46
 Folding aluminium wheelchair

Removable padded parts.
 High quality aluminium structure.
 Pocket for documents.
 Braking system for both wheels.
 Reclining armrests.



183-903BC-46
 Folding steel wheelchair with reclining headrest, flexible to 180 degrees

Ergonomic.
 Chromed, high strength steel frame.
 Rear pocket wallet.
 Braking system (both wheels).
 Removable armrests.
 Removable footrest and cleaving in multiple positions (maximum 90°).
 Removable headrest.
 Space head padding.



183-903LB-46
 Folding light wheelchair made of aluminium

Easy to fold, transport and store in small spaces.
 Breathable nylon seat and backrest.
 Folding and removable armrests.
 Swing out and removable footrests.
 Pocket for documents on the backrest.
 Parking brakes on each rear wheel.
 Swivel front casters.
 Call strap.



183-865LABJ-46
 Aluminium framed wheel chair

Light aluminium frame.
 Pocket for documents on backrest.
 Fixed armrests.
 Footrests swing out and removable.
 Call strap.
 Parking brakes on each rear wheel.
 Long reach cable brakes for a handrail.
 Designed for traveling, easy to fold and store in small spaces.



183-868B-46 Folding steel wheelchair
183-868LB-46 Folding aluminium wheelchair

Fixed armrest.
 Footrests swing out and removable.
 Pocket for documents on backrest.
 Parking brakes on each rear wheel.
 Swivel front wheels.
 Rear wheels with plastic spacers and handles.
 Call strap.
 Easy folded and transportable.



183-908AB-46
 Folding wheelchair, chromed steel

Totally constructed in chromed steel.
 Back wheel of diameter 58 cm, plastic spokes.
 Seat and backrest in variable nylon.
 Adjustable armrests.
 Adjustable and removable footrests.
 Folding backrest.
 Pocket for documents at the back.
 Chrome.



183-951ACB-56
 Folding steel wheelchair with footrest, special width

Seat and backrest made of breathable fabric.
 Removable armrests.
 Swing out and removable footrests.
 Folding backrest.
 Pneumatic rear wheels with handles.
 Swivel front casters.
 Pocket for documents on the backrest.
 Parking brakes on each rear wheel.
 Call strap.



Figura 12; Catálogo con diferentes tipos de sillas de ruedas. Fuente: (Issuu, 2017)

Sus características específicas son:

- Silla plegable.
- Estructura de acero cromado de alta resistencia.
- Sistema de frenado (en ambas ruedas).
- Reposabrazos extraíbles.
- Reposapiés extraíbles y elevables en múltiples posiciones (máximo 90º).
- Cabezal extraíble.

Medidas

- Ancho total: 65cm
- Ancho del respaldo: 46cm
- Diámetro de la rueda trasera: 59cm
- Altura del asiento al suelo: 51cm
- Largo del asiento: 42cm
- Largo del respaldo: 82cm
- Peso máximo soportado: 110 Kg
- Peso de la silla: 26Kg

b. Desarrollo de subsistemas y elección de elementos comerciales

Las modificaciones que realizaremos sobre la silla serán:

- Diámetro rueda trasera menor.

Utilizaremos los mismos materiales y características técnicas que las ruedas originales. Lo único que modificaremos será el diámetro de rueda y con ello, el diámetro del aro de impulsión.

En este caso seleccionaremos dos ruedas traseras de aluminio de 18" que se utilizan para bicicletas de niños, ya que las dimensiones estándar del catálogo de ruedas para sillas de ruedas son de 20", 22" y 24".

Las características de este tipo de ruedas son exactamente las mismas que una rueda trasera de silla de ruedas, incluido el buje. Lo único diferente es el acoplador que se utiliza para unir el eje con la rueda, pero utilizaremos el mismo que tiene la silla original.

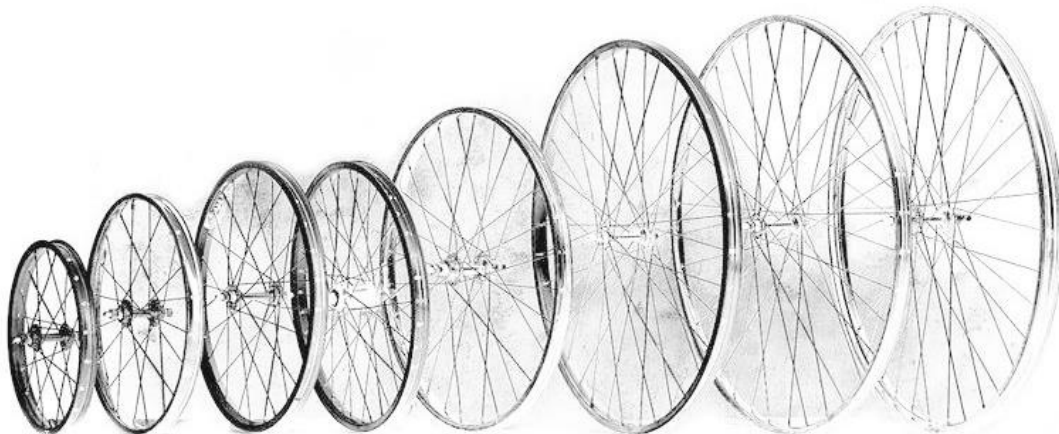


Figura 13; Gama de tamaños de ruedas (navarrohermanos.es, 2018)

Además de la llanta, será necesario poner una cámara y una cubierta que encajen correctamente en la nueva rueda.

- Silla no plegable.

Eliminaremos las barras y sistemas mecánicos que dan a la silla la capacidad de plegado. De esta forma nos quedaremos solo con las barras del chasis.

- Adicción sistema elevación.



Figura 14; Gato hidráulico para nuestra silla de ruedas. Fuente: (Silverline, 2018)

Sus características específicas son:

- Mordaza: 21 mm de diámetro
- Capacidad de subida: 158 – 305 mm
- Capacidad de carga máxima: 2000 Kg
- Peso: 2,3 Kg
- Material: Hierro fundido

Está regulado dentro de la norma UNE-EN 1494:2001, con título “Gatos móviles o portátiles y equipos de elevación asociados.”

c. Ensamblaje de elementos para construir la solución completa

En este apartado haremos una descripción de todos los pasos necesarios para la construcción final de nuestra silla de ruedas elevable.

1. En primer lugar y partiendo de la silla de ruedas mostrada en la *Figura 11*, realizamos los siguientes trabajos:

- Eliminación del sistema de plegado.



Figura 15; Ubicación del sistema de plegado. (Quirumed, Health & Beauty, 2017)

Esta extracción se realiza ya que el sistema viene ubicado entre la unión de los laterales del chasis. Cada lateral está formado por dos perfiles que van unidos por dos tubos concéntricos de distinto tamaño y encajan el uno con el otro.

- Eliminación de las ruedas traseras.



Figura 16; Ruedas traseras originales. (Quirumed, Health & Beauty, 2017)

2. Para hacer la elección del material de nuestros perfiles para la silla de ruedas, recurrimos al programa CES Edupack. Sabemos que en la actualidad las sillas de ruedas tienen principalmente chasis de aleaciones de aceros y aluminios, aunque también en sillas más avanzadas se utilizan materiales ultraligeros. Al haber tanta variedad de materiales disponibles para este uso, vamos a justificar con este programa nuestra elección para los perfiles del presente proyecto.

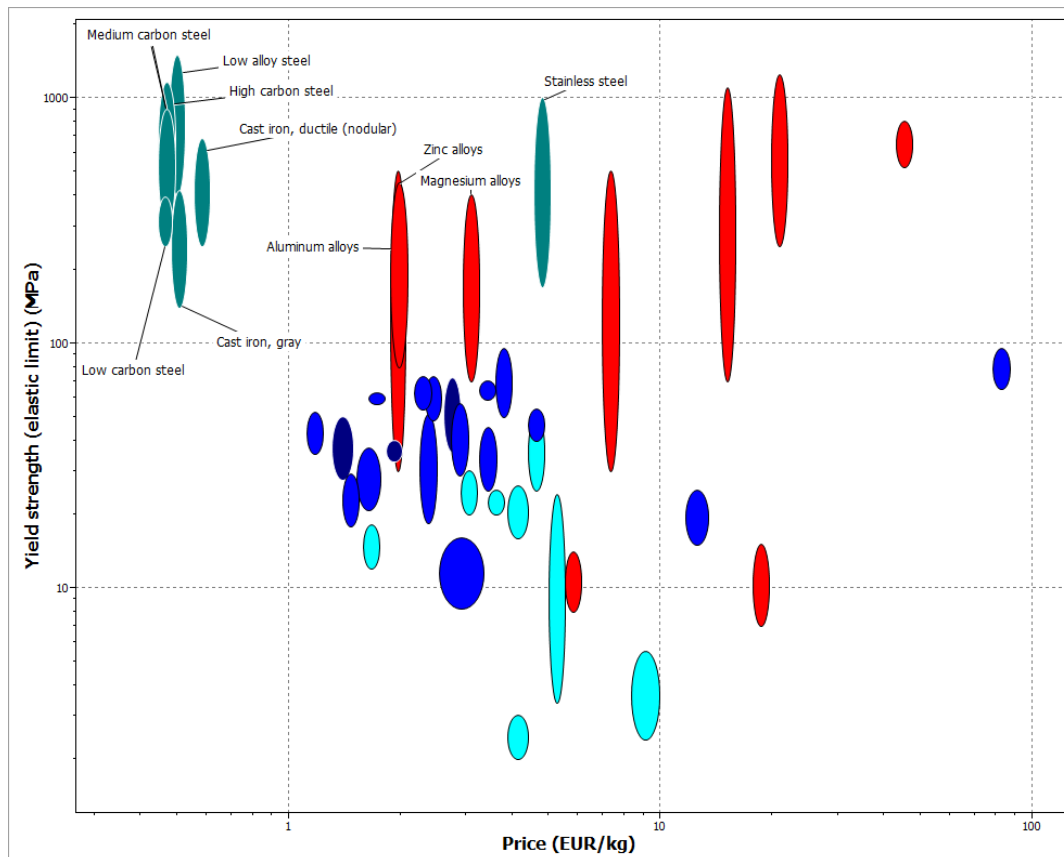


Figura 17; Límite elástico frente precio de diferentes materiales. Fuente: CES Edupack

En primer lugar, creamos un gráfico de burbujas en el que vemos el límite elástico en MPa frente al precio en €/Kg de aleaciones metálicas y no metálicas (en color verde y rojo) así como diferentes plásticos (en colores azules). De este gráfico deducimos que los plásticos van a tener ciertas carencias para soportar elevados pesos, mientras que las aleaciones metálicas y no metálicas tienen un elevado límite elástico.

Así, con este primer mapa de burbujas eliminamos la posibilidad de añadir perfiles de material plástico, y seguimos adelante con las demás opciones.

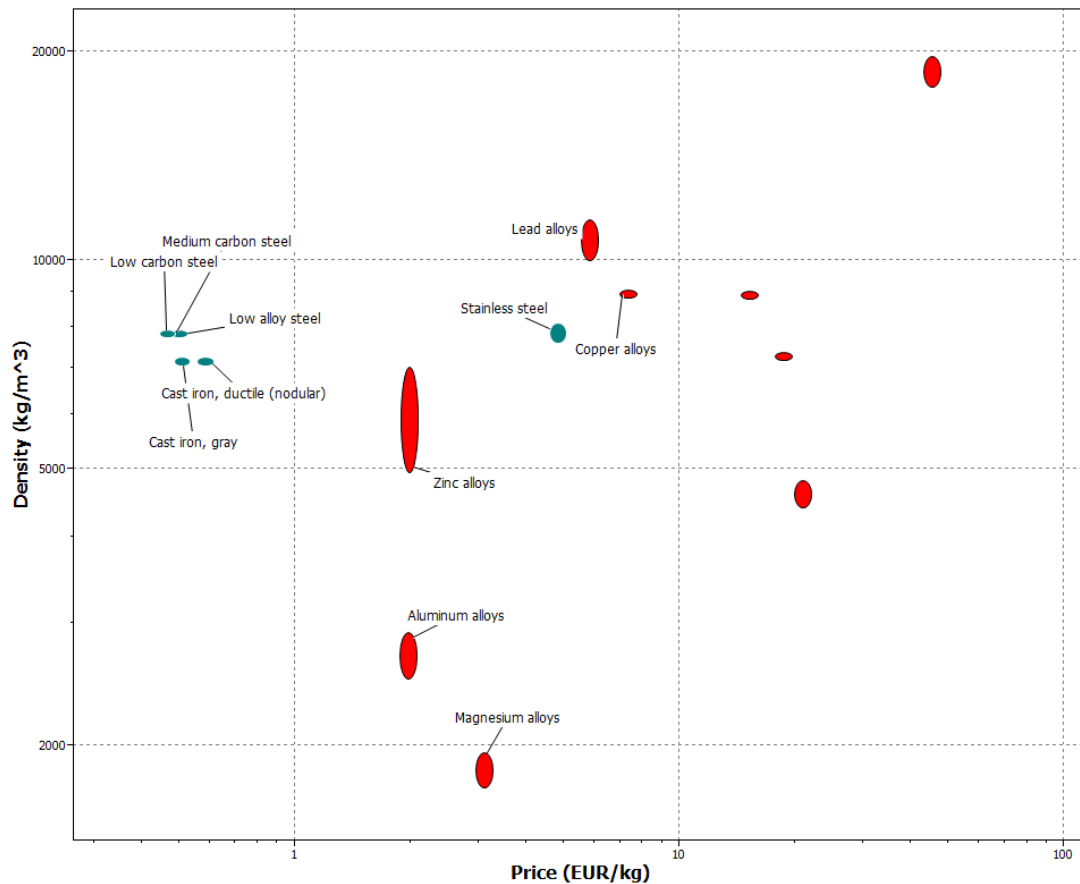


Figura 18; Densidad frente precio de diferentes materiales. Fuente: CES Edupack

En segundo lugar, vemos el gráfico de densidad en Kg/m³ frente al precio en €/Kg de las diferentes aleaciones anteriormente seleccionadas.

Uno de los objetivos de este proyecto no es el de crear una silla ultraligera, si no el de hacer una silla de ruedas elevable un tanto avanzada que tenga la posibilidad de competir en el mercado con las ya existentes.

Ciertamente la elección del material es muy importante, ya que una silla muy pesada de acero, es muy barata pero muy difícil de transportar, mientras que una silla de aluminio es muy ligera y fácilmente transportable, pero muy cara.

Con todos estos datos y viendo las características de cada material, hacemos la elección de un acero inoxidable o un acero con contenido medio en carbono, que relativamente tienen las mismas características.

Tabla 5; Densidad frente precio. Fuente: CES Edupack

Show:	Stage 4: Density (kg/m ³) vs. Price (EUR/kg)	
Rank by:	Stage 4: Price (EUR/kg)	
Name	X-Axis	Y-Axis
Low carbon steel	0.446 - 0.486	7.8e3 - 7.9e3
Medium carbon steel	0.446 - 0.494	7.8e3 - 7.9e3
High carbon steel	0.446 - 0.494	7.8e3 - 7.9e3
Low alloy steel	0.478 - 0.525	7.8e3 - 7.9e3
Cast iron, gray	0.486 - 0.533	7.05e3 - 7.25e3
Cast iron, ductile (nodular)	0.557 - 0.613	7.05e3 - 7.25e3
Aluminum alloys	1.88 - 2.06	2.5e3 - 2.9e3
Zinc alloys	1.89 - 2.08	4.95e3 - 7e3
Magnesium alloys	2.95 - 3.25	1.74e3 - 1.95e3
Stainless steel	4.59 - 5.06	7.6e3 - 8.1e3
Lead alloys	5.56 - 6.11	1e4 - 1.14e4
Copper alloys	7.01 - 7.71	8.93e3 - 8.94e3
Nickel alloys	14.5 - 15.9	8.83e3 - 8.95e3
Tin	17.8 - 19.6	7.26e3 - 7.27e3
Titanium alloys	19.9 - 21.9	4.4e3 - 4.8e3
Tungsten alloys	43.1 - 47.5	1.78e4 - 1.96e4
Silver	916 - 995	1.05e4 - 1.06e4
Gold	4.23e4 - 4.26e4	1.93e4 - 1.94e4

El acero con contenido medio en carbono tiene una densidad de entre 7800-7900 Kg/m³ mientras que el acero inoxidable de 7600-8100 Kg/m³.

Las características de este tipo de aceros con contenido medio en carbono son:

- Límite elástico 305-900 MPa
- Módulo de elasticidad: 200-216 Gpa

Mientras que las del acero inoxidable son:

- Límite elástico 170-1000 MPa
- Módulo de elasticidad: 189-210 GPa

Para la elección final del material, y viendo que el límite elástico es mayor para el acero inoxidable, acudimos a un catálogo de materiales y elegimos un acero AISI 304.

Una vez tenemos la silla dividida con todos sus componentes, unimos los perfiles que conforman cada lateral. A ellos, unimos dos perfiles de diámetro exterior 25 mm y espesor 2,5 mm en la parte frontal del chasis realizando un cordón de soldadura al inferior y utilizando dos Tes de diámetro exterior 30 mm y espesor 2,5 mm con tres tornillos cada uno y tuercas con freno para el superior.

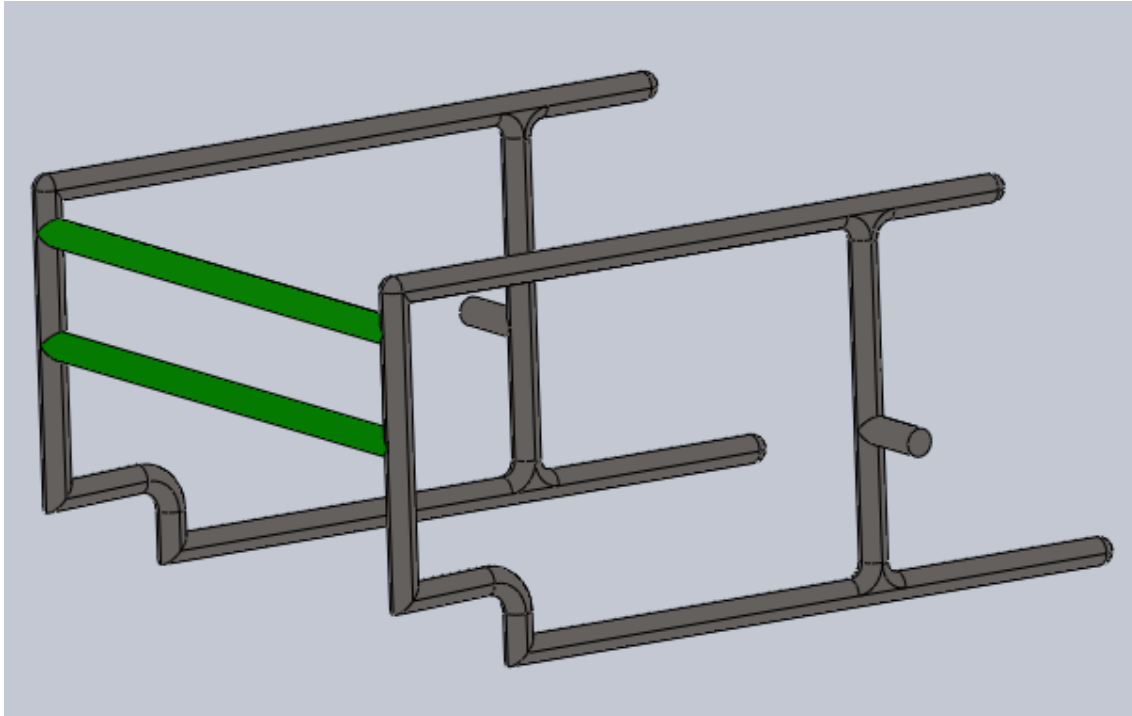


Figura 19; Ubicación perfiles frontales. Fuente: Elaboración propia

También soldamos un perfil en ambos laterales. Estos nos sirven para darle mayor rigidez a la silla, ya que los esfuerzos resultantes serán mayores que para la funcionalidad que se le daba anteriormente.

Además, soldaremos 4 perfiles tubulares redondos de diámetro exterior 25 mm y espesor 2,5 mm entre sí, para conseguir dos perfiles en forma de L. Estos dos nuevos perfiles, irán soldados por sus extremos inferiores a los añadidos anteriormente a los laterales. Y entre sí, por dos codos en sus extremos superiores, a los que les haremos dos orificios para insertar dos tornillos hexagonales DIN-933 de métrica M12 y dos tuercas con freno DIN-985 y otro perfil tubular de las mismas características que los anteriores. Todo este sistema nuevo, lo utilizaremos para soportar las barras que darán el movimiento al asiento y la parte superior de la silla.

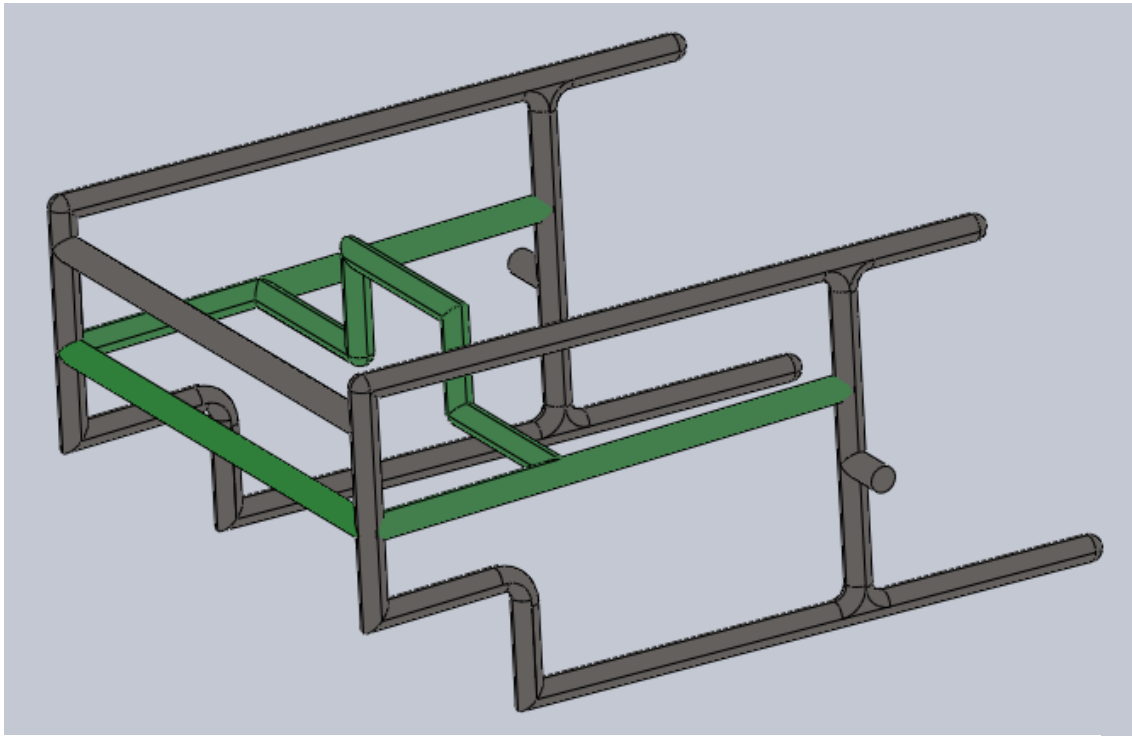


Figura 20; Ubicación perfiles laterales y perfil en U. Fuente: Elaboración propia

Para terminar este paso, también añadiremos el sistema hidráulico. Este irá unido al perfil frontal inferior por una pletina añadida a la base del gato hidráulico y una abrazadera DIN-11850 de diámetro 27 mm y dos tornillos métrica M6, uno a cada lado con dos tuercas con freno DIN-985. Esta abrazadera permite al gato hidráulico deslizarse levemente por el perfil tubular para permitirle el giro.

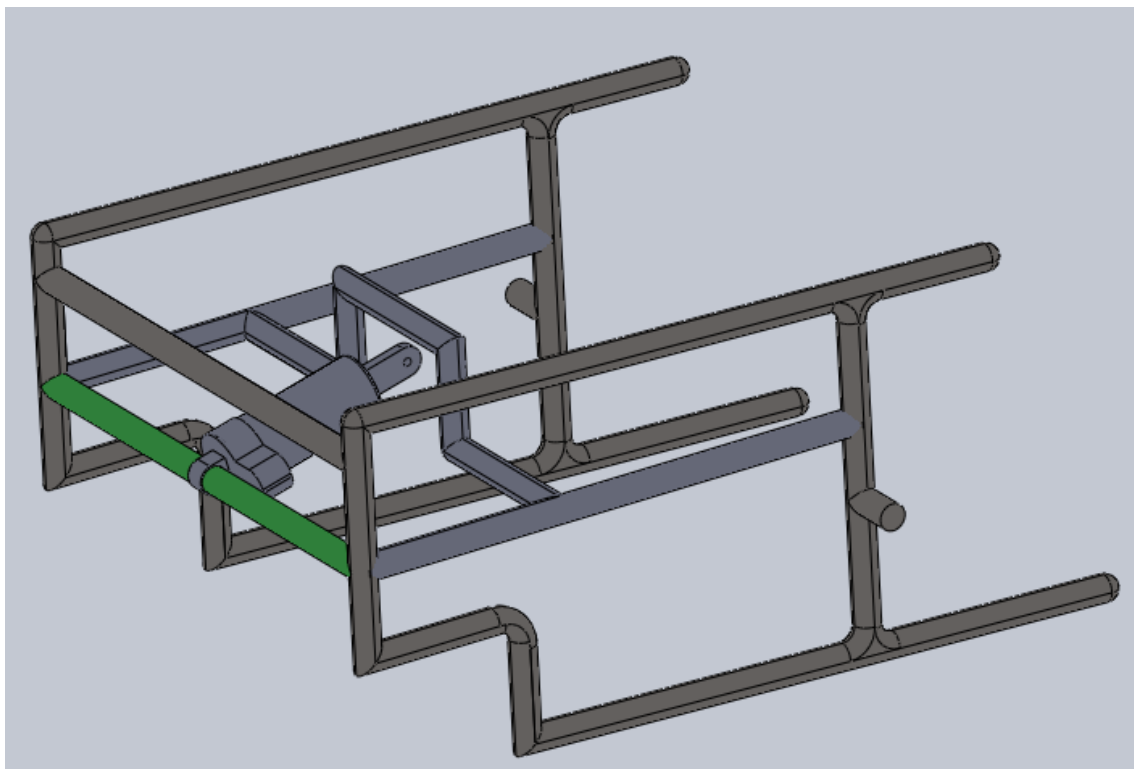


Figura 21; Colocación sistema hidráulico. Fuente: Elaboración propia

3. Para realizar la unión de los perfiles que darán el movimiento de elevación a la silla de ruedas, soldaremos cuatro perfiles para formar el brazo impulsor y dos chapas de acero en la parte inferior para permitir el giro.

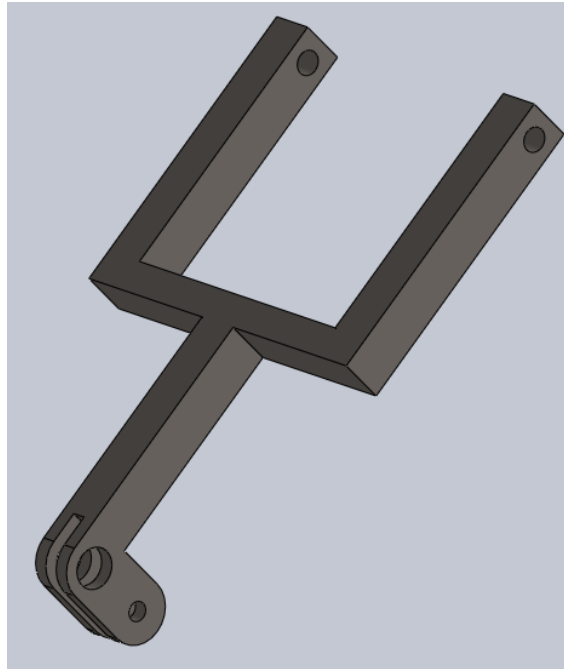


Figura 22; Brazo impulsor. Fuente: Elaboración propia

Estos brazos serán fabricados con chapas de acero AISI 304 de espesor 8 mm para las uniones con las barras del chasis, y perfiles tubulares cuadrados laminados en frío de dimensiones 30 x 30 x 4 mm.

4. A ellos, les añadimos varios soportes para acoplar el asiento. Para las barras del asiento, utilizaremos las que hemos quitado del sistema de plegado, ya que son las utilizadas para atornillar el asiento a ellas. Estos cuatro soportes, estarán formados por perfiles de diámetro exterior 25 mm y espesor 2,5 mm y una chapa de espesor 8 mm con una unión roscada de métrica M12 y una tuerca con freno DIN-985 de la misma métrica, para permitir el giro de los brazos.

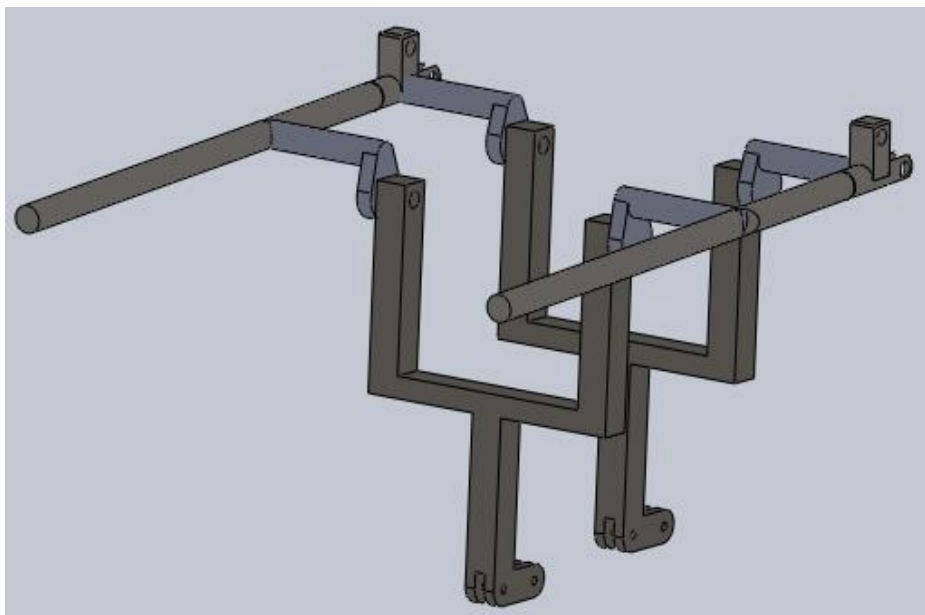


Figura 23; Unión brazos con soporte al asiento. Fuente: Elaboración propia

5. A continuación, tanto en el perfil superior añadido en el frontal, como en el perfil en forma en U, añadimos el mecanismo anterior que proporcionará el movimiento de elevación de la silla de ruedas.

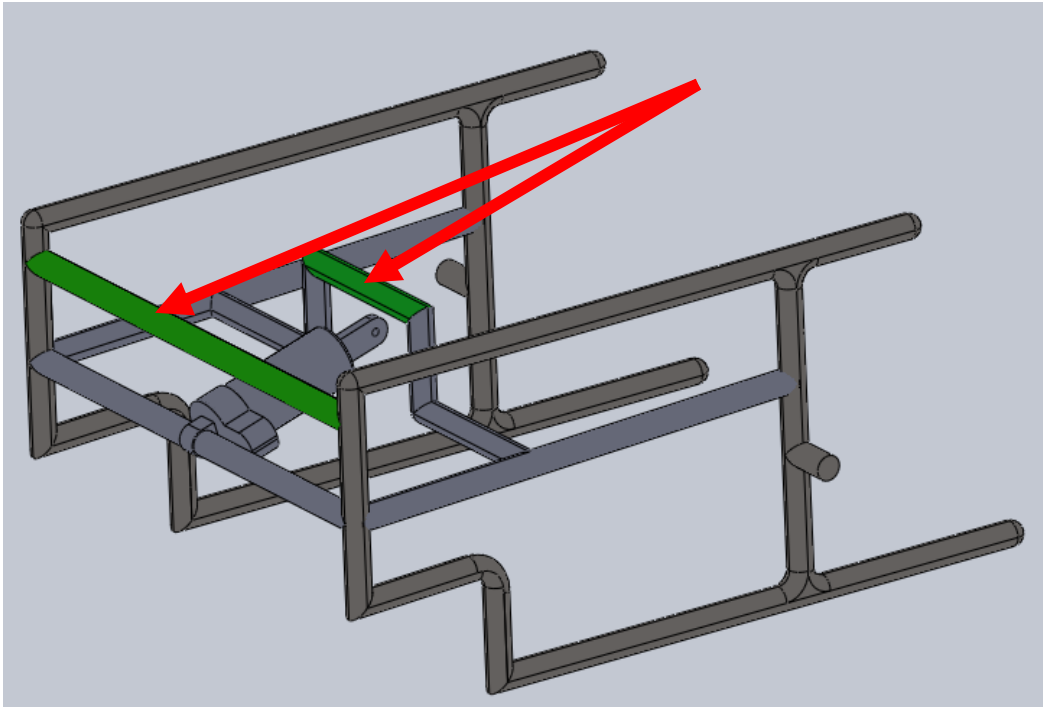


Figura 24; Ubicación apoyos brazos. Fuente: Elaboración propia

El brazo principal, que servirá de guía al brazo seguidor, irá unido concéntricamente al perfil en U, y al gato hidráulico mediante un tornillo hexagonal DIN-933 de métrica M12 y longitud 45 mm y una tuerca con freno DIN-985 de la misma métrica, para poder transmitir el movimiento al resto del mecanismo.

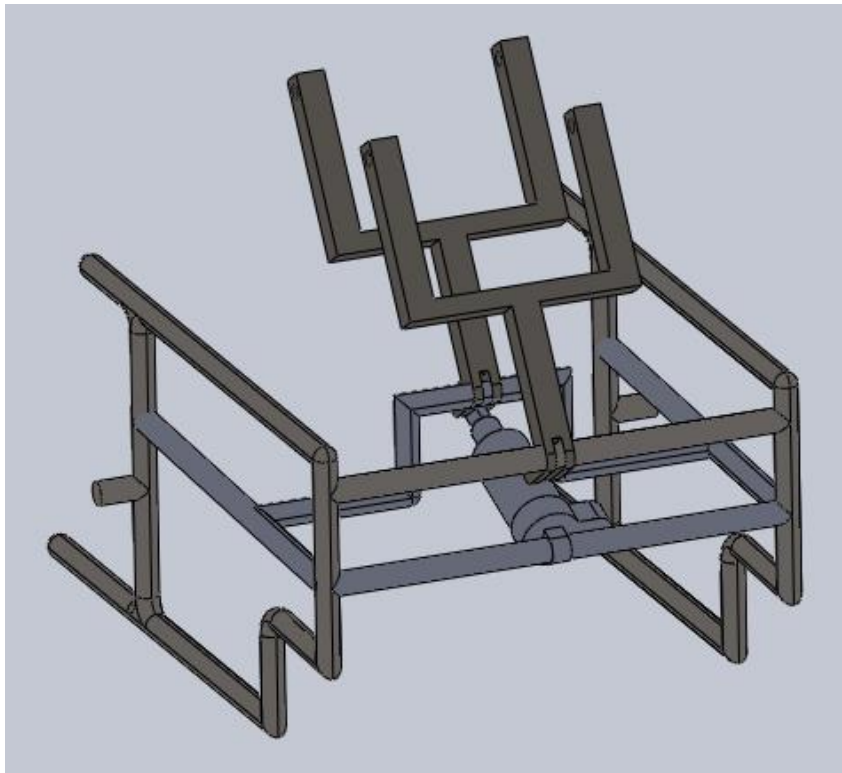


Figura 25; Ubicación de los brazos en el chasis. Fuente: Elaboración propia

El brazo seguidor irá unido concéntricamente al perfil frontal superior. El perfil frontal superior, al estar unido mediante codos atornillados, nos facilita la extracción en caso de rotura de cualquier parte del brazo seguidor. Ambos brazos estarán fijados por dos pletinas que se soldarán a las barras donde están apoyadas para que no deslicen horizontalmente y se descuadren del eje de giro.

6. El grado de inclinación inicial del que partirán las barras del sistema hidráulico de elevación será de 7 grados con respecto a la horizontal, calculándolo con el programa Analytix. Ya que esto nos permite disminuir la carga que se realizaría partiendo desde un ángulo de 0 grados, como podemos observar en la tabla en el apartado *Anexos*.

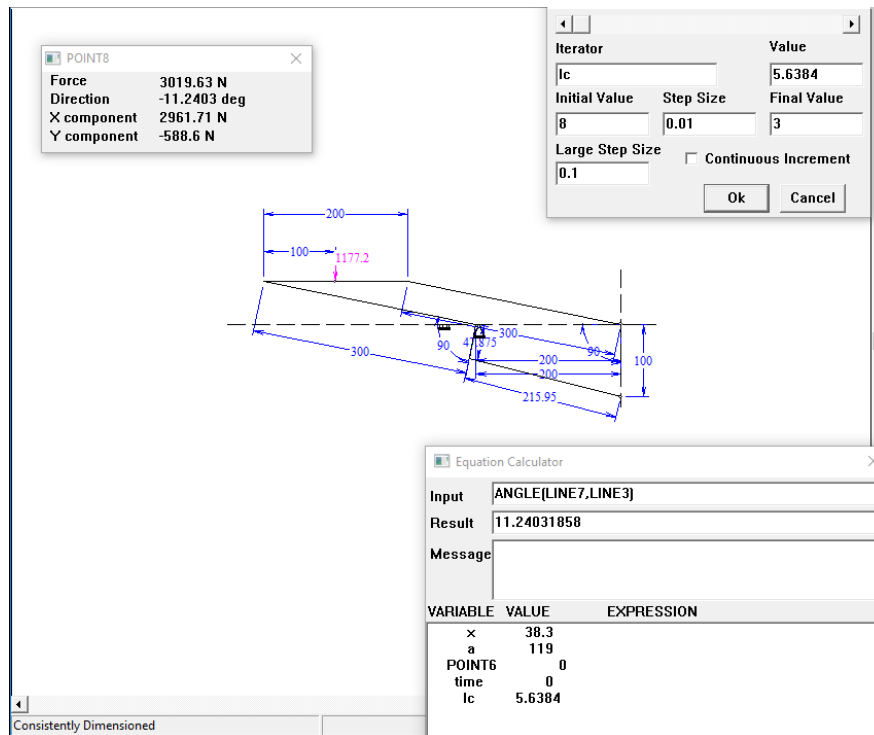


Figura 26; Estudio ángulo posición basal hidráulico. Fuente: Analytix

7. Una vez tenemos instalado todo el sistema de elevación, montamos tanto las ruedas delanteras, propias de la silla de ruedas original, como las traseras.

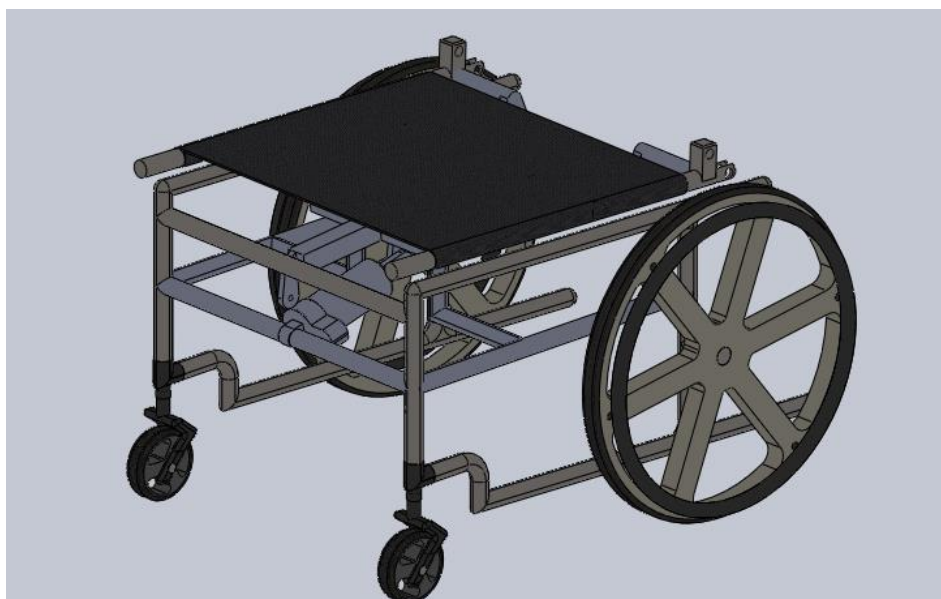


Figura 27; Colocación ruedas delanteras y traseras. Fuente: Elaboración propia

8. Incluimos también los reposapiés extraíbles y regulables en longitud y los reposabrazos extraíbles originales (realizamos un diseño simplificado de los reposabrazos).



Figura 28; Colocación reposabrazos y reposapiés. Fuente: Elaboración propia

Además, entre la barra superior del chasis y el asiento, se añaden varios soportes en sus extremos para que no entren en contacto dichas barras y para fijar la posición basal.

9. Finalmente, añadimos el respaldo.



Figura 29; Silla de ruedas completa. Fuente: Elaboración propia

Todos los componentes necesarios para la funcionalidad de elevación de la silla de ruedas quedan correctamente montados.

d. Descripción de la secuencia de abatimiento y elevación

Una vez tenemos la silla correctamente montada con todos sus componentes, pasamos a nombrar y describir la secuencia paso a paso de la maniobra de traslado silla-camilla.

Esta maniobra se realizará teniendo en paralelo tanto la propia silla de ruedas como la camilla. Además, será necesario tener puestos los frenos de la silla, y si es propio las ruedas antivuelco.

1. Partimos ya sea tanto de la posición basal de la silla de ruedas, como de la posición que se le dé a la silla de acuerdo a la morfología del paciente, así como a su gravedad y dolencia.



Figura 30; Posición basal de la silla de ruedas para la maniobra de elevación. Fuente: Elaboración propia

2. El siguiente paso a dar es el de levantar los reposapiés a nivel horizontal.

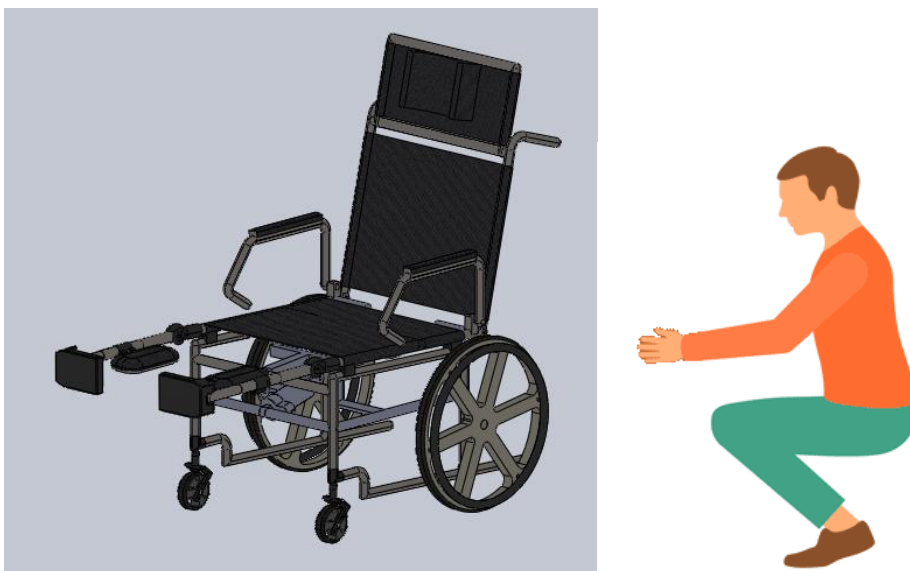


Figura 31; Elevación de los reposapiés y postura a adoptar. Fuente: Elaboración propia

La postura que deberá adoptar el personal sanitario para facilitar al paciente este paso será la misma que para el levantamiento vertical de peso. Se accionará la palanca que desbloquea el movimiento del reposapiés y se colocarán horizontalmente.

3. A continuación, también bajaremos a nivel horizontal el respaldo para que el paciente ya adopte la posición correcta para el traslado.



Figura 32; Descenso del respaldo a nivel horizontal. Fuente: Elaboración propia

Esta acción se realiza presionando el botón que acciona el mecanismo situado en la unión del respaldo con el asiento. Así, descendemos hasta la posición horizontal sin soltar ya que dispone de una sucesión de agujeros para adoptar otras posturas dependiendo del estado de gravedad del paciente.

4. En este punto, levantamos al paciente, mediante el nuevo sistema de elevación, a la altura necesaria. Ya que cada centro sanitario dispondrá de camillas diferentes, que posiblemente presenten diferentes tamaños y alturas.

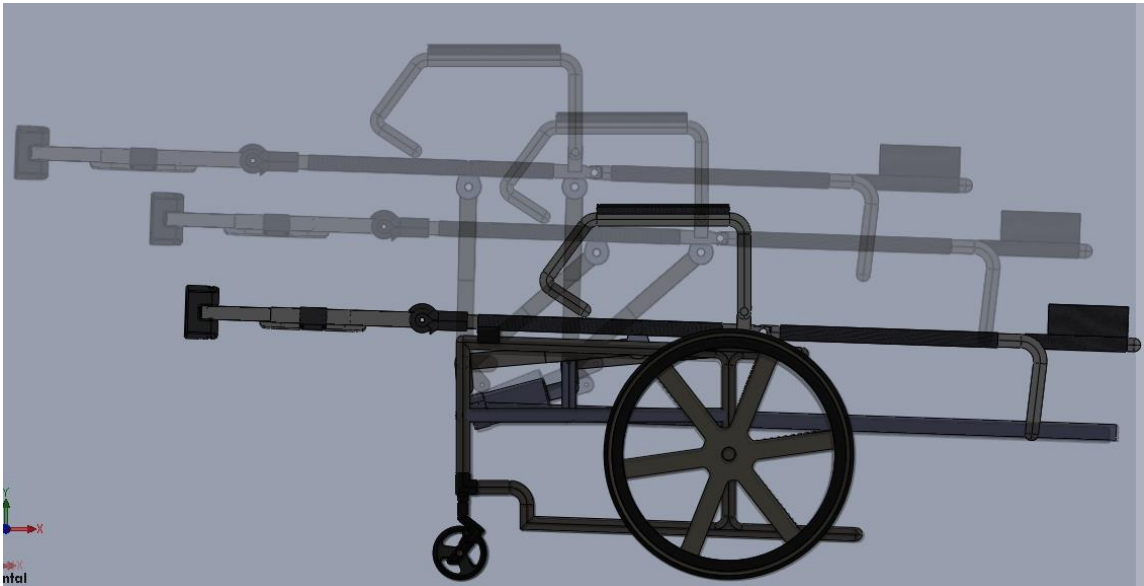


Figura 33; Secuencia de movimiento de elevación del paciente

5. Este procedimiento se realizará con la barra telescópica incorporada en la parte central del chasis:

En caso de necesidad del paciente de estar completamente tumbado, la barra telescópica estará a su máxima longitud. En los demás casos, esta barra se podrá acortar hasta la disposición idónea para su accionamiento.

El modo de accionamiento del sistema de elevación será el siguiente:

- Para elevar el asiento, realizar varias pisadas sobre la barra hasta la altura deseada.
- Para descender el asiento, golpear levemente la barra hacia arriba y sin soltar, para que el gato hidráulico pierda presión poco a poco y así conseguir una correcta maniobra.



Figura 34; Ubicación barra de accionamiento. Fuente: Elaboración propia

Esta operación, hasta llegar a la altura deseada, se hará con los reposabrazos todavía en su posición original para que el paciente se mueva lo menos posible y tenga protección para no caerse.



Figura 35; Silla elevada a su altura máxima. Fuente: Elaboración propia

6. Como último paso a dar antes de trasladar al paciente a la camilla, es el de extraer los reposabrazos. Así ya tenemos el espacio necesario sin objetos que dificulten la maniobra.



Figura 36; Extracción de los reposabrazos. Fuente: Elaboración propia

7. En caso de que sea necesario volver a trasladar al paciente a la silla de ruedas, se mantendrá la posición del paso anterior para que el personal sanitario no tenga que realizar ningún retrabajo ni sobreesfuerzo.

En caso de que el paciente permanezca en la camilla por un tiempo elevado y la silla no sea necesaria, se invertirá la secuencia desde el paso 6 hasta el paso 1 (posición basal), y se llevará al sitio de dejada y recogida de las sillas de ruedas para que otra persona pueda hacer uso de ella.

6. PROCESO DE FABRICACION

El proceso de fabricación de la presente silla, explicando más en detalle el apartado 5.c, será el siguiente:

- En primer lugar, partimos de una silla de ruedas abatible y ajustable.
- Para tener más espacio de trabajo, separamos todos sus componentes con uso de herramientas como destornilladores, llaves inglesas y llaves Allen, dejándolos bien identificados para no perder ninguna parte de ellos.
- En el chasis, al ir unido tanto las barras laterales como las barras del sistema de plegado, extraemos las barras del sistema de plegado desmontando las barras laterales del chasis, ya que se componen de dos perfiles.
- A continuación, uniremos mediante dos codos un perfil tubular a la parte frontal superior del chasis que nos servirá como soporte de los componentes del nuevo sistema de elevación.
- Seguido, realizaremos una unión por soldadura TIG entre los tubos del chasis separados anteriormente y los tubos que queremos incorporar en sus laterales. También se soldará un perfil tubular en la parte frontal inferior para añadirle más resistencia.
- A estos tubos laterales, soldaremos también por soldadura TIG dos perfiles, unidos previamente en forma de L también por el mismo método de soldadura.
- En los extremos libres que quedan en ambos perfiles, añadimos dos codos con dos tornillos y tuercas con freno, y un perfil tubular central.
- En el hueco habilitado entre los perfiles y el chasis, incorporamos el gato hidráulico a utilizar en este proyecto al perfil frontal inferior con una pletina y una abrazadera.
- En otro espacio de trabajo, mediante soldadura TIG, unimos varios perfiles para crear las barras de impulsión entre gato hidráulico y asiento, para poder darle movimiento.
- Una vez tenemos estas barras, las incorporamos por sus extremos superiores al asiento. Estas, irán unidas a las barras del asiento por cuatro soportes añadidos por soldadura TIG. Son fabricados por un perfil tubular, una chapa y una unión roscada cada uno.
- Todo esto irá unido al nuevo chasis con arandelas, tuercas y tornillos, ya que todo este sistema incluye partes móviles. Otros mecanismos ya comercializados como las camillas elevables, no disponen de rodamientos en las uniones que requieren giro, por lo que para esta silla de ruedas tampoco los incorporaremos.

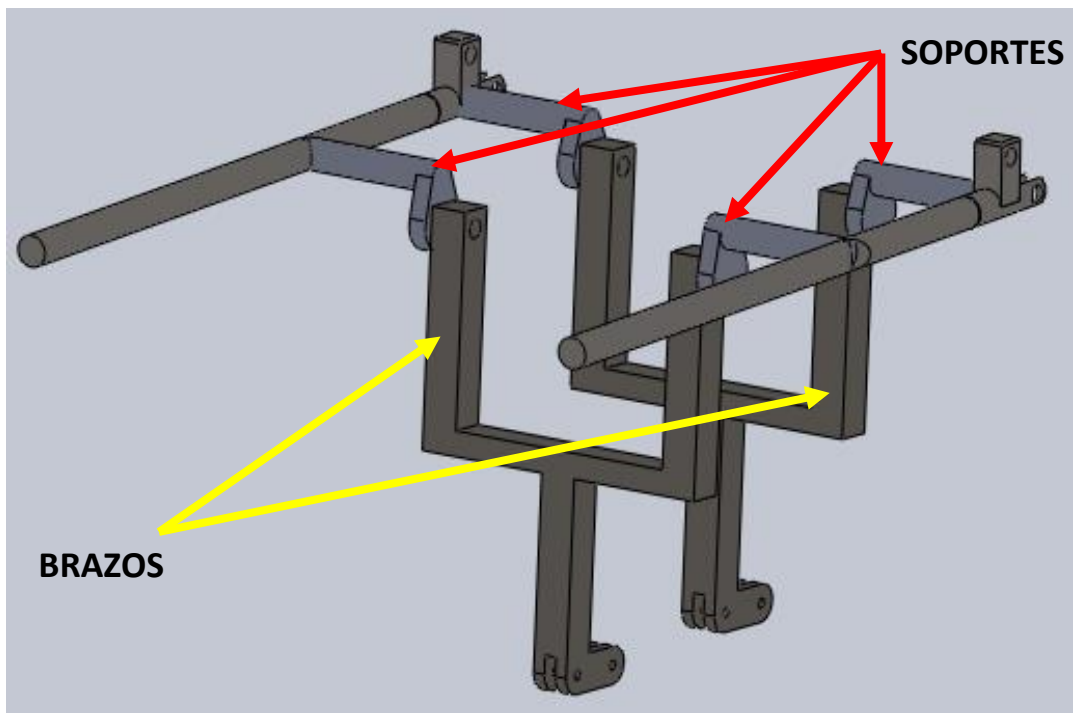


Figura 37; Brazos y soportes unidos al asiento. Fuente: Elaboración propia

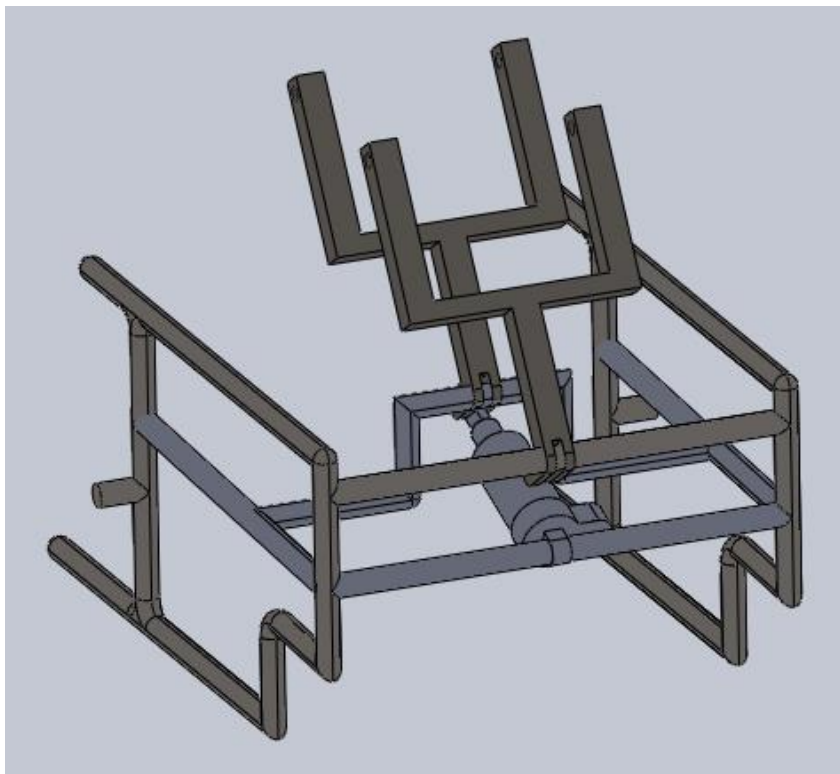


Ilustración 38; Ubicación mecanismo en el chasis. Fuente: Elaboración propia

- Después, y también en otro espacio de trabajo, realizamos el montaje de las ruedas traseras. Constan de una llanta de aluminio, una cámara y una cubierta.
- Unimos las ruedas traseras y las ruedas delanteras al chasis con los componentes y uniones originales.

- Finalmente unimos los reposapiés, reposabrazos y respaldo al conjunto también con las uniones originales para terminar el montaje de los sistemas necesarios que involucran la elevación y traslado del paciente.
- Además, se deberá realizar el montaje de los diferentes objetos que quedan fuera del análisis de este proyecto (Dependiendo de las necesidades de cada centro sanitario), como son:
 - Frenos y ruedas antivuelco

La propia silla incluye de serie frenos y ruedas antivuelco opcionales.

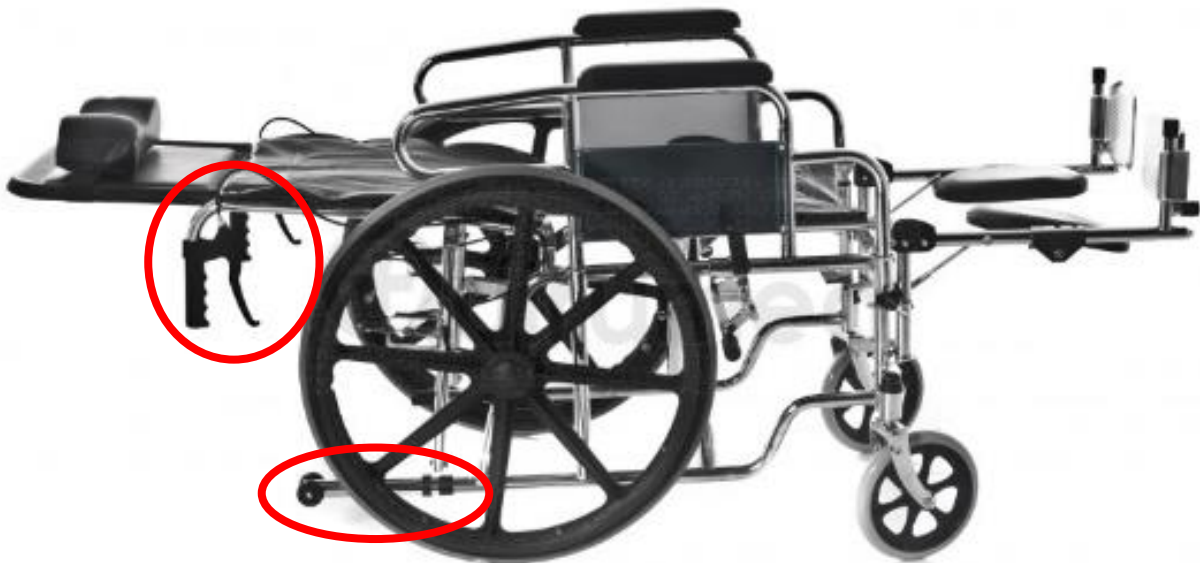


Figura 39; Ubicación de los frenos y ruedas antivuelco en la silla. Fuente: (Quirumed, Silla de ruedas de acero cromado plegable, 2017)

- Base para bombona de oxígeno

Además, incorpora una base para bombona de oxígeno que encaja perfectamente entre la parte inferior del chasis y el eje de la rueda izquierda trasera.



Figura 40; Base bombona de oxígeno. Fuente: (Quirumed, Porta botellas de oxígeno para sillas de ruedas, 2017)

7. MODELO DE NEGOCIO

a. Potenciales clientes a los que va dirigido (*segmentación del mercado*).

Como hemos dicho, la Comunidad Foral de Navarra dispone de aproximadamente 650 establecimientos sanitarios de diferentes tipos y niveles, de los cuales 335 son de carácter público y 315 de carácter privado.

Esto se traduce, en que para los centros de carácter público, el principal cliente sería Osasunbidea – SNS y por tanto el propio Gobierno de Navarra.

Por otro lado, para los centros de carácter privado, el cliente será cada director de los diferentes centros que quieran disponer de una silla.

Además, esta silla de ruedas se podría vender a los ciudadanos que así lo dispongan para uso propio en cualquier recinto o tienda ortopédica que quiera incorporar dicha silla en su catálogo de productos.

b. Presupuesto (*incluyendo el beneficio industrial, coste de la mano de obra de las diferentes categorías involucradas, materiales, amortización, etc*).

- Para la silla de ruedas, partimos de una silla que esté actualmente en el mercado a la cual le debemos hacer las menores modificaciones posibles para instalar el mecanismo hidráulico planteado. Como vemos en la página de venta online Quirumed, que suministra productos para la salud y médicos, encontramos esta silla de ruedas plegable y adaptable que cumple la mayoría de requisitos y especificaciones por un precio de 171,99 €

SILLA DE RUEDAS DE ACERO CROMADO, PLEGABLE ANCHO ASIENTO: 46 CM

★★★★★ 2 Opiniones



GRATIS

-22% 156,35 € sin IVA
220,99 € **171,99 €**

Simula aquí tu financiación
15,8€ / mes en 12 cuotas

Silla de ruedas plegable con estructura en acero cromado y asiento de 46 cm de ancho. Los reposapiés, apoyabrazos y cabezal son extraíbles para su mejor transporte y/o almacenamiento. Este modelo incorpora un eficaz sistema de frenado + info

Ref: 183-903BGC-46

Und: 1 **AÑADIR AL CARRITO**

f t p G+

Figura 41; Silla de ruedas a utilizar en el proyecto. Fuente: (Quirumed, Silla de ruedas de acero cromado plegable, 2017)

- Para las diferentes partes que componen las ruedas traseras, consultamos con el proveedor BH Sport, y nos ofrece varios productos con diferentes descuentos según el número de artículos que compremos. Estos son:
 - Llantas 18" marca Gurple
 - 1 UNIDAD 22 €
 - 100 5% DESCUENTO
 - 200 10% DESCUENTO
 - 300 15% DESCUENTO
 - 400 20% DESCUENTO
 - 500 25% DESCUENTO
 - Cubierta 18" marca CST
 - 1 UNIDAD 9 €
 - 100 5% DESCUENTO
 - 200 10% DESCUENTO
 - 300 15% DESCUENTO
 - 400 20% DESCUENTO
 - 500 25% DESCUENTO

En nuestro caso, y para los dos productos, elegimos el pedido de 500 unidades ya que incluye un descuento del 25% y los diferentes componentes nos salen a un precio la unidad de:

- Llanta 18,75 €
- Cubierta 6,75 €
- Por el contrario, para la cámara de las ruedas traseras, consultamos el portal de venta online bicimarket.com y seleccionamos una cámara de 18" de la marca Massi.



PVPR: 2,55€ **-10%**

2,30€

11

Opciones de compra

Uds. 1

Camara 18x1.75/2.12! v

Figura 42; Presupuesto cámara trasera. Fuente: (bicimarket.com, 2018)

- Para el mecanismo hidráulico recurrimos al proveedor Silverline Tools, y encontramos un sistema hidráulico capaz de elevar 2 toneladas de peso. El cuál cuesta 12,98 €.



427711

Hydraulic Bottle Jack

2 Tonne

£12.84

Sturdy all-steel construction, quick-fit handle, & safety overload valve
Heavy-duty hydraulic bottle jack is robust, stable, & safe
2 tonne lifting capacity, & a range of 158–305mm
Large sturdy base & easy height-adjustment screw
Conforms to EN1494/A1:2008

Figura 43; Gato hidráulico. Fuente: (Silverline, 2018)

- Para realizar las diferentes barras, tubos y diferentes uniones entre el mecanismo hidráulico y el chasis de nuestra silla y el asiento, acudimos a la empresa Grupinox y nos proporciona un amplio catálogo con los diferentes productos que ofrece en acero inoxidable. De ahí, obtenemos los diferentes perfiles y uniones roscadas seleccionads:

- Respecto a la mano de obra necesaria para el montaje de todas las partes, deducimos que en los presupuestos de cada parte (Silla de ruedas, gato hidráulico, perfiles) ya va incluido el beneficio industrial, la mano de obra propia y los materiales. Por lo que el último presupuesto que quedaría por añadir es el de cortar, soldar y unir todos los componentes a nuestra silla de ruedas para convertirla en elevable.

Para ello acudimos a una herrería local, Talleres Zubieta, dedicada a la instalación de estructuras metálicas, y solicitamos un presupuesto para este proyecto.

Actualmente no se trabaja con un precio fijo, por lo que debemos ajustar sus condiciones al trabajo que se debe realizar.

En primer lugar, nos dicen que los materiales necesarios para realizar el proyecto los pueden conseguir ellos y esto se añadiría al total de la factura. Por lo que, con los materiales elegidos anteriormente (tubo cuadrado, tubo redondo, chapa laminada) además de las uniones necesarias para ello (tornillos, tuercas con freno, abrazadera y material y herramienta para realizar la soldadura) les pedimos un presupuesto. En este tipo de pedidos, y dependiendo del número de piezas que se encargan a su proveedor habitual, se llegan a hacer descuentos de hasta el 25%.

A continuación, nos informan de que dentro de la mano de obra va incluido tanto las herramientas (y cordón de soldadura) y la energía necesaria para realizar la soldadura. Todo esto lo engloban en horas trabajadas, y sale a un total de 25€ por hora (cada taller y herrería tiene su propio presupuesto y depende de en qué condiciones se va a trabajar). En este caso harían falta unas cinco horas para completar todo el proceso.

Con todo esto obtenemos el presupuesto general de la silla de ruedas elevable.

Tabla 6; Presupuesto general. Fuente: Elaboración propia

	UNIDADES	COSTE
SILLA DE RUEDAS DE ACERO CROMADO	1	171,99 €
LLANTA RUEDA TRASERA	2	37,50 €
CAMARA RUEDA TRASERA	2	4,60 €
CUBIERTA RUEDA TRASERA	2	13,50 €
GATO HIDRAULICO DE BOTELLA	1	12,98 €
PERFIL TUBO CUADRADO ACERO LAMINADO EN FRIO	1,54 metros	11,83 €
PERFIL TUBO REDONDO ACERO LAMINADO EN FRIO 30mm	0,42 metros	3,55 €
PERFIL TUBO REDONDO ACERO LAMINADO EN FRIO 25mm	1,8 metros	15,23 €
CHAPA ACERO LAMINADO EN CALIENTE	0,04 metros	7,68 €
UNIONES (ABRAZADERA, TORNILLO, TUERCA)	32	6,40 €
MANO DE OBRA INCLUYENDO MATERIALES Y ENERGÍA	5 horas	125 €
TOTAL		410,26 €

8. COMPROBACION DE LAS ESPECIFICACIONES Y REDISEÑO SI ES NECESARIO

a. Grado de cumplimiento de objetivos.

Partiendo de las especificaciones y objetivos planteados inicialmente, vamos a analizar cuáles de ellos hemos logrado y cuáles de ellos hemos descartado:

- **Elevable.** Como idea principal del presente TFG, era la de crear y modificar una silla de ruedas e incorporar un sistema mecánico de elevación. Mediante los procesos detallados en el apartado 5.c conseguimos añadir a la silla de ruedas diferentes mecanismos y con ello darle la característica de elevable.
- **Respaldo reclinable.** Con la silla de ruedas elegida a modificar detallada en el apartado 5.a, en comparación con las sillas que se encuentran actualmente en los centros sanitarios, se incluye el respaldo reclinable que viene de serie en ella.
- **Reposapiés reclinable y ajustable a la altura de cada pierna.** Además del respaldo reclinable, la propia silla incorpora este tipo de reposapiés en contra posición a los reposapiés fijos que incluyen las sillas de ruedas utilizadas normalmente en los centros sanitarios.
- **Almohadilla individual para cada pierna.** A parte de que el reposapiés sea reclinable, será necesario que incluya una almohadilla para poder sujetar y fijar el gemelo y la pierna al reposapiés. Esto sirve para que la pierna no quede colgando desde el reposapiés al asiento y quede en tensión en su colocación horizontal.
- **Reposapiés individual para cada pierna.** También que el reposapiés y la almohadilla sean individuales, hace que cada pierna quede a la altura deseada dependiendo el tipo de dolencia que tenga cada paciente. Ambos aspectos quedan solucionados con los que incorpora la silla de ruedas elegida en el TFG.
- **Diámetro de rueda trasera menor a la altura mínima del asiento respecto al suelo.** Este objetivo también está conseguido con las nuevas ruedas traseras de 18" de diámetro. Esto nos permite realizar el traslado silla-camilla sin ningún objeto en el espacio necesario para la maniobra.
- **Reposabrazos abatible o extraíble.** Como podemos ver en el apartado 5.a, dentro de las características originales de la silla elegida en este TFG se incorporan reposabrazos extraíbles. Esto, al igual que disminuyendo el diámetro de las ruedas traseras, nos facilita la maniobra y labor tanto del personal sanitario como del propio paciente.
- **Silla plegable.** Uno de los puntos a considerar era el de hacer la silla plegable y combinar este mecanismo con el sistema hidráulico de elevación. Por conflictos de espacio en el diseño planteado como solución, primamos el objetivo principal de añadir a la silla de ruedas un sistema de elevación y descartamos la posibilidad de que el chasis y la propia silla tenga la característica de plegado.

- **Ancho total de la silla menor de 62,5 cm.** Al realizar la elección de la nueva silla de ruedas a modificar, partimos de un ancho total de silla de 65 cm que con el diseño planteado no logramos disminuir. Es por lo que esta solución no cabrá por la puerta de menor dimensión, que es de 62,5 cm, aunque en todos los centros sanitarios se disponen de puertas cuyo ancho es siempre mayor a 65 cm.
- **Peso de la silla menor a 35 kg.** Como último objetivo planteado era el de no sobrepasar los 35 Kg de peso total de la silla de ruedas. Al añadir al chasis inicial ciertos perfiles, mecanismos de unión y movimiento, el peso neto final de la silla de ruedas resultante es mayor a los 26 Kg del producto de partida. En particular, el peso final es de 35,7 Kg.

SILLA: 26 Kg
HIDRAULICO: 2,3 Kg
PERFILES: 6,4 Kg
UNIONES: 1 Kg
TOTAL = 35,7 Kg

b. Rediseño de un elemento.

Mediante el complemento de diseño del programa Solidworks, "SOLIDWORKS Simulation", realizamos un cálculo por elementos finitos de una de las piezas críticas de la silla de ruedas. Esta pieza, será una de las que más cargas y esfuerzos soporte, por lo que será de gran importancia ver cómo afectan las fuerzas sobre esta pieza con los materiales y dimensiones elegidos.

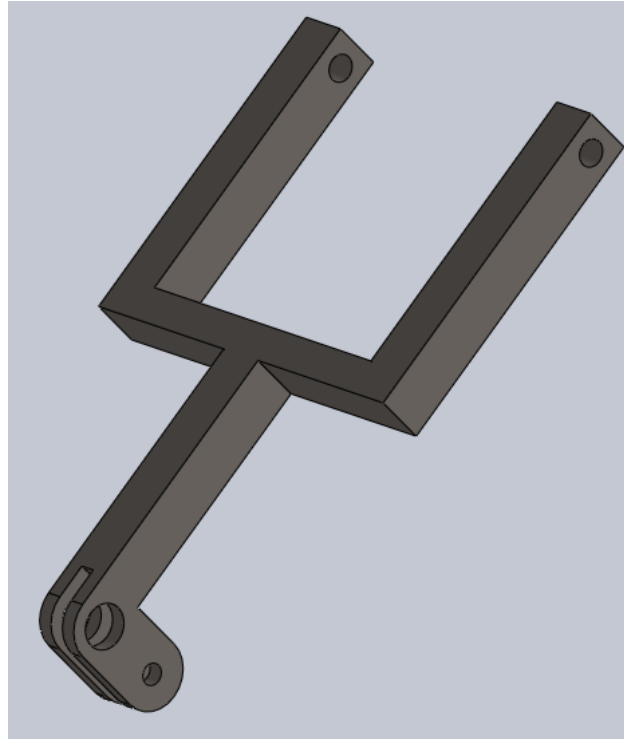


Figura 44; Brazo impulsor. Fuente: Elaboración propia

Para definir los parámetros de estudio, recurrimos a la tabla de valores utilizada anteriormente para ver los valores de las cargas según los ángulos con respecto a la horizontal, deducida con el programa Analytix.

Introducimos las cargas en cada punto, fijamos el material a Acero AISI 304, realizamos la malla y el programa nos devuelve estos resultados:

TENSIONES VON MISSES

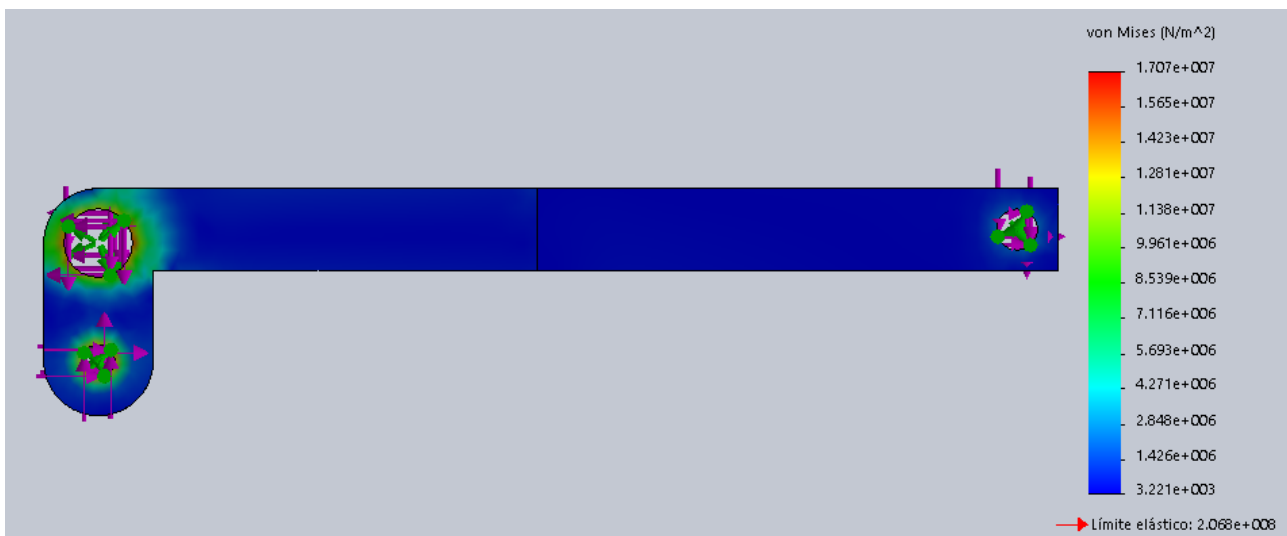


Figura 45; Representación por elementos finitos de las tensiones de Von Misses. Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver, el límite elástico del material ($2,068 \text{ e}^8 \text{ N/m}^2$) es mayor a los valores de las tensiones de Von Mises resultantes, cuya tensión de Von Mises mayor es de $1,707 \text{ e}^7 \text{ N/m}^2$. Además, observamos que las tensiones máximas se ejercen sobre la unión de los perfiles perpendiculares.

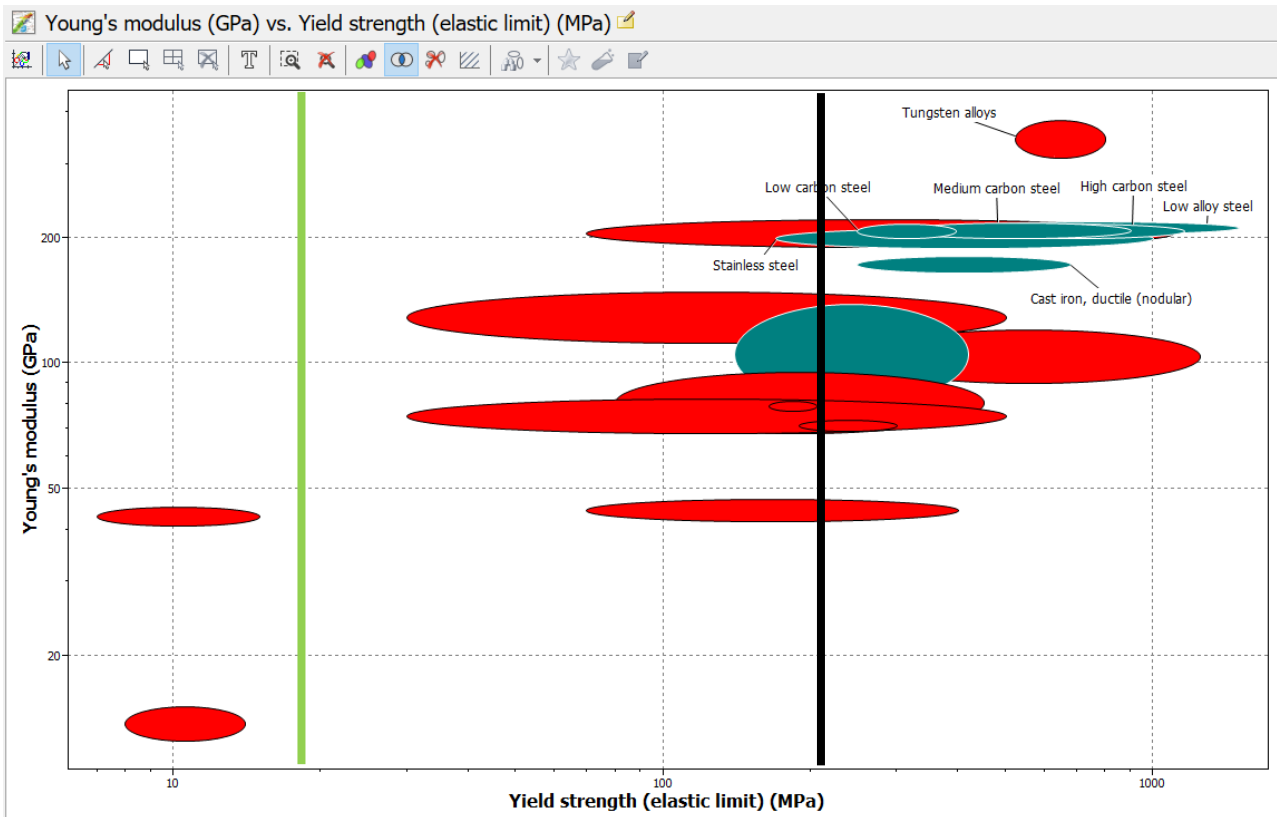


Figura 46; Mapa de burbujas Módulo de Young frente límite elástico. Fuente: CES Edupack

DESPLAZAMIENTOS

Esta imagen, nos muestra los desplazamientos que afectarán a las diferentes partes de la pieza.

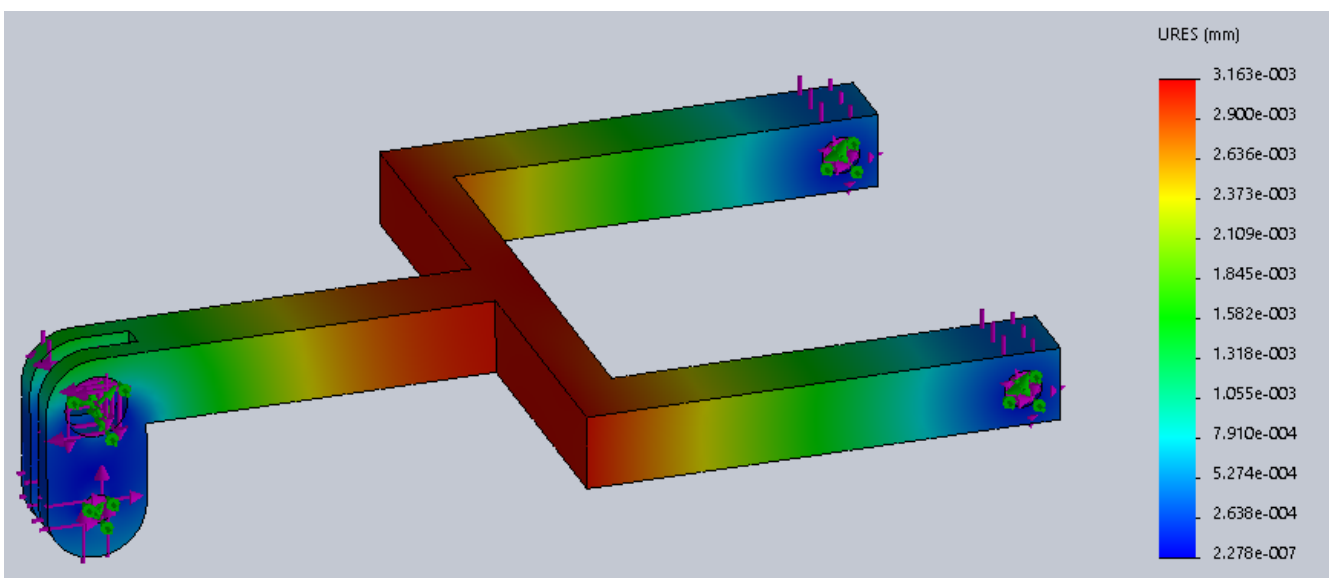


Figura 47; Representación por elementos finitos de las deformaciones unitarias. Fuente: Elaboración propia

El máximo valor de desplazamiento que tendrá la pieza es de 3.163 micrómetros ($3,163 \cdot 10^{-3}$ mm) y viene dado en la parte central de la barra, en la bifurcación de los perfiles. En el punto más alejado entre las uniones de ese eje.

Estos valores son prácticamente imperceptibles para el uso que vamos a dar a estos perfiles, por lo que el material y dimensiones elegidas son los correctos para esta aplicación.

De todos modos, y una vez analizamos estos datos, podemos plantear un rediseño a esta pieza para ver minimizados estas tensiones y desplazamientos.

El rediseño consiste en darle a todas las uniones y aristas un redondeo específico, ya que al ser concentradores de tensiones, localmente, los valores de las tensiones se ven aumentados, y por tanto serían posibles puntos críticos de entrar en la zona plástica y de rotura.

9. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

Una vez finalizado el presente proyecto y habiendo intentado cubrir la mayoría de especificaciones y objetivos planteados, vamos a dejar una serie de propuestas que se pueden ir desarrollando en torno a nuestra idea de TFG.

- El proyecto queda en la fase de diseño y comprobación de ciertas especificaciones. Dentro de los primeros pasos a seguir, es el de realizar un prototipo para ver si realmente es factible nuestra silla de ruedas elevable y realizar un cálculo y análisis de la resistencia de todas las piezas que estarán sometidas a las cargas más desfavorables, aparte de la explicada anteriormente.

La elección de materiales y perfiles cumple los requisitos de la pieza analizada en el apartado de rediseño, y con estas dimensiones y materiales lo extrapolamos a los demás perfiles que formarán el cuerpo y sistema de elevación de la silla de ruedas. Así, la elección final de los diferentes perfiles queda en fase de futuros análisis.

- Reestudio de movimiento del sistema de elevación: de las tres posibles soluciones evaluadas en este proyecto, no quiere decir que sea la correcta ninguna de las tres. Para nuestro caso hemos elegido la más apropiada de las tres analizadas. Esto significa que puede haber otras soluciones mejores que no hemos considerado en nuestro análisis.

Otro punto que evaluar y mejorar puede ser el de realizar un nuevo estudio y desarrollar una nueva solución en la que debamos aportar menor fuerza para elevar al paciente. Ya sea mediante un mecanismo con medidas similares al desarrollado en el presente proyecto o con otros como puede ser colocando un sistema hidráulico en posición vertical y elevar el asiento verticalmente.

- Silla de ruedas plegable: como ya sabemos, en la actualidad la mayoría de las sillas de ruedas disponibles en el mercado tienen la característica de ser plegables. Es por ello, que un buen desarrollo y avance del proyecto sería el de combinar el sistema de elevación de la silla con el sistema de plegado.

- Compatibilizar el diseño del sistema de elevación para sillas con reposabrazos abatibles y sillas de ruedas de diferentes características: otro proceso futuro será el de estandarizar y compatibilizar el diseño del presente TFG con otras sillas de ruedas comercializadas en la actualidad que tengan diferentes medidas y características.

- Reducir el ancho total de la silla de ruedas. Como consecuencia al punto anterior, si se logra estandarizar el diseño en sillas de ruedas con un ancho total menor a 62,5 cm conseguiremos que nuestra silla pueda pasar por los diferentes anchos de puerta incluida la de menor anchura.

- Reducción de peso: Un punto fuerte a revisar en el futuro, es el de realizar una nueva elección de materiales, perfiles y mecanismos para intentar reducir al máximo posible el peso final de la silla de ruedas. Esto permitirá un mejor manejo de la silla por parte del personal sanitario como del propio paciente. Ya que se verá reducida la fuerza que se tendrá que aplicar para desplazarla.

- Analizar el método para incorporar el portasuero: Otro de los objetos necesarios que debe incorporar una silla de ruedas dependiendo del estado de gravedad del paciente es el del

palo de gotero. En nuestro caso, al ser una silla de ruedas con respaldo abatible, tenemos la dificultad de encontrar una ubicación en la silla en la que el palo quede colocado verticalmente. La sujeción de este accesorio a la silla de ruedas se realiza mediante unos acoples ubicados en el eje de la rueda trasera derecha, y en la barra derecha del respaldo en su parte trasera.



Figura 48; Ubicación palo de gotero. Fuente: (Quirumed, Palo de gotero para silla de ruedas, 2017)

Solucionándolo, evitaríamos la labor de una segunda persona familiar al paciente o personal sanitario que deberá llevar un palo de gotero móvil junto a la silla de ruedas.

- Contactar con diferentes proveedores de sillas de ruedas y gatos hidráulicos para recibir información de sus descuentos. Para el presente proyecto contactamos con varios proveedores que nos muestran sus ofertas y nos hacen reducir el precio final de la silla de ruedas en vez de comprar unidades al por menor. Consultar proveedores de sillas de ruedas y gatos hidráulicos nos hará reducir este presupuesto sin modificar las características finales de la silla y será más competente en el mercado.

- Probar la silla con personal de los centros sanitarios: sería ideal poder agrupar cierto número de trabajadores que en el futuro vayan a utilizar la silla y ver como se desenvuelven con el sistema de elevación y la propia silla.

Analizar la ergonomía de los movimientos que se harán con el nuevo traslado silla-camilla y ponerse en la piel del propio paciente. Además, podremos ver si sus comentarios y valoraciones sobre la silla son positivos o negativos.

10. BIBLIOGRAFIA

- AlacerMas. (2018). *Abrazadera*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <http://www.alacermas.com/productos.php?categoria=1&subcategoria=26&gama=1&producto=132>
- AyudasDinámicas. (2018). *Productos para una mayor independencia*. Recuperado el 14 de Febrero de 2018, de <https://www.ayudasdinamicas.com/silla-de-ruedas-basculante-de-aluminio-plegable-vip/>
- bicimarket.com. (2018). *Never ride alone!* Recuperado el 30 de Abril de 2018, de <https://www.bicimarket.com/Ruedas-y-cubiertas-Camaras-Massi-Camara-18x1-75-2-125-p14230.html>
- Budynas, R. (2012). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY (9ª ed)*. McGraw-Hill.
- Dassault Systemes S.A., S. (2018). Introducción a SOLIDWORKS. *Manual*.
- Entaban. (2018). *Tornillo hexagonal*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de Suministros industriales: https://entaban.es/hexagonales/138-tornillo-hexagonal-din-933-inoxidable-a-2.html#/longitud_tornillo_mm-40/metrica_tornillo-5
- Entaban. (2018). *Tuerca autoblocante*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de Suministros industriales: <https://entaban.es/autoblocantes/164-tuerca-autoblocante-din-985-inoxidable-a-2.html>
- Geriatría. (2015). *Geriatría SCI. La boutique de la salud*. Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de <https://www.sci-geriatria.com/catalogo/sillas-ruedas/plegables/aluminio/reclinable-bb/>
- GIVAS. (2018). *Health human comfort*. Recuperado el 3 de Enero de 2018, de http://www.givas.it/IT/prodotti/Barelle/Barelle_multifunzionale/BARELLA_AD_UNA_COLONNA_SEATLINE_VARIABILE_CON_TRENDELENBURG_SU_COLONNA-BT2400-55605/
- Grupinox. (2015). Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <http://www.grupinox.com/es/productos/tuberia/Tubo-Cuadrado/>
- Grupinox. (2015). *Chapa laminada en caliente*. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <http://www.grupinox.com/es/productos/producto-plano/Chapa-laminada-en-caliente-acabado-N1-00001/>
- Grupinox. (2015). *Tubo redondo*. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <http://www.grupinox.com/es/productos/tuberia/Tubo-Redondo/>
- Issuu. (2017). Recuperado el 21 de Febrero de 2018, de https://issuu.com/quirumed/docs/catalogo_ing_comp_red/107
- Juvinall, R. C. (2013). *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS (2ª ed)*. Limusa Wiley.

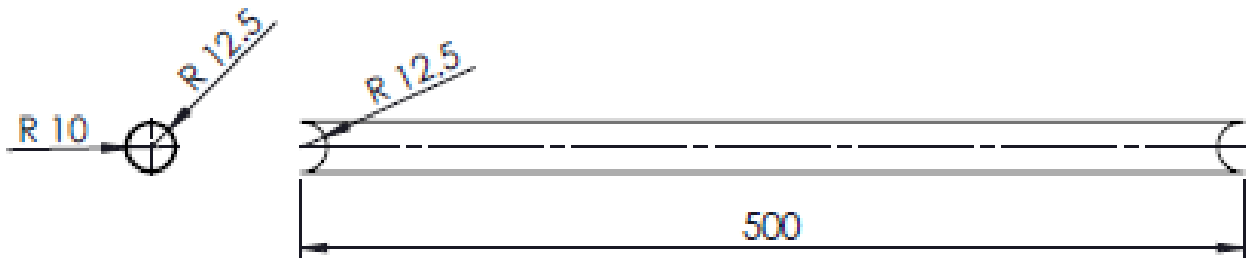
- MediCare. (2018). Recuperado el 18 de Enero de 2018, de <http://www.medicare.com.mx/Silla%20de%20ruedas%20el%C3%A9ctrica%20con%20asiento%20elevable%20modelo%20Jazzy%20Air.htm>
- Mimas. (2014). *Ortopedia Mimas*. Recuperado el 16 de Febrero de 2018, de <https://www.ortopediamimas.com/sillas-de-ruedas-electricas/accesorios/5509-reposapiés-elevables-silla-de-ruedas-breezy-y-quickie.html>
- navarrohermanos.es. (2018). *Navarro Hnos*. Recuperado el 4 de Mayo de 2018, de <https://navarrohermanos.es/rueda-bici-trasera-18x175-r450-aluminio-84852.html>
- Norton, R. L. (2013). *DISEÑO DE MAQUINARIA (5ª ed)*. McGraw-Hill.
- Pinterest. (2018). Recuperado el 8 de Febrero de 2018, de <https://www.pinterest.es/pin/315885361334942947/>
- Quirumed. (2017). *Palo de gotero para silla de ruedas*. Recuperado el 26 de Abril de 2018, de <https://www.quirumed.com/es/palo-de-gotero-para-silla-de-ruedas.html>
- Quirumed. (2017). *Porta botellas de oxígeno para sillas de ruedas*. Recuperado el 7 de Mayo de 2018, de <https://www.quirumed.com/es/porta-botellas-de-oxigeno-para-silla-de-ruedas.html>
- Quirumed. (2017). *Silla de ruedas de acero cromado plegable*. Recuperado el 5 de Febrero de 2018, de https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-de-acero-cromado-plegable.html?sid=55856¤cy=EUR&gclid=EAlaIqobChMIkdSVlcfM1gIVDh4bCh2YSg84EAQYBSABEgLo3_D_BwE
- Quirumed. (2017). *Silla de ruedas de acero plegable y autopropulsable*. Recuperado el 10 de Enero de 2018, de https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-de-acero-plegable-y-autopropulsable.html?sid=49896¤cy=EUR&gclid=EAlaIqobChMIkdSVlcfM1gIVDh4bCh2YSg84EAQYCyABEgIZyvD_BwE
- SaludNavarra. (2018). *Gobierno de Navarra*. Recuperado el 24 de Enero de 2018, de <https://administracionelectronica.navarra.es/gdn.recess.web/ctaCentrosSanitarios.aspx>
- Silverline. (2018). Recuperado el 7 de Marzo de 2018, de <http://www.silverlinetools.com/en-GB/Products/Automotive/Workshop%20Equipment/427711>
- Tecnomed. (2017). *TECNOMED 2000 electromedicina*. Recuperado el 4 de Enero de 2018, de <https://tecnomed2000.com/producto/camilla-metalica-hidraulica-con-3-cuerpos-copia/>
- Wikipedia. (17 de Mayo de 2018). *Silla de ruedas*. Recuperado el 21 de Mayo de 2018, de 2018: https://es.wikipedia.org/wiki/Silla_de_ruedas
- Youtube. (30 de Julio de 2010). *Sillas de ruedas como se fabrican*. Recuperado el 26 de Abril de 2018, de <https://www.youtube.com/watch?v=mNSENZ6NBYk>

Youtube. (2011). *Silla de ruedas neurológica*. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <https://www.bing.com/videos/search?q=reposabrazos+extraibles&&view=detail&mid=BB6078E75DC66492E8E8BB6078E75DC66492E8E8&&FORM=VRDGAR>

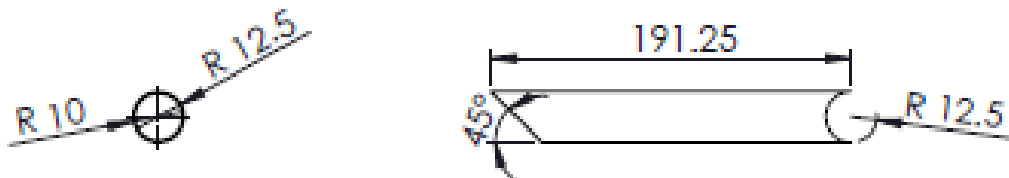
11. ANEXOS

a. Planos de fabricación

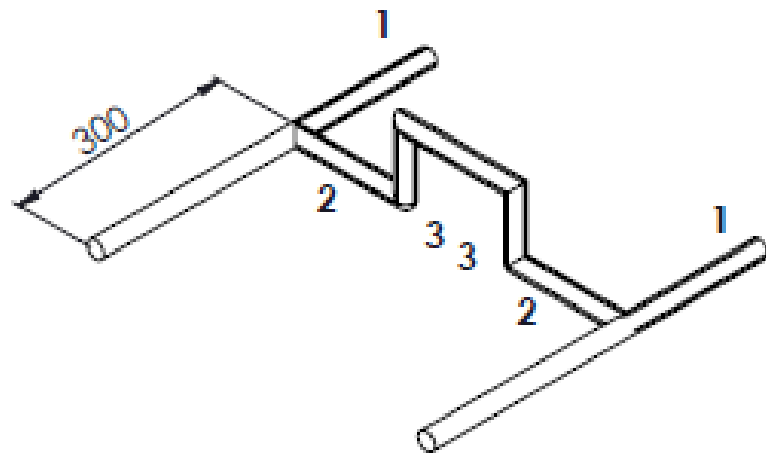
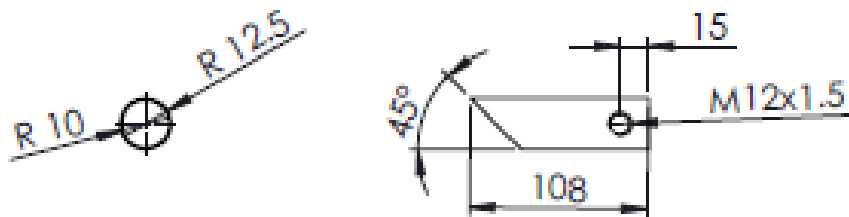
1



2



3



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
EN DISEÑO MECÁNICO

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECÁNICA, ENERGÉTICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO DE UN MECANISMO PARA FACILITAR
EL USO DE UNA SILLA DE RUEDAS POR PARTE
DEL PACIENTE Y DEL PERSONAL SANITARIO

REALIZADO:

RESA ZUBIETA, CARLOS

FIRMA:

PLANO:

PERFILES

FECHA:

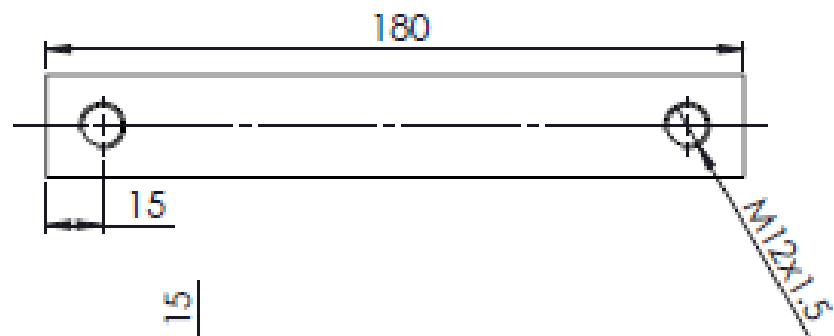
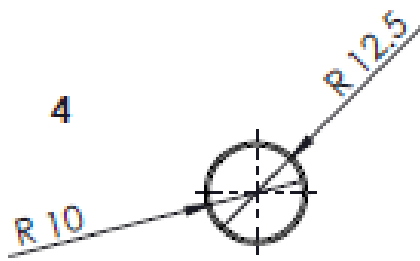
25/05/18

ESCALA:

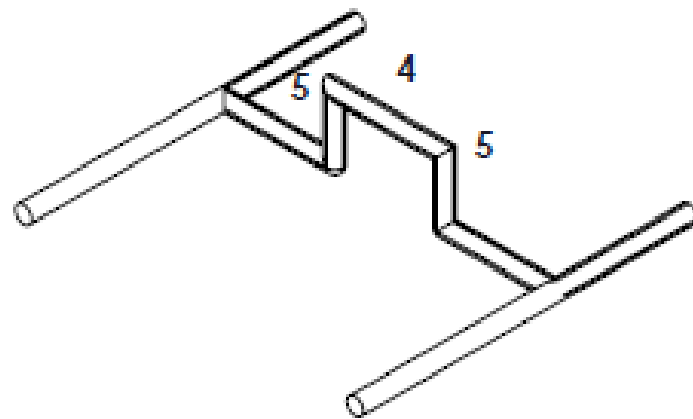
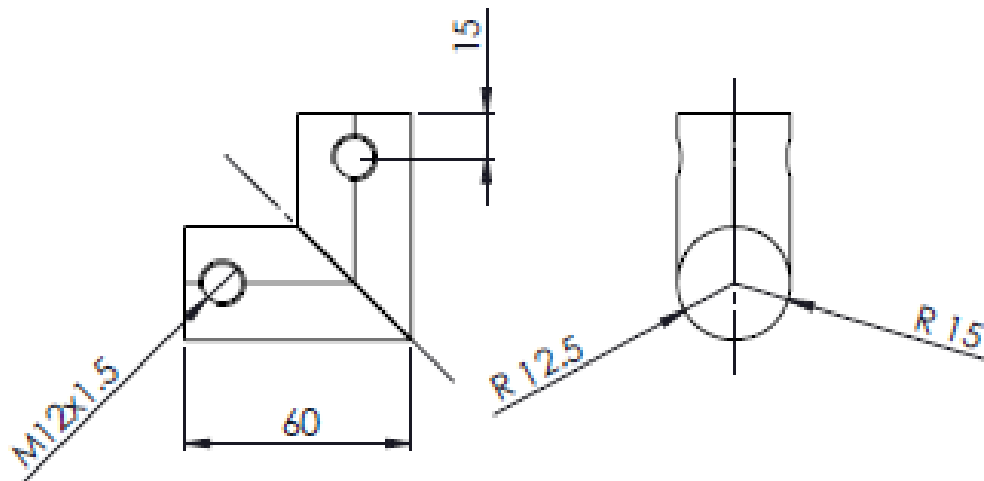
1:4

Nº PLANO:

1.1



5



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
EN DISEÑO MECÁNICO

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECÁNICA, ENERGÉTICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO DE UN MECANISMO PARA FACILITAR
EL USO DE UNA SILLA DE RUEDAS POR PARTE
DEL PACIENTE Y DEL PERSONAL SANITARIO

REALIZADO:

RESA ZUBIETA, CARLOS

FIRMA:

PLANO:

PERFILES

FECHA:

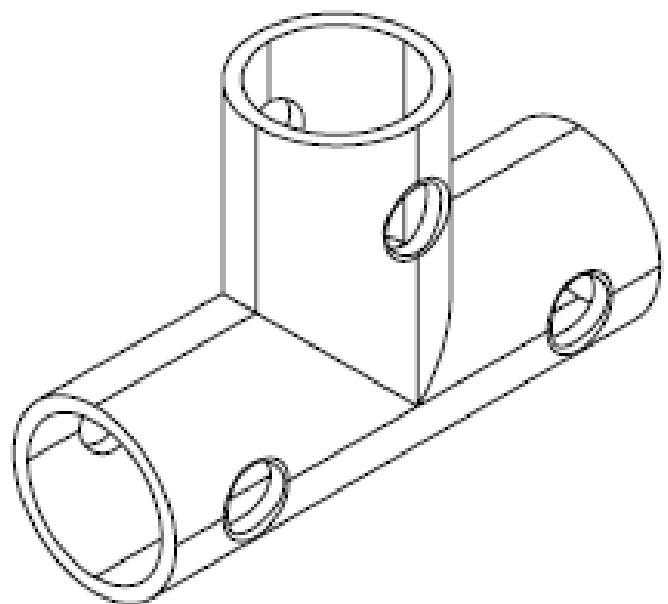
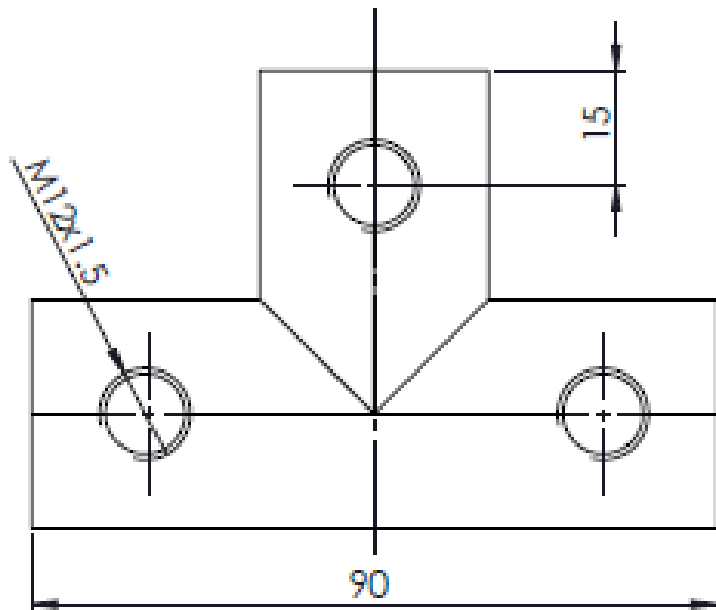
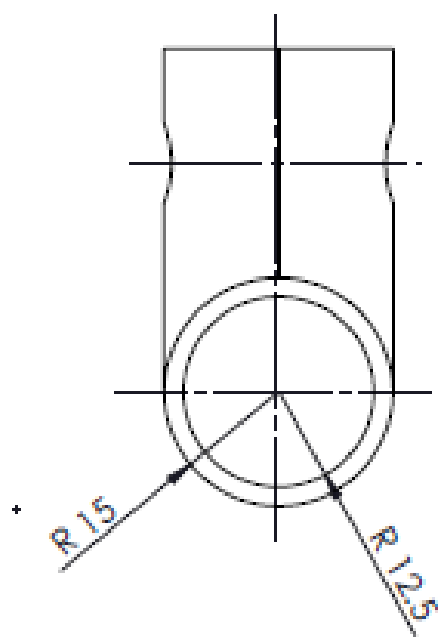
25/05/18

ESCALA:

1:2

Nº PLANO:

1.2



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
EN DISEÑO MECANICO

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO DE UN MECANISMO PARA FACILITAR
EL USO DE UNA SILLA DE RUEDAS POR PARTE
DEL PACIENTE Y DEL PERSONAL SANITARIO

REALIZADO:

RESA ZUBIETA, CARLOS

FIRMA:

PLANO:

UNIÓN EN T

FECHA:

25/05/18

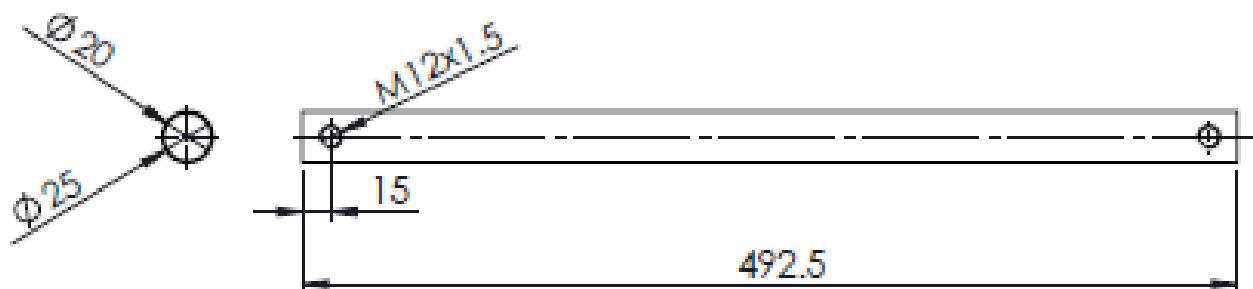
ESCALA:

1:1

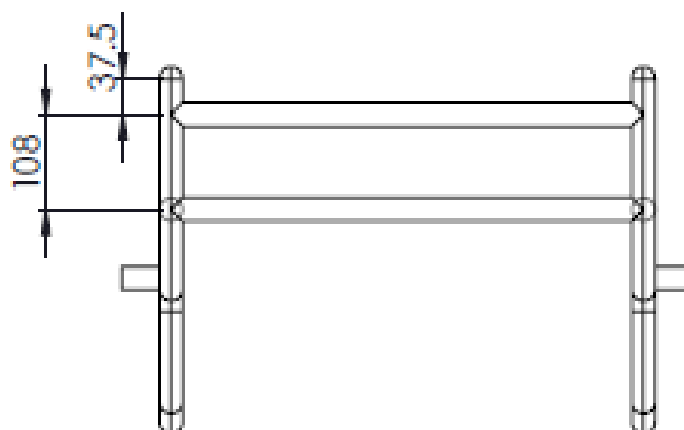
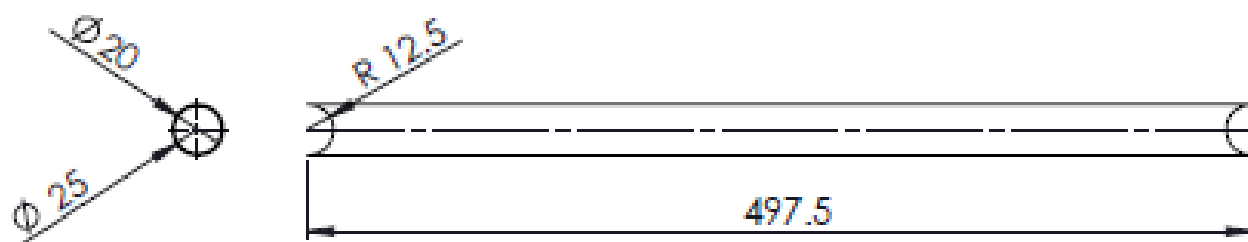
Nº PLANO:

2

PERFIL FRONTAL SUPERIOR



PERFIL FRONTAL INFERIOR



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO
EN DISEÑO MECANICO**

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**DISEÑO DE UN MECANISMO PARA FACILITAR
EL USO DE UNA SILLA DE RUEDAS POR PARTE
DEL PACIENTE Y DEL PERSONAL SANITARIO**

REALIZADO:

RESA ZUBIETA, CARLOS

FIRMA:

PLANO:

PERFILES FRONTALES

FECHA:

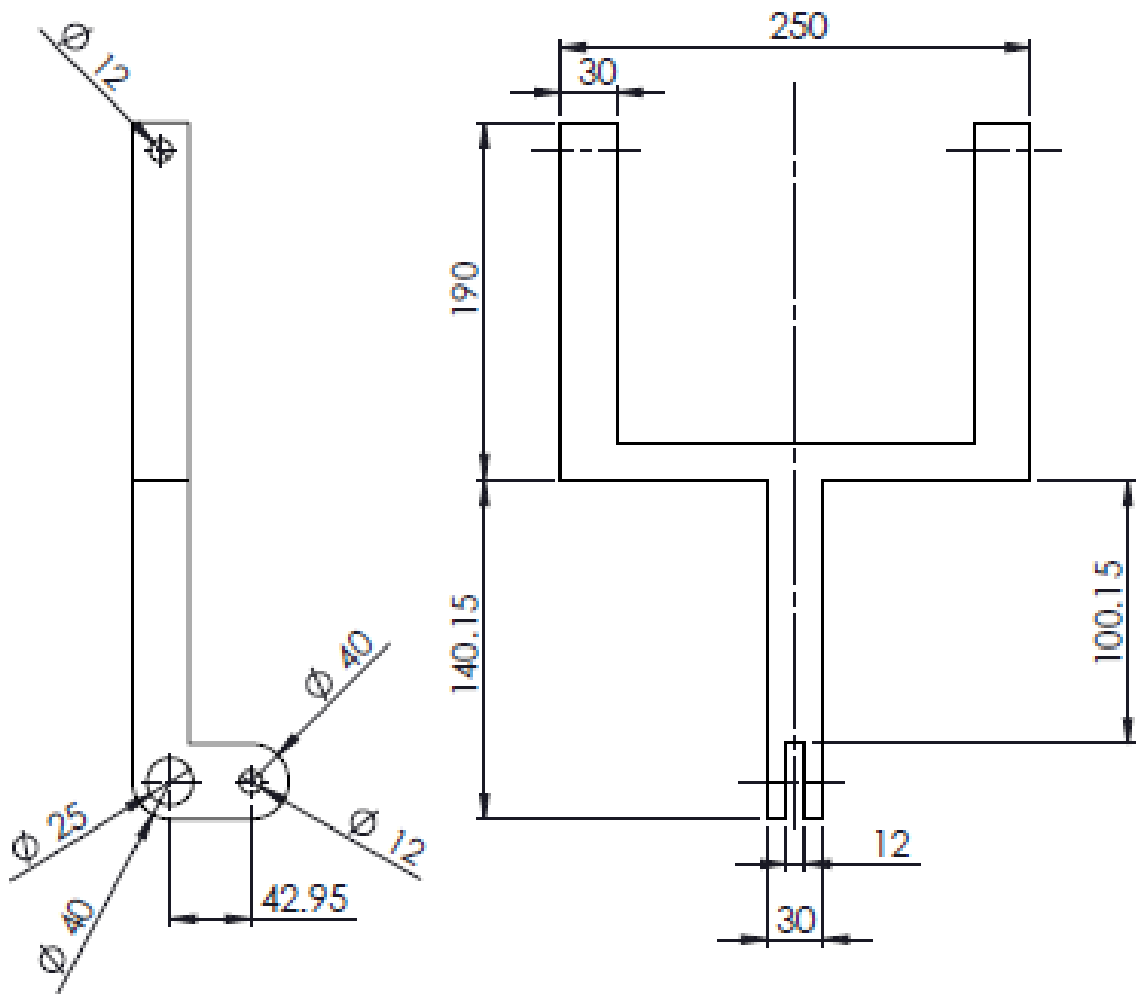
25/05/18

ESCALA:

1:4

Nº PLANO:

3



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
EN DISEÑO MECÁNICO

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECÁNICA, ENERGÉTICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO DE UN MECANISMO PARA FACILITAR
EL USO DE UNA SILLA DE RUEDAS POR PARTE
DEL PACIENTE Y DEL PERSONAL SANITARIO

REALIZADO:

RESA ZUBIETA, CARLOS

FIRMA:

PLANO:

BRAZO

FECHA:

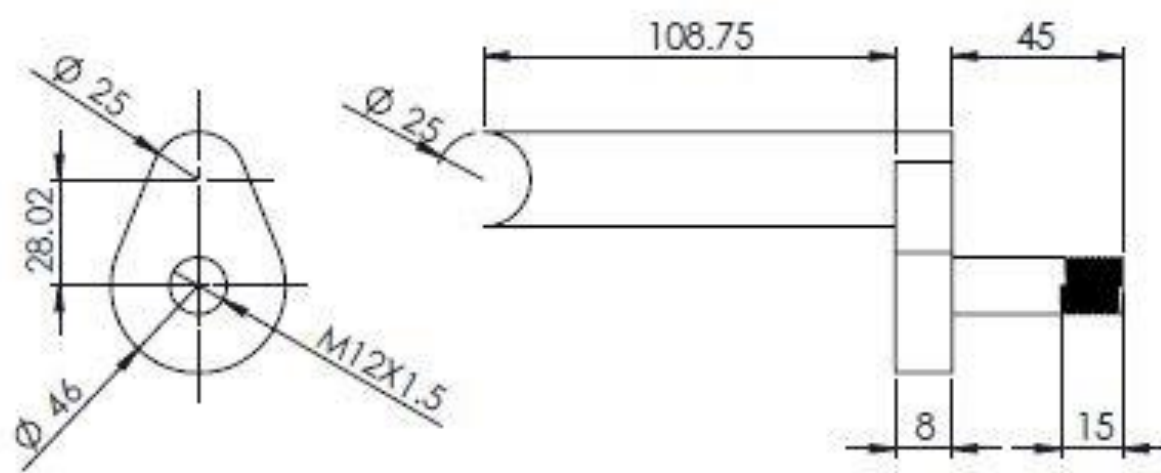
25/05/18

ESCALA:

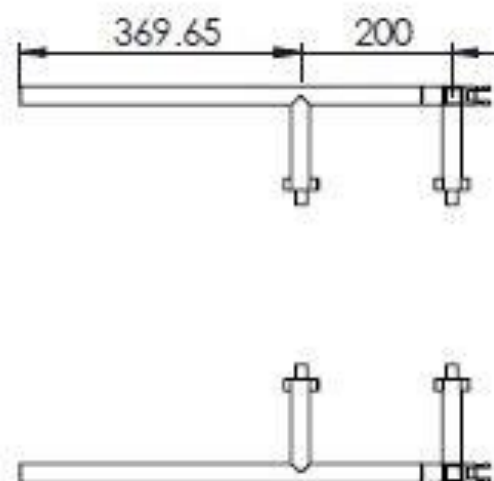
1:4

Nº PLANO:

4



NECESITAMOS CUATRO PIEZAS DE ESTE TIPO PARA FORMAR LA ESTRUCTURA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
EN DISEÑO MECANICO

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO DE UN MECANISMO PARA FACILITAR
EL USO DE UNA SILLA DE RUEDAS POR PARTE
DEL PACIENTE Y DEL PERSONAL SANITARIO

REALIZADO:

RESA ZUBIETA, CARLOS

FIRMA:

PLANO:

UNION BARRA

FECHA:

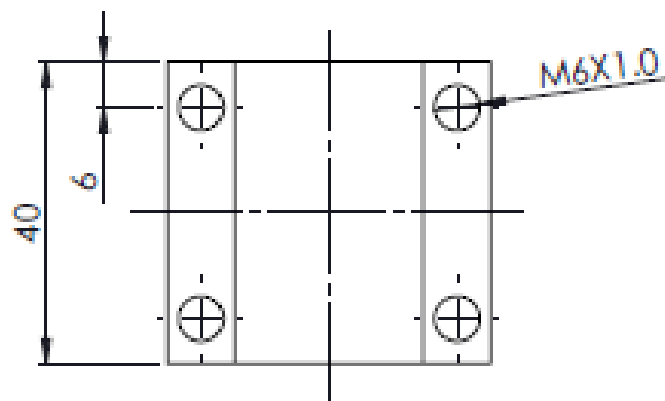
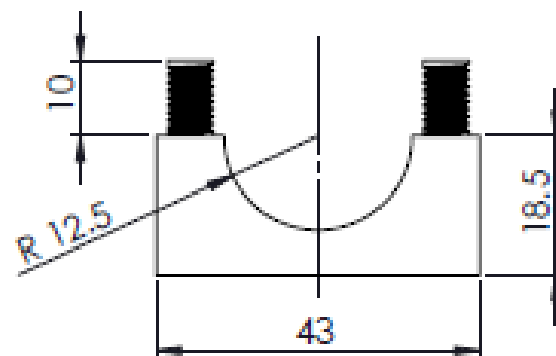
25/05/18

ESCALA:

1:2

Nº PLANO:

5



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
EN DISEÑO MECÁNICO

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECÁNICA, ENERGÉTICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO DE UN MECANISMO PARA FACILITAR
EL USO DE UNA SILLA DE RUEDAS POR PARTE
DEL PACIENTE Y DEL PERSONAL SANITARIO

REALIZADO:

RESA ZUBIETA, CARLOS

FIRMA:

PLANO:

PLETINA

FECHA:

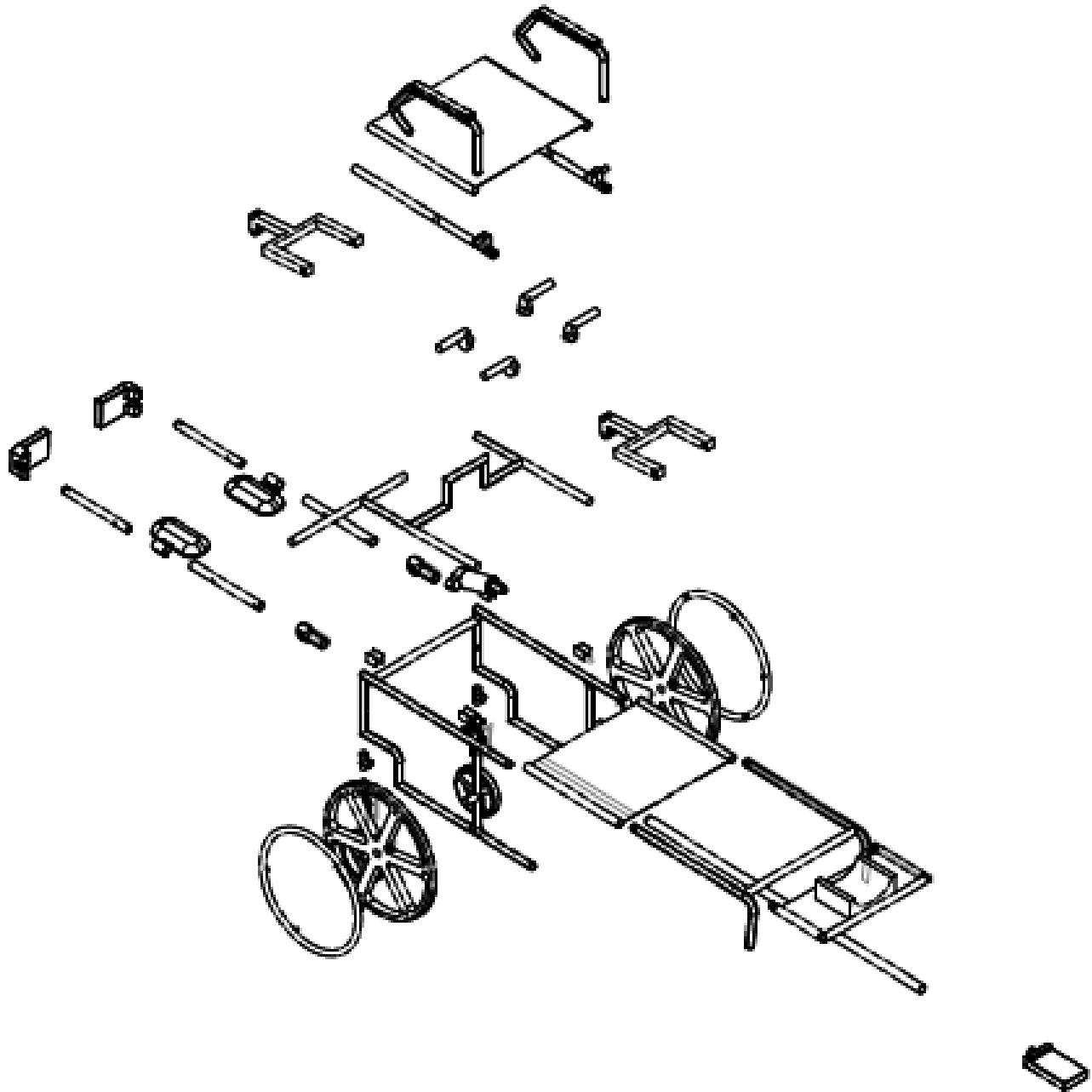
25/05/18

ESCALA:

1:1

Nº PLANO:

6



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO
EN DISEÑO MECÁNICO**

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE ING.
MECÁNICA, ENERGÉTICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO DE UN MECANISMO PARA FACILITAR
EL USO DE UNA SILLA DE RUEDAS POR PARTE
DEL PACIENTE Y DEL PERSONAL SANITARIO**

REALIZADO:

RESA ZUBIETA, CARLOS

FIRMA:

PLANO:

EXPLOSIONADO

FECHA:
25/05/18

ESCALA:
1:20

Nº PLANO:
7

- b. Documentación de los elementos comerciales integrados en el diseño.

Silla de ruedas

DESCRIPCIÓN	ACCESORIOS
<ul style="list-style-type: none">- Silla plegable.- Tapizado textil.- Estructura de acero cromado de alta resistencia.- Bolsillo portadocumentos trasero.- Sistema de frenado (en ambas ruedas).- Apoya brazos extraíbles.- Reposapiés extraíbles y elevables en múltiples posiciones (máximo 90°).- Cabezal extraíble.- Piezas de acolchado del cabezal.	
<p>Medidas</p> <ul style="list-style-type: none">- Ancho total: 65cm- Ancho plegada: 30cm- Ancho del respaldo: 46cm- Diámetro de la rueda trasera: 59cm- Rueda delantera: 20cm- Altura del asiento al suelo: 51cm- Alto total: 96cm- Largo total : 118cm- Largo del asiento: 42cm- Largo del respaldo: 82cm- Peso máximo soportado: 110 Kg- Peso de la silla: 26Kg	

Certificaciones de calidad de la silla de ruedas

Quirumed cuenta con el certificado ISO9001, lo que reconoce que nuestros productos y procesos satisfacen las exigencias de nuestros clientes y cumplimos con todas las normativas administrativas aplicables a nuestro negocio.

Todos nuestros productos han pasado los más estrictos controles de calidad. Los productos sanitarios disponen de marcado CE, obligatorio para la venta y comercialización de productos médicos y para la salud en la Unión Europea.

Certificación de sistemas de gestión de la calidad ISO 9001

ISO 9001. Te hace grande

Además de ser una plataforma ideal desde la que avanzar hacia otras certificaciones de sistemas de gestión del medio ambiente, la seguridad o la responsabilidad social, ISO 9001 permite a la pequeña y mediana empresa situarse al nivel de las más grandes, equiparándose en eficiencia y compitiendo en igualdad de posibilidades en el agresivo mercado actual.

Gracias a la implantación de un Sistema de Gestión de la Calidad según la norma UNE-EN ISO 9001, la organización demuestra su capacidad para proporcionar de forma coherente productos o servicios que satisfacen los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables.

Entre otras ventajas, tiene la posibilidad de cumplir con clientes que, cada vez más, requieren proveedores certificados, aumentar la posibilidad de incrementar sus ventas en la Unión Europea, mejorar los sistemas de calidad propios, así como la documentación y los proveedores en cuanto a desempeño, e igualmente generar una mayor confianza entre proveedores y clientes.

Esta norma internacional promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implanta y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, basado a su vez en el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar).

Beneficios ante el mercado:

Mejorar la imagen de los productos y/o servicios ofrecidos.

Favorecer su desarrollo y afianzar su posición.

Ganar cuota de mercado y acceder a mercados exteriores gracias a la confianza que genera entre los clientes y consumidores.

Beneficios ante los clientes:

Aumento de la satisfacción de los clientes.

Eliminar múltiples auditorías con el correspondiente ahorro de costes.

Acceder a acuerdos de calidad concertada con los clientes.

Beneficios para la gestión de la empresa:

Servir como medio para mantener y mejorar la eficacia y adecuación del sistema de gestión de la calidad, al poner de manifiesto los puntos de mejora.

Cimentar las bases de la gestión de la calidad y estimular a la empresa para entrar en un proceso de mejora continua.

Aumentar la motivación y participación de personal, así como mejorar la gestión de los recursos.

http://www.aenor.es/aenor/certificacion/calidad/calidad_9001.asp

Las sillas de ruedas están recogidas en la norma ISO 9999:2016.

Assistive products for persons with disability -- Classification and terminology

Además, tienes una trasposición en UNE-EN ISO 9999:2017 Productos de apoyo para personas con discapacidad. Clasificación y terminología. (ISO 9999:2016).

Norma UNE-EN 1494:2001, con título “Gatos móviles o portátiles y equipos de elevación asociados.”

<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0043234>

<http://automantenimiento.net/mecanica/calidades-en-tornilleria/>

Gato hidráulico de botella

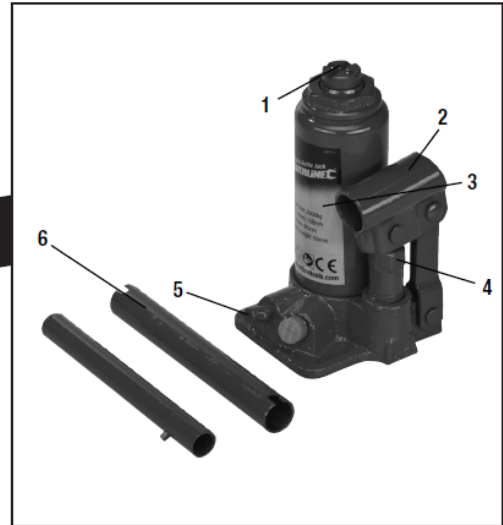
427711



SILVERLINE[®]

Hydraulic Bottle Jack

2 Tonne



GB Hydraulic Bottle Jack

FR Cric-bouteille hydraulique

DE Hydraulischer Wagenheber

ES Gato hidráulico de botella

IT Cric idraulico a bottiglia

NL Hydraulische potkrik



Características del producto

- 1) Tope elevador
- 2) Receptáculo para el mango
- 3) Cilindro elevador
- 4) Cilindro de bombeo
- 5) Válvula de liberación
- 6) Mangos

Características técnicas

Capacidad nominal máxima: 2.000 kg (2 toneladas)
 Altura mínima: 158 mm
 Altura máxima: 308 mm
 Altura de elevación: 90 mm
 Ajuste del tope elevador: 21 mm
 Diámetro del tope elevador: 60 mm
 Diámetro del cilindro: 23 mm
 Dimensiones (L x An x A): 94 x 90 x 158 mm
 Peso: 2,3 kg
 Tipo de aceite: Hidráulico de calidad 22

- Utilice solamente accesorios recomendados por el fabricante. Asegúrese de que todas las piezas estén en buenas condiciones y no estén oxidadas.
- Si no está seguro de cómo utilizar esta herramienta de forma segura, NO LA UTILICE.

Instrucciones de funcionamiento

Nota: La información indicada en este manual es básica. Se recomienda obtener información y formación adicional sobre el uso de esta herramienta. Asegúrese siempre de disponer de toda la información necesaria suministrada por el fabricante del vehículo.

ADVERTENCIA: Este gato está diseñado solamente para ser usado como MECANISMO ELEVADOR; no trabaje nunca debajo de un objeto levantado sin utilizar dispositivos de soporte adecuados (ej. soportes de eje)

ATENCIÓN: Antes del primer uso, deberá de purgar el aire acumulado en el gato hidráulico. Vea las instrucciones en la sección de mantenimiento.

Levantar una carga

1. Con el extremo del mango (6), gire la válvula de liberación (5) en sentido horario hasta su posición de cierre.
2. Coloque el gato sobre una superficie firme, debajo del objeto que desea levantar. Asegúrese que el tope elevador (1) quede alineado con un punto de levantamiento del objeto a levantar. Asegúrese que el gato efectúe el levantamiento en sentido vertical; no utilice el gato en ninguna otra dirección.
3. Gire el tope elevador en sentido antihorario hasta que entre en contacto con el punto de levantamiento.
4. Ahora el gato estará preparado para levantar la carga. Vuelva a comprobar que el objeto que desea levantar está centrado, equilibrado y seguro. Asegúrese de que la carga no exceda la capacidad máxima del cilindro. Si se trata de un vehículo, aplique el freno de mano y use calzos según proceda.
5. Inserte los mangos (6) en su receptáculo (2) y accíonelo arriba y abajo para alzar el gato.

6. Cuando la carga esté levantada a la altura requerida, coloque soportes (ej. soportes de eje) y proceda a bajar la carga hasta una posición segura.

Bajar una carga

1. Levante el objeto de sus soportes siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.
2. Retire el mango de su receptáculo y colóquelo sobre la válvula de liberación (5).
3. Gire muy lentamente la válvula de liberación en sentido antihorario. Un pequeño movimiento de la válvula permitirá bajar el gato lentamente. No gire la válvula de seguridad completamente más de una vez.
4. Para detener el movimiento de bajada, gire la válvula de liberación en sentido horario hasta cerrarla.

Nota: Siempre que sustituya ruedas de vehículos deberá primero aflojar o apretar las tuercas antes de elevar o bajar la carga.

Mantenimiento

- Para purgar aire retenido, abra la válvula de liberación (5) y retire el tapón de goma situado en la parte posterior del cilindro de elevador (3). Accionar la bomba permitirá sacar las burbujas de aire acumuladas dentro del mecanismo. Vuelva a colocar el tapón de goma. Repita el proceso si es necesario.
- Para añadir aceite, abra la válvula de liberación (5) y presione el tope elevador totalmente hacia abajo. Ponga el gato en posición vertical. Quite el tapón de goma situado en la parte posterior del cilindro elevador (3) y llénelo de aceite hidráulico de calidad 22 hasta el nivel del orificio. Vuelva a colocar el tapón de goma.

ADVERTENCIA: Nunca utilice líquido para frenos o ningún otro tipo de aceite, podría dañar las juntas del gato hidráulico.

Eliminación

Retire el aceite del gato hidráulico antes de desecharlo. Elimine este producto respetando las normas de reciclaje indicadas en su país.

- No se estire demasiado, mantenga los pies firmes sobre una base en todo momento, no utilice herramientas sobre una superficie inestable.
- Utilice esta herramienta sólo en superficies capaces de soportar la carga del gato hidráulico. Tenga en precaución al utilizar esta herramienta sobre asfalto caliente.
- Siempre que levante cualquier objeto, deberá considerarlo como área muy peligrosa toda la zona alrededor de la carga.
- Nunca exceda la capacidad máxima de carga de esta herramienta.
- Si esta herramienta es incapaz de levantar la carga, deténgala inmediatamente. Habrá excedido la capacidad de carga de permitida.
- Verifique siempre el estado de todos los equipos. Los accesorios hidráulicos deberán estar en buenas condiciones y libre de fugas. Ninguna de las piezas debe estar dañada o desgastada.
- Todos los soportes adicionales deberán ser capaces de sostener el peso total del objeto a levantar, además de cierta capacidad extra como medida de seguridad.
- Los equipos elevadores no deben ser modificados. Cualquier intento de modificar este equipo invalidará su garantía y puede provocarle lesiones graves a usted o a las personas que le rodeen.

Product Specification

Capacity - Jaw	21mm diameter saddle
Capacity - Lifting	158 - 305mm
Capacity - Maximum Load	2000kg
Finish	Blue paint
Handle - Primary - Finish	Powder coat
Product Weight	2.3kg
Safety - Rating	SWL 2000kg
Material - Secondary Construction	Cast iron

SOPORTA 120 Kg

BARRA SUPERIOR AL HIDRAULICO

BARRA INFERIOR AL HIDRAULICO

ANGULO	FUERZA RESULTANTE	EJE X	EJE Y	ANGULO	FUERZA RESULTANTE	EJE X	EJE Y
0,565583	59628,5	-59625,6	-588,6	0,565583	59628,5	59625,6	588,6
1,037496	32507,2	-32501,9	-588,6	1,037496	32507,2	32501,9	588,6
1,508427	22359,8	-22352,1	-588,6	1,508427	22359,8	22352,1	588,6
1,978419	17049,5	-17039,3	-588,6	1,978419	17049,5	17039,3	588,6
2,447513	13783,2	-13770,6	-588,6	2,447513	13783,2	13770,6	588,6
2,915751	11571,2	-11556,3	-588,6	2,915751	11571,2	11556,3	588,6
3,383173	9974,04	-9956,66	-588,6	3,383173	9974,04	9956,66	588,6
3,849820	8766,56	-8746,78	-588,6	3,849820	8766,56	8746,78	588,6
4,315728	7821,67	-7799,49	-588,6	4,315728	7821,67	7799,49	588,6
4,780938	70821,1	-7037,53	-588,6	4,780938	70821,1	7037,53	588,6
5,245485	6438,19	-6411,23	-588,6	5,245485	6438,19	6411,23	588,6
5,709408	5916,58	-5887,23	-588,6	5,709408	5916,58	5887,23	588,6
6,172741	5474,01	-5442,27	-588,6	6,172741	5474,01	5442,27	588,6
6,635520	5093,77	-5059,65	-588,6	6,635520	5093,77	5059,65	588,6
7,097781	4763,56	-4727,06	-588,6	7,097781	4763,56	4727,06	588,6
7,559557	4474,12	-4435,23	-588,6	7,559557	4474,12	4435,23	588,6
8,020884	4218,33	-4177,06	-588,6	8,020884	4218,33	4177,06	588,6
8,481793	3990,64	-3946,99	-588,6	8,481793	3990,64	3946,99	588,6
8,942319	3786,67	-3740,64	-588,6	8,942319	3786,67	3740,64	588,6
9,402493	3602,89	-3554,48	-588,6	9,402493	3602,89	3554,48	588,6
9,862349	3436,44	-3385,66	-588,6	9,862349	3436,44	3385,66	588,6
10,321917	3284,99	-3231,83	-588,6	10,321917	3284,99	3231,83	588,6
10,781230	3146,59	-3091,05	-588,6	10,781230	3146,59	3091,05	588,6
11,240319	3019,63	-2961,71	-588,6	11,240319	3019,63	2961,71	588,6

UNION SUPERIOR AL HIDRAULICO

ANGULO	FUERZA RESULTANTE	EJE X	EJE Y
0,565583	7602,6	7357,92	-1913,25
1,037496	7585,56	7342,3	-1905,64
1,508427	7568,72	7326,82	-1898,22
1,978419	7552,06	7311,48	-1890,99
2,447513	7535,58	7296,28	-1883,95
2,915751	7519,26	7281,2	-1877,09
3,383173	7503,1	7266,24	-1870,4
3,849820	7487,09	7251,38	-1863,87
4,315728	7471,22	7236,63	-1857,52
4,780938	7455,48	7221,97	-1851,33
5,245485	7439,87	7207,39	-1845,29
5,709408	7424,37	7192,9	-1839,41
6,172741	7408,99	7178,49	-1833,68
6,635520	7393,7	7164,14	-1828,1
7,097781	7378,52	7149,85	-1822,66
7,559557	7363,42	7135,62	-1817,36
8,020884	7348,4	7121,44	-1812,2
8,481793	7333,47	7107,31	-1807,17
8,942319	7318,6	7093,21	-1802,27
9,402493	7303,79	7079,15	-1797,5
9,862349	7289,05	7065,12	-1792,85
10,321917	7274,35	7051,1	-1788,33
10,781230	7259,7	7037,11	-1783,92
11,240319	7245,1	7023,13	-1179,63

UNION INFERIOR AL HIDRAULICO

ANGULO	FUERZA RESULTANTE	EJE X	EJE Y
0,565583	7602,6	-7357,9	1913,25
1,037496	7585,56	-7342,3	1905,64
1,508427	7568,72	-7326,8	1898,22
1,978419	7552,06	-7311,5	1890,99
2,447513	7535,58	-7296,3	1883,95
2,915751	7519,26	-7281,2	1877,09
3,383173	7503,1	-7266,2	1870,4
3,849820	7487,09	-7251,4	1863,87
4,315728	7471,22	-7236,6	1857,52
4,780938	7455,48	-7222	1851,33
5,245485	7439,87	-7207,4	1845,29
5,709408	7424,37	-7192,9	1839,41
6,172741	7408,99	-7178,5	1833,68
6,635520	7393,7	-7164,1	1828,1
7,097781	7378,52	-7149,9	1822,66
7,559557	7363,42	-7135,6	1817,36
8,020884	7348,4	-7121,4	1812,2
8,481793	7333,47	-7107,3	1807,17
8,942319	7318,6	-7093,2	1802,27
9,402493	7303,79	-7079,2	1797,5
9,862349	7289,05	-7065,1	1792,85
10,321917	7274,35	-7051,1	1788,33
10,781230	7259,7	-7037,1	1783,92
11,240319	7245,1	-7023,1	1179,63