

Diseño de un mecanismo de incorporación de personas con discapacidad integrado en silla de ruedas



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Nombre y apellidos del autor: Jesús Ruiz Catoira

Nombre y apellidos del director/es: Juan Ignacio Latorre Biel

Pamplona, fecha de defensa: 21 de Abril de 2016

INDICE

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES.....	2
CONTEXTUALIZACION.....	3-17
• DATOS SOBRE DISCAPACIDAD EN ESPAÑA.	
• TIPOS DE DISCAPACIDADES.	
• TIPOS DE SILLAS DE RUEDAS.	
• NECESIDAD A RESOLVER.	
OBJETIVOS, ESPECIFICACIONES GENERALES Y LEGISLACION.....	19
PLANTEAMIENTO DE LAS SOLUCIONES.....	19-20
ELECCION JUSTIFICADA DE UNA SOLUCION.....	21-23
ESPECIFICACIONES.....	23
DESARROLLO DE LA SOLUCION.....	25-58
• DISEÑO SISTEMA MECANICO	
• CALCULO DE CENTRO DE MASAS	
• DISEÑO DE SISTEMA ELECTRICO Y SISTEMA DE CONTROL.	
• ELECCION DE LOS ELEMENTOS COMERCIALES.	
• CONSUMO DE ELEMENTOS ELECTRICOS Y AUTONOMIA.	
• INTEGRACION DE LOS ELEMENTOS EN LA SOLUCION FINAL	
• SEGURIDAD	
MONTAJE Y HERRAMIENTAS NECESARIAS.....	59-64
PRESUPUESTO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD.....	65-66
COMPROBACION DE LAS ESPECIFICACIONES.....	67-74
CONCLUSIONES Y MEJORAS.....	75-76
WEBGRAFIA Y BIBLIOGRAFIA.....	77
ANEXOS.....	77-91
• PLANOS DE FABRICACION.	

RESUMEN

Para ciertas personas con discapacidad, que precisan del uso de sillas de ruedas para desplazarse, la tarea de incorporarse implica notables dificultades físicas. Para aliviar esta tarea, el presente TFG se centrará en el diseño de un mecanismo incorporado en una silla de ruedas para automatizar el proceso y liberar a la persona del esfuerzo necesario para desarrollarla.

Al inicio del desarrollo del TFG se procederá a concretar el ámbito de aplicación, que incluye el desarrollo completo de una silla de ruedas con el mecanismo de elevación incorporado. Otra posibilidad será el desarrollo exclusivo del sistema de incorporación para ser adaptado a una silla de ruedas de propósito general.

PALABRAS CLAVE

Discapacidad, sillas de ruedas, mecanismo elevador, automatizar.

1. CONTEXTUALIZACIÓN.

1.1 DATOS SOBRE DISCAPACIDAD EN ESPAÑA.

En este trabajo vamos a abordar un tema que afecta a una parte de la población española, la discapacidad. Según el Instituto Nacional de Estadística Español (INE), en 2008 se realizó una encuesta con los siguientes resultados:

Aproximadamente el 9% de la población residente en España (46,2 millones según la revisión del Padrón municipal a 1 de enero de 2008) tiene o sufre algún tipo de discapacidad. Aquí tenemos unas tablas con los datos recogidos:

Tabla 3. Personas con discapacidad residentes en domicilios familiares, por grupo de edad y sexo. Números absolutos (en miles) y tasas por 1.000 habitantes. España 2008.

Unidad	Personas con discapacidad (en miles)			Tasa por 1000 habitantes de cada grupo de edad		
	Mujeres	Hombres	Ambos sexos	Mujeres	Hombres	Ambos sexos
De 0 a 5 años	24,0	36,4	60,4	17,6	25,2	21,5
De 6 a 15 años	27,6	50,7	78,3	13,4	23,1	18,4
De 16 a 24 años	28,6	46,5	75,1	12,7	19,8	16,3
De 25 a 34 años	69,8	98,8	168,7	18,9	24,9	22,0
De 35 a 44 años	137,0	149,4	286,5	37,8	39,4	38,6
De 45 a 54 años	224,1	181,9	406,0	73,2	60,0	66,7
De 55 a 64 años	318,7	227,1	545,8	128,6	97,1	113,3
De 65 a 69 años	168,6	124,2	292,8	169,9	139,9	155,8
De 70 a 74 años	257,2	147,5	404,7	253,2	175,9	218,2
De 75 a 79 años	320,6	183,2	503,8	343,3	262,8	308,9
De 80 a 84 años	333,9	148,6	482,6	484,5	336,2	426,5
De 85 a 89 años	236,6	103,2	339,8	610,7	505,8	574,5
De 90 y más años	153,4	50,0	203,4	783,4	668,1	751,5
Total	2.300,2	1.547,7	3.847,9	101,0	69,5	85,5

Fuente: INE. Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia 2008.

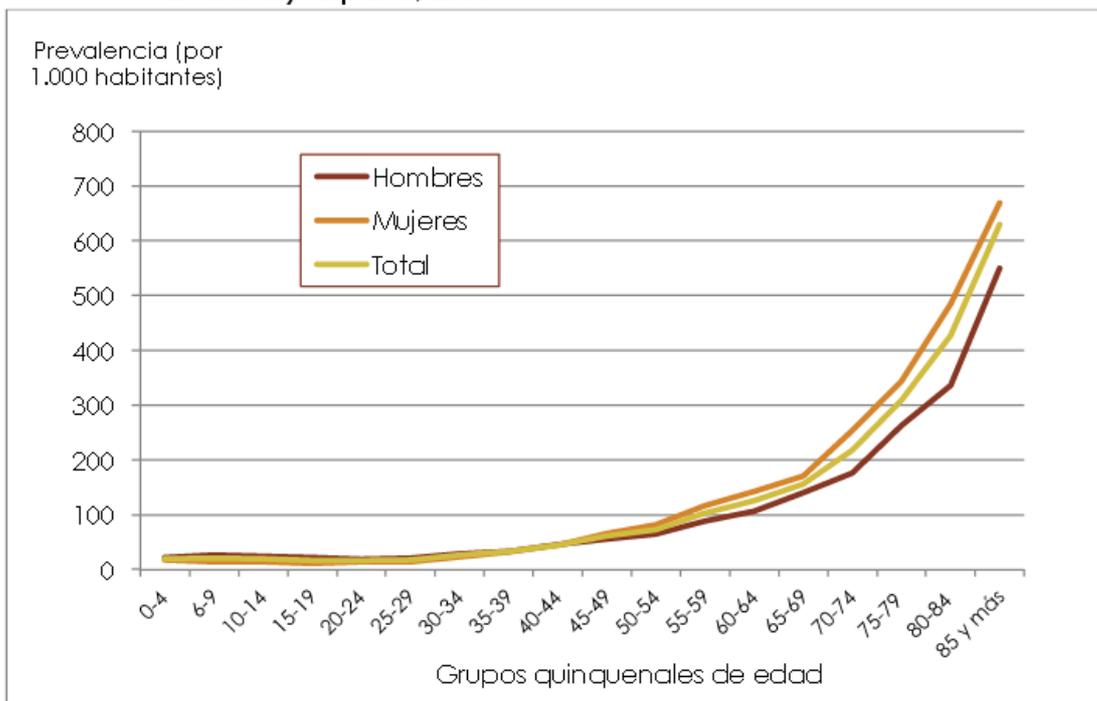
Tabla 4. Personas de 6 y más años con alguna discapacidad residentes en centros por grupos de edad y sexo. España, 2008.

	Mujeres	Hombres	Ambos sexos
De 6 a 64 años	17.593	29.005	46.879
De 65 a 79 años	32.927	26.439	59.366
De 80 y más años	124.793	38.102	162.894
Total	175.593	93.546	269.139

Fuente: INE. Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia 2008.

Las tasas de prevalencia de discapacidad por edad son más elevadas en las mujeres que en los hombres a partir de los 45 años, como puede observarse en el Gráfico 1.

Gráfico 1. Prevalencia de las situaciones de discapacidad, por sexo y grupos quinquenales de edad (Personas residentes en domicilios familiares). España, 2008.



Fuente: INE. Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia 2008.

Por debajo de esta edad, las tasas de prevalencia de discapacidad entre los hombres superan a las de las mujeres. Además, la probabilidad de tener una discapacidad aumenta con la edad.

Los grupos de discapacidad más frecuentes en personas de seis y más años son los que afectan a la movilidad, la vida doméstica y el autocuidado. Las discapacidades relacionadas con la movilidad están presentes en dos de cada tres personas con discapacidad (67,2%), las relacionadas con la vida doméstica en cinco de cada nueve (55,3%), y las de autocuidado prácticamente en una de cada dos (48,4%).

Este proyecto va dirigido a un grupo concreto dentro del mundo de la discapacidad, concretamente a la gente con discapacidad motriz pero que tenga movilidad en al menos un brazo (Monoplejía, Hemiplejía, paraplejía) o algún tipo de parálisis leve o incompleta.

Estas personas normalmente dependen de una silla de ruedas para desplazarse, debido a este hándicap, viven en un mundo con muchos problemas, aquí mostramos un cuadro (tabla13) donde aparecen algunas dificultados que afrontan estas personas.

Tabla 13. Población con discapacidad, según tipo de discapacidad. Números absolutos y porcentaje sobre el total de personas con discapacidad. Datos referidos a personas de 15 y más años. España, 2012.

	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
Discapacidad para salir de casa	1.241.594	2.481.888	3.723.482	50,3%	64,2%	58,8%
Discapacidad para usar transporte	731.884	1.440.070	2.171.954	29,7%	37,2%	34,3%
Discapacidad para acceder y moverse por los edificios	777.084	1.450.279	2.227.363	31,5%	37,5%	35,2%
Discapacidad para actividades formativas	491.247	863.109	1.354.356	19,9%	22,3%	21,4%
Discapacidad para el acceso a un empleo adecuado	1.143.054	1.446.222	2.589.276	46,3%	37,4%	40,9%
Discapacidad para usar internet	229.298	344.345	573.643	9,3%	8,9%	9,1%
Discapacidad para el contacto y el apoyo social	44.505	64.238	108.743	1,8%	1,7%	1,7%
Discapacidad para las actividades de ocio	1.698.494	2.697.219	4.395.713	68,9%	69,8%	69,4%
Dificultad para pagar las cosas esenciales por discapacidad	222.737	335.636	558.373	9,0%	8,7%	8,8%
Discriminación por motivos de discapacidad	405.768	616.356	1.022.124	16,4%	15,9%	16,1%
Persona con discapacidad	2.466.782	3.866.888	6.333.670			

Fuente: INE, Encuesta de Integración Social y Salud (EISS, 2012)

Como podemos observar no tenemos una cifra exacta de la cantidad de gente que utiliza silla de ruedas, en abril de 2013, eldiario.es publicó un artículo llamado “¿Dónde está toda la gente en silla de ruedas?” y, utilizando como fuente el INE (Instituto Nacional de Estadística) llegó a la conclusión de que aproximadamente un 1% de la población utiliza silla de ruedas con capacidad suficiente como para manejarla, esto quiere decir que aproximadamente 400.000 personas utilizan sillas de ruedas.

1.2 TIPOS DE DISCAPACIDADES.

La discapacidad es aquella condición bajo la cual ciertas personas presentan alguna deficiencia física, mental, intelectual o sensorial que a largo plazo afectan la forma de interactuar y participar plenamente en la sociedad.

La Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, aprobada por la ONU en 2006, define de manera genérica a quien posee una o más discapacidades como **persona con discapacidad**.

También se dice que una persona tiene una **discapacidad** si, física o mentalmente, tiene una función intelectual básica limitada respecto de la media o anulada por completo.

Los tipos de discapacidad pueden ser:

- **Motriz:** Se refiere a la pérdida o limitación de alguna persona para moverse.
- **Visual:** La pérdida de la vista o dificultad al ver con alguno de los ojos.
- **Mental:** Abarca la limitación del aprendizaje para nuevas habilidades.
- **Auditiva:** Pérdida o limitación del oído para poder escuchar.

Las causas más frecuentes de discapacidad son:

- Al nacimiento.
- Por algún tipo de enfermedad.
- Por algún accidente.

DISCAPACIDAD MENTAL

La Discapacidad intelectual es un término utilizado cuando una persona no tiene la capacidad de aprender a niveles esperados y funcionar normalmente en la vida cotidiana. Los niveles de discapacidad intelectual varían ampliamente, desde problemas muy leves hasta problemas muy graves. Las personas con discapacidad intelectual puede que tengan dificultad para comunicar a otros lo que quieren o necesitan, así como para valerse por sí mismos. La discapacidad intelectual podría hacer que la persona aprenda y se desarrolle de una forma más lenta que otras de la misma edad.

La discapacidad intelectual puede ser la consecuencia de un problema que comienza antes de que el niño nazca hasta que llegue a los 18 años de edad. La causa puede ser una lesión, enfermedad o un problema en el cerebro. En muchos casos no se conoce la causa de la discapacidad intelectual. Algunas de las causas más frecuentes de la discapacidad intelectual, como el síndrome de Down, el síndrome alcohólico-Fetal, el síndrome X frágil, afecciones genéticas, defectos congénitos e infecciones, ocurren antes del nacimiento. Otras causas ocurren durante el parto o poco después del nacimiento. En otros casos, las causas de la discapacidad intelectual no se presentan sino hasta cuando la persona es mayor, tales como lesiones graves de la cabeza, accidentes cerebro-vasculares o ciertas infecciones.

DISCAPACIDAD VISUAL

Cuando hablamos en general de ceguera o deficiencia visual nos estamos refiriendo a condiciones caracterizadas por una limitación total o muy seria de la función visual.

Más específicamente, hablamos de personas con ceguera para referirnos a aquellas que no ven nada en absoluto o solamente tienen una ligera percepción de luz (pueden ser capaces de distinguir entre luz y oscuridad, pero no la forma de los objetos).

Por otra parte, cuando hablamos de personas con deficiencia visual queremos señalar a aquellas personas que con la mejor corrección posible podrían ver o distinguir, aunque con gran dificultad, algunos objetos a una distancia muy corta. En la mejor de las condiciones, algunas de ellas pueden leer la letra impresa cuando ésta es de suficiente tamaño y claridad, pero, generalmente, de forma más lenta, con un considerable esfuerzo y utilizando ayudas especiales.

En otras circunstancias, es la capacidad para identificar los objetos situados enfrente (pérdida de la visión central) o, por el contrario, para detectarlos cuando se encuentran a un lado, encima o debajo de los ojos (pérdida de visión periférica), la que se ve afectada en estas personas.

Por tanto, las personas con deficiencia visual, a diferencia de aquellas con ceguera, conservan todavía un resto de visión útil para su vida diaria (desplazamiento, tareas domésticas, lectura, etc.)

DISCAPACIDAD AUDITIVA

Es un déficit total o parcial en la percepción auditiva. Si se pierde esta capacidad de forma parcial se denomina hipoacusia y si se pierde por completo se llama cófosis. Además, puede ser unilateral o bilateral.

Las personas que sufren esta discapacidad tendrán problemas para oír y se verá afectada su la capacidad de comunicación. Se detecta a través de una prueba de audiometría para percibir los problemas de intensidad y frecuencia con la que se detectan los sonidos.

La discapacidad auditiva puede ser un rasgo hereditario se puede sufrir a consecuencia de un traumatismo, una enfermedad, una larga exposición al ruido o por la ingesta de medicamentos demasiados agresivos para el nervio auditivo.

Dependiendo del momento en el cual se produzca la discapacidad, y en función de la adecuación del proceso educativo y/o rehabilitador, se encontrarán personas que realicen lectura labio facial y que se comuniquen oralmente u otras que se comuniquen a través del lenguaje de signos (UCV).

DISCAPACIDAD MOTRIZ

La Discapacidad Motriz (DM) es una condición de vida que afecta el control y movimiento del cuerpo, generando alteraciones en el desplazamiento, equilibrio, manipulación, habla y respiración de las personas que la padecen, limitando su desarrollo personal y social.

Esta discapacidad se presenta cuando existen alteraciones en los músculos, huesos, articulaciones o medula espinal, así como por alguna afectación del cerebro en el área motriz impactando en la movilidad de la persona.

Es importante mencionar que la DM no implica afectación en el funcionamiento cerebral de la persona y tampoco a su rendimiento o capacidad intelectual.

Tipos de Discapacidad Física

- **LESIÓN MEDULAR**
 - Según el grado que la persona tenga puede utilizar un tipo de silla de ruedas u otro. Si la persona posee movilidad en el tronco superior, podrá utilizar una silla de ruedas manual autopropulsada, en cambio si la persona sufre por ejemplo de tetraplejía deberá utilizar una silla de ruedas manual no autopropulsada, eléctrica con algún complemento y necesitar la ayuda de un acompañante.

- **ESCLEROSIS MULTIPLE**
 - Este tipo de enfermedad también posee diferentes grados, unos más leves que otros, pero teniendo en cuenta que todos afectan a funciones del aparato locomotor, este tipo de enfermos deberían utilizar una silla de ruedas manual no autopropulsora o una silla de ruedas eléctrica.

- **PARALISIS CEREBRAL**
 - La parálisis cerebral es un trastorno permanente y no progresivo que afecta a la psicomotricidad del paciente, hay muchos grados de parálisis cerebral que puede afectar a todo el cuerpo o solo a algunos miembros, por lo tanto, este tipo de enfermos pueden usar desde sillas autopropulsadas hasta sillas de ruedas eléctricas o incluso bipedestadas.

- **ESPINA BIFIDA**
 - La espina bífida es una malformación congénita en la que existe un cierre incompleto del tubo neural al final del primer mes de vida embrionaria y posteriormente, el cierre incompleto de las últimas vértebras. Esta enfermedad puede ocasionar debilidad y atrofia en extremidades, parálisis, etc. Según el grado del enfermo podrá utilizar una silla de ruedas autopropulsada, no autopropulsada o eléctrica.

- **DISTONIA MUSCULAR**
 - Consiste en contracciones involuntarias permanentes de los músculos de una o más partes del cuerpo, debido a una disfunción del sistema nervioso, puede afectar a uno a

varios grupos musculares. Según a los músculos afectados el paciente podrá usar un tipo de silla de ruedas u otra.

La Discapacidad Motriz como hasta ahora hemos visto afecta las posibilidades de movimiento y desplazamiento por lo que la accesibilidad y habilitación de medios representan las principales necesidades a las que se enfrentan las personas que se ven afectadas por esta discapacidad. Es por esta situación que la familia, las instituciones educativas y las instancias gubernamentales tenemos la responsabilidad de condicionar los espacios, vías de tránsito, mobiliario y apoyos específicos para el adecuado uso y acceso a los bienes y servicios que le permitan satisfacer sus necesidades básicas, educativas, sociales y emocionales. También necesitan distintos apoyos y recursos que faciliten su autonomía y favorezcan su comunicación, participación y logro educativo.

- **Apoyos Específicos.** Prótesis, tablas de comunicación, guías posturales, etc.
- **Mobiliario.** Sillas de ruedas, sillas y mesas adaptadas, andaderas, adaptaciones específicas para electrodomésticos y utensilios de trabajo, etc.
- **Adecuaciones al Espacio.** Barandillas, rampas, ampliación de espacios, acondicionamiento de baños, medidas de seguridad, etc.
- **Vías de Tránsito.** Áreas de estacionamiento exclusivo, rampas en banquetas, puertas, adecuación de rutas de evacuación, etc.

1.3 TIPOS DE SILLAS DE RUEDAS.

Actualmente en el Mercado existen varios tipos de sillas de ruedas:

- **Sillas de ruedas manuales**

Asiento con respaldo y ruedas laterales que permiten el desplazamiento mediante empuje manual. Se fabrican en acero cromado o lacado, aluminio y fibra de carbono. Pueden ser estándar o a medida, y diseñadas tanto para adultos como para niños.

Pueden usarse en interiores, exteriores o de forma mixta.

Su principal ventaja reside en la variedad de accesorios existentes, ofreciendo la posibilidad de amoldar la silla a cada necesidad. Son las más ligeras (10 - 20 Kg. aprox.).

- **Silla de ruedas autopropulsadas**

Estas sillas incorporan aros para que puedan ser propulsadas por el propio usuario en situación de dependencia, o bien pueden ser impulsadas por el cuidador o acompañante.

Si el usuario no puede mover la silla con la suficiente soltura no se recomienda este tipo de sillas, ya que son más anchas y pesadas que la misma versión en rueda pequeña. Será más práctica y manejable una silla sin aros.

Para una utilización de la silla mixta (uso en interiores y en exteriores) se recomienda la adquisición de sillas con ruedas posteriores de diámetro grande que facilita su utilización en exteriores (subir y bajar bordillos).

Para el uso en interiores, si tenemos problemas de espacio se recomienda que las ruedas traseras tengan un mecanismo de extracción y unas pequeñas ruedas de tránsito, que nos permitirán hacer que la silla sea más estrecha.



1.3.1 Silla de ruedas autopropulsada

- **Silla de ruedas no autopropulsadas**

Sólo pueden ser propulsadas por el cuidador o acompañante. Sus ruedas traseras son de menor tamaño, pueden ser medianas o pequeñas. Las hay plegables y fijas. Los modelos con asiento y respaldo flexible, se pliegan (25 - 35 cm de ancho) en tijera favoreciendo así la portabilidad.



1.3.2 Silla de ruedas no autopropulsada

- **Sillas de ruedas eléctricas**

Esta silla es impulsada por una fuente de energía eléctrica. Pueden ser de interior, de exterior o mixtas y de tracción delantera, trasera y total. Están ideadas para personas con imposibilidad o severa dificultad para caminar, capaces de manejarlas y que quieran aumentar su autonomía para los desplazamientos.

Existen dos tipos de baterías. Las de ácido son algo más baratas y poseen más capacidad de almacenamiento de energía. Sin embargo, deben rellenarse con agua destilada y tienen el riesgo de que el ácido se derrame. Las baterías de gel son más seguras, pero con menor capacidad de almacenamiento. La batería permite una autonomía de unos 30 km a una velocidad de unos 10 - 14 km/h. El mando de dirección manual suele ser tipo joystick.

Pueden incorporar un gran número de accesorios:

- Sistema antivuelco.
- Capacidad para superar bordillos de unos 5 - 10 cm.
- Capacidad para subir pendientes del 15 - 20%.
- Amortiguadores.
- Luces (delantera, trasera, intermitente).
- Claxon.
- Indicador de batería.
- Asiento y respaldo reclinables manual o eléctricamente.

Existen modelos para niños y adultos. Los mandos de control pueden instalarse para que sean utilizados por el usuario (habitualmente con la mano), y/o por el acompañante. Suelen ser desmontables (50 cm de ancho y 60 cm alto) y los modelos más sencillos también plegables (60 cm de ancho).

Hay sillas con ruedas todoterreno para su uso en el campo.

Su coste es elevado, son más grandes y requieren más mantenimiento que las sillas de ruedas manuales. Son pesadas (de 40 hasta 100 kg), siendo necesario para su transporte un vehículo adaptado o proceder a desmontarlas. Tanto si se utiliza en el domicilio como si se va a utilizar únicamente para desplazamientos exteriores, hay que disponer de un lugar para almacenarla.



1.3.3 Silla de ruedas eléctrica

- **Sillas de ruedas de bipedestación**

Son sillas de propulsión manual o eléctrica que permiten al usuario ponerse de pie en su propia silla. Realiza la subida o la bajada con un mando electrónico que suele estar acoplado en el apoyabrazos. Están provistos de medidas de sujeción como petos, cinturones pélvicos y apoyos de rodilla. Permiten ponerse en pie a usuarios que no pueden hacerlo por sus propios medios, pudiéndose así beneficiar de esta postura. Es importante tener en cuenta que cuanto menor sea el control motor y postural del usuario, mayores tendrán que ser las medidas de sujeción.



1.3.4 Silla de ruedas bipedestada

Como hemos mencionado anteriormente existen sillas de ruedas bipedestadas manuales y eléctricas, a continuación, daremos unos ejemplos de sillas de ruedas bipedestadas manuales:

En los tipos manuales encontramos dos clases las sillas de ruedas LAE y las LCEV.



1.3.5 Sillas de ruedas bipedestadas propulsión manual.

Estas clases de sillas de ruedas va dirigido a personas que necesitan un 25% de ayuda (cuadro verde), un 50% de ayuda (cuadro amarillo) o un 100% de ayuda (cuadro rojo).

- Asistencia mínima (25% de ayuda requerida):

El usuario requiere de poca ayuda para llevar a cabo sus actividades básicas de vida diaria, como traslados, desplazamientos y cuidados en general. Pero necesita de la ayuda técnica o soporte adecuado para desempeñarse de una mejor manera y más independiente.

Con la ayuda técnica adecuada la persona puede hacer sus actividades independientemente y mejorar su estado físico.

- Asistencia Moderada (50% de ayuda requerida):

Es cuando el individuo necesita mayor cantidad de soporte y ayuda intermitente o limitada para desarrollar sus actividades de vida diaria, pero no que requieren el apoyo permanente de un cuidador o necesitan mucha ayuda para mantener la autonomía personal.

Con la ayuda técnica correcta la persona puede desenvolverse con cierta independencia y desarrollar nuevas habilidades.

- **Asistencia total (100% de ayuda requerida):**

Personas que necesitan ayuda permanente para realizar varias actividades básicas de la vida diaria y, por su pérdida total de autonomía, necesitan el apoyo indispensable y continuo de una ayuda técnica o persona que los asista.

Con la ayuda técnica idónea la persona puede tener una excelente calidad de vida y mejorar su estado físico y emocional.

Una vez visto los tipos de asistencias que existen empezaremos hablando de las sillas de ruedas bipedestadas LAE.



1.3.6 Silla de ruedas bipedestadas LAE.

- 85° de bipedestación
- Marco en aluminio, tamaño compacto y maniobrabilidad
- Diferentes tamaños en ruedas delanteras y trasera y variedad de estilos
- Sistema de elevación manual a Gas para cualquier ángulo entre sentado y de pie
- Sistema patentado de 6 puntos básicos de apoyo para mayor seguridad y comodidad
- Hasta 120 Kg de carga
- Sistema de desmonte rápido en ruedas delanteras y traseras, y espaldar plegable para un fácil transporte
- Compatible con múltiples cojines y espaldares
- Variedad de colores, accesorios y anchos de cadera y largo de pies.

Ahora veremos las características de las sillas de ruedas LCEV:



1.3.7 Silla de ruedas bipedestadas LCEV.

- Fácil de transportar, marco ligero de aluminio y tamaño compacto.
- Amplia gama de tamaños y estilos de las ruedas.
- Asistencia eléctrica de elevación que permite pasar de la posición de sentado a estar de pie.
- Accesorios para armar su silla personalizada.
- Sistema patentado de 6 seis puntos de estabilidad sobre el suelo aseguran una bipedestación firme y segura.
- Llantas de extracción rápida y respaldo y ruedas delanteras plegables para un fácil transporte.
- Resistente: Cumple con rigurosas pruebas de Choque.
- Variadas opciones de Color para personalizar la silla.

Una vez visto los tipos de sillas de ruedas bipedestadas manuales, vamos a pasar a hablar de las sillas de ruedas bipedestadas motorizadas.

Al igual que las sillas de ruedas bipedestadas manuales existen dos tipos, C3 y COMBI.

Como podemos observar en la imagen siguiente, ambos tipos de sillas están dirigidos a personas que necesitan una ayuda del 50% (cuadro amarillo) o del 100%(cuadro rojo).



1.3.8 Sillas de ruedas bipedestadas eléctricas.

Empezaremos hablando por las sillas de ruedas C3:

La LEVO C3 electrónica es compacta, ágil, fácil de manejar y extremadamente poderosa. Incorpora un avance de nueva generación a los famosos sistemas Levo de bipedestación de bajo frotamiento. Una transición increíblemente suave hacia la bipedestación, que incluye el ajuste automático de las ruedas con la base.



1.3.9 Silla bipedestada C3.

-4X4: tracción en cuatro ruedas, para lograr mayor empuje y agilidad.

-Capacidad para trepar bordillos de hasta 4 pulgadas (10,16 cm).

-Capacidad para subir fácilmente rampas de hasta 15°/33% de inclinación.

-Capacidad de tracción “todo terreno” o en superficies dificultosas.

-Múltiples opciones de programación, aumentando las posibilidades de elección.

-Frenado sólido, firme y seguro.

Ahora le toca el turno a la silla de ruedas COMBI:

Un diseño que maximiza la maniobrabilidad, el radio de giro y la tracción para los altibajos de la vida cotidiana. El sistema de asiento sobre la base electrónica es la mejor combinación de sedestación, bipedestación y reclinación ofrecida en la industria. Puede incluso pasar de la reclinación total a la bipedestación total de forma suave y segura, y detenerse en cualquier punto del trayecto.



1.3.10 Silla bipedestada combi.

-Tamaño y peso compacto con excelente maniobrabilidad electrónica, respuesta y tracción.

-La rueda central de tracción permite el más pequeño círculo de giro (43 pulgadas) (109.2 cm).

- Un andar estable y seguro en posición de sentado y de bipedestación (programa automático de velocidad controlada en bipedestación).

-Sube y desciende rampas de hasta 12° de forma segura y efectiva.

-Múltiples opciones de programación para contar con más posibilidades.

-Andar y operación de sentado súper silenciosos.

1.4 NECESIDAD A RESOLVER.

En este apartado vamos a explicar el problema o la necesidad que queremos resolver. Muchas personas que viven en nuestro país sufren algún tipo de discapacidad motriz como hemos podido ver en el apartado de contextualización.

Las personas que están en una silla de ruedas tienen en su vida cotidiana muchos problemas como por ejemplo entrar en algún establecimiento no homologado para minusválidos, transporte público no homologado o coger objetos fuera de su alcance.

Con este proyecto queremos facilitar la función de poder coger los objetos que se encuentran fuera de su alcance cuando están sentados en la silla de ruedas. Para ello queremos construir un kit o estructura articulada, que se pueda anclar a una silla de ruedas y que permita al usuario de ésta poder incorporarse o elevarse para poder alcanzar objetos antes inalcanzables, elevarse para poder mantener una conversación con otra persona o simplemente elevar su punto de visión.

2. OBJETIVOS, ESPECIFICACIONES GENERALES Y LEGISLACIÓN.

Como hemos comentado en el apartado 1, el objetivo de este proyecto es el de crear una solución para la incorporación y elevación de una persona en silla de ruedas. El objetivo de dicha elevación es lograr que, la persona incapacitada para realizar esta labor, pueda por ejemplo alcanzar objetos a una cierta altura que, sentada en la silla de ruedas, no podría alcanzar. Otro ejemplo sería el de poder llamar a un timbre de cualquier vivienda o simplemente elevar su cuerpo para mantener una conversación con otra persona de manera más cómoda.

Nuestro proyecto debe tener una serie de especificaciones generales:

- Debe ser lo más resistente y ligero posible.
- Debe incorporar a la persona a la posición que desee.
- Económico para poder atraer al mayor número de compradores posibles.
- Tener suficiente autonomía en una sola carga para un día de uso.
- Montaje sencillo.

Para poder trabajar correctamente debemos tener en cuenta las normas establecidas por Organismos especializados en los temas a tratar.

Al trabajar con sillas de ruedas debemos respetar la normativa vigente, a continuación, mostrare el listado de la normativa que debe seguir una silla de ruedas:

- *NORMA UNE 111915:1991. Sillas de Ruedas. Dimensiones totales máximas.*
- *NORMA UNE-EN 12183:2010/2014. Sillas de ruedas de propulsión Manual. Requisitos y métodos de ensayos.*
- *UNE 111913:1991 Sillas de ruedas. Nomenclatura. Términos y Definiciones.*
- *UNE 111914-1:1991 Sillas de ruedas. Parte 1: determinación de la Estabilidad estática.*

Estas son las normas que hemos tenido que tener en cuenta para que nuestro diseño sea seguro y cumpla con la legislación actual.

3. PLANTEAMIENTO DE LAS SOLUCIONES.

Anteriormente hemos explicado el objetivo que queremos conseguir, elevar a una persona que está en silla de ruedas a una posición erguida, para realizar esta tarea planteamos una serie de ideas para conseguir nuestro objetivo.

A continuación, vamos a describir brevemente en qué consistía nuestras ideas para este proyecto:

- Transformar la silla de ruedas:

Nuestra primera opción era coger una silla de ruedas convencional y transformar el asiento fijo en un asiento que se elevase mediante un sistema de cilindros accionados por aire comprimido a través de un compresor. La idea era transformar la propia silla de ruedas (fig. 3.1). Como hemos podido observar en el apartado de clases de sillas de ruedas, ya existen esta clase de sillas en el mercado, llamadas sillas bipedestadas.



3.1 Adaptación a silla de ruedas bipedestada.

- Kit para silla de ruedas:

Esta idea consiste en construir un esqueleto externo a la silla para poder instalarlo y desinstalarlo de manera cómoda y rápida. El mecanismo funcionaría con unos actuadores eléctricos que funcionan gracias a la energía proporcionada por una batería comercial de 12 o 24V.

- Elevar la silla de ruedas:

Por último una idea que se nos ocurrió fue la de crear un sistema que, en lugar de elevar a la persona, elevara al conjunto silla-persona, mediante mecanismos como pistones, actuadores eléctricos o neumáticos.

Las tres ideas consiguen elevar a la persona o usuario de la silla de ruedas. Una vez planteadas las diferentes alternativas que tenemos, en el siguiente punto vamos a justificar la elección o el descarte de nuestras opciones.

4. ELECCIÓN JUSTIFICADA DE UNA SOLUCIÓN.

A continuación, vamos a hablar de la solución que hemos decidido elegir, el porqué de esta decisión y porque hemos descartado las otras ideas que habíamos planteado.

Primero hablaremos de las soluciones descartadas, la primera idea que tuvimos, que fue la de transformar la propia silla de ruedas era una idea que, en principio, nos parecía la ideal, pero que hemos descartado por los siguientes motivos:

- La idea de los cilindros neumáticos fue descartada puesto que es necesario el uso de un compresor y a su vez una fuente de energía para el compresor. Esto suponía añadir muchos elementos a la silla la cual tiene un espacio limitado, además del peso adicional y el precio.
- Además, trabajar en el chasis de la silla suponía cambiarla casi por completo, puesto que la idea era dejar las ruedas propulsoras con su eje y a partir de ahí construir un chasis móvil que pudiera elevarse y que iría completamente apoyado en el eje de las ruedas además su coste sería elevado.

Descartamos también la idea de elevar la silla por completo, las razones son las siguientes:

- Para empezar, elevar la silla de ruedas más la persona que la usa supone elevar un gran peso lo cual implica instalar unos actuadores demasiado grandes y costosos.
- Nuestro objetivo esencial es conseguir que la persona que use una silla de ruedas tenga la posibilidad de incorporarse y con esta idea solo conseguiríamos elevar a la persona, pero no incorporarla.

Por lo tanto, después de descartar estas dos ideas, finalmente hemos elegido el kit elevador para silla de ruedas por diversas razones que exponemos a continuación:

- En primer lugar, es un kit, lo que implica que podemos instalarlo en la silla de ruedas o desinstalarlo según nuestra voluntad.
- Al tener que elevar solo a la persona y ser menor peso podemos utilizar actuadores eléctricos menos potentes y por tanto más baratos y accesibles económicamente.
- El proceso de instalación sería rápido y reversible, solo haría falta fijarlo a la silla e instalar el sistema eléctrico, además solo haría falta una batería para la alimentación de los actuadores y no un compresor y batería como habíamos planteado en la primera idea.

- Por ultimo podemos hacer que nuestro esqueleto elevador se adapte a los diferentes tipos de sillas de ruedas que hay en el mercado puesto que no todas tienen las mismas dimensiones.

A continuación, daremos unos detalles del sistema que hemos seleccionado:

El sistema funcionará con una fuente de alimentación externa (batería) de 12/24 V que alimentará a todo el sistema de elevación, el sistema de transmisión de potencia constará de 4 actuadores eléctricos con fuerza suficiente como para poder elevar y bajar al usuario varias veces por carga.

El accionamiento que se ha pensado para este sistema es por medio de una unidad de control y un mando a distancia que controlará a los actuadores dos a dos, es decir, controlará a la vez los actuadores situados en el asiento del mecanismo y por otro lado controlará simultáneamente los actuadores situados en el respaldo de éste.

La batería y la unidad de control irán en la parte inferior trasera de la silla en un soporte creado por nosotros, los actuadores como hemos comentado irán 2 debajo del asiento y otros dos conectando el asiento y el respaldo.

La silla de ruedas que vamos a utilizar para el diseño de nuestro proyecto es una silla de ruedas que emplea Cruz roja en sus centros para ayudar a personas con problemas de movilidad.

Aquí podemos ver la silla de ruedas:



4.1 Silla de ruedas de Cruz Roja

Desafortunadamente desconocemos la marca, modelo y fecha de fabricación de nuestra silla de ruedas. Como podemos observar en las imágenes anteriores se trata de una silla de ruedas manual autopulsada, hemos elegido este tipo de sillas de ruedas debido a que los usuarios de esta clase de silla

de ruedas son gente con movilidad en el tronco superior, y por lo tanto capaces de manejar y controlar nuestro diseño que, como veremos más adelante funciona con un control remoto, además es una silla de ruedas representativo del parque de sillas de ruedas particulares y disponibles en las instalaciones sanitarias y de asociaciones de discapacitados.

En el mercado actual hemos visto que existen alternativas a nuestro diseño, como son las sillas de ruedas bipedestadas, pero estas últimas tienen un coste muy elevado de entorno a los 3500€, un precio muy elevado. Además, muchas personas ya disponen de silla de ruedas y no quieren comprar una nueva, por lo que hemos pensado que a estas personas les interesaría instalar nuestro kit en sus sillas de ruedas.

5. ESPECIFICACIONES.

Una vez elegida la idea que más viable nos ha parecido pasamos a elegir las especificaciones que queremos para nuestro proyecto, las especificaciones que hemos querido que nuestro proyecto tenga son las siguientes:

- Debe estar fabricado con un material resistente y no muy pesado ya que cuanto más ligero sea el esqueleto menos peso tendremos que elevar, posibles elecciones como Aluminio o Acero Inoxidable.
- El mecanismo se elevará mediante cuatro actuadores eléctricos alimentados con una batería de 12V o 24V.
- Debe ser lo más económico posible.
- Fácil de instalar y de desinstalar.
- Elevar al sujeto a la posición que más le favorezca.
- Tiene que ser capaz de elevar un peso máximo aproximado 120 kilos.
- A ser posible que pueda adaptarse a la mayoría de estilos de sillas de ruedas que hay en el mercado.
- Proporcionar suficiente autonomía o elevaciones suficientes entre carga y carga de la batería.

6. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.

6.1 DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO.

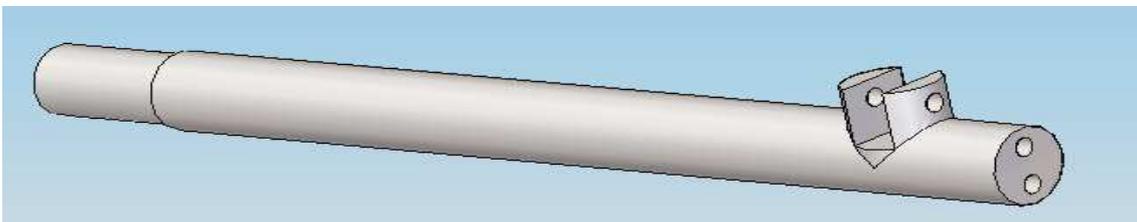
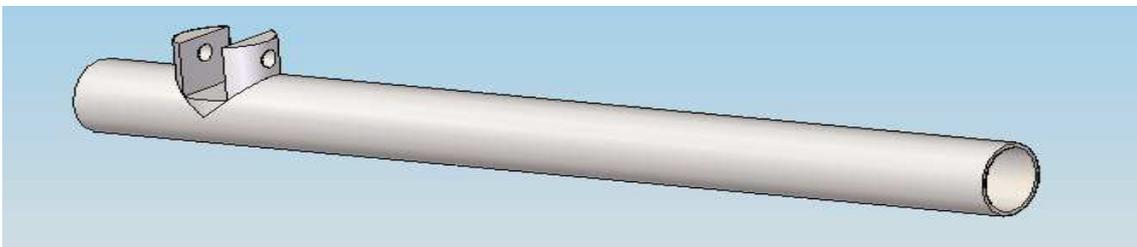
Para el diseño de nuestro proyecto he empleado software de dibujo, concretamente para el dibujo y diseño de las piezas he empleado el programa SOLID EDGE Versión 18.

A continuación, vamos a explicar el diseño mecánico de nuestro sistema elevador, es bastante simple.

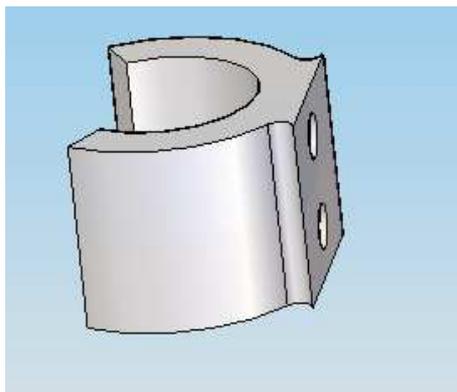
Este kit consta de:

Una barra frontal extensible (fig.6.1.1) que va unida al cuerpo de la silla mediante unos enganches fabricados con Aluminio (fig. 6.1.2).

Aquí podemos ver una imagen de las dos piezas de la barra frontal y la pieza de Aluminio:



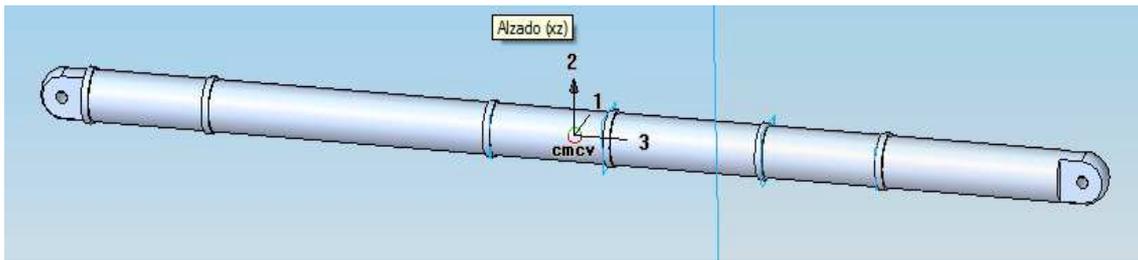
6.1.1 Barra frontal extensible



6.1.2 Pieza de Aluminio acoplada a la barra frontal

Habría dos piezas de Aluminio una en cada lado de la silla, para unir las piezas de Aluminio a los tubos de metal he empleado pernos de 5x30mm.

Unidos a este tubo extensible irían dos tubos más (fig. 6.1.3) que serían el asiento de nuestro exoesqueleto, estos dos tubos son idénticos. Aquí vemos una imagen de uno de ellos:

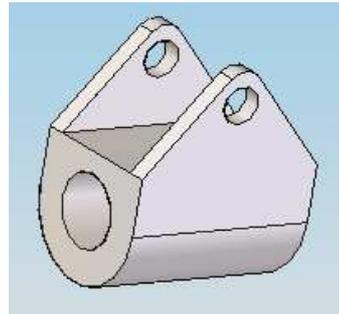
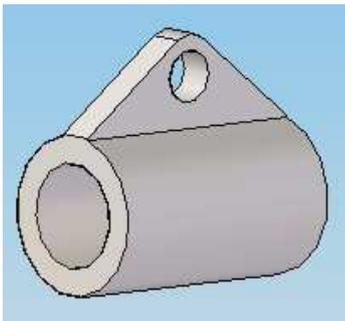


6.1.3 Uno de los tubos que forman el asiento

Como podemos apreciar estos tubos tienen terminaciones redondeadas para evitar roces con los demás componentes y permitir el giro sin ningún problema.

Como se puede observar en la imagen anterior hay seis protrusiones, estas protrusiones son arandelas que irían soldadas a la barra para fijar las piezas de Aluminio (fig. 6.1.4 y fig. 6.1.5) que irían dentro de la barra, a su vez estas piezas de Aluminio van unidas a los actuadores que hacen que nuestro esqueleto metálico pueda moverse.

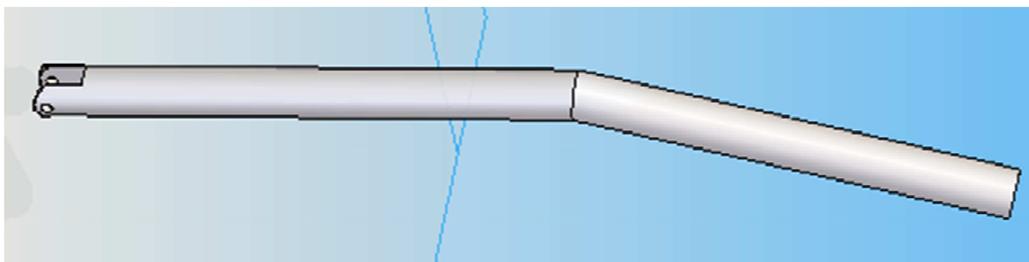
Aquí podemos ver las piezas de Aluminio comentadas anteriormente:



6.1.4 y 6.1.5 Piezas de Aluminio situadas en el asiento.

Con estos elementos tendríamos nuestro asiento, pasemos ahora a la parte del respaldo.

Esta parte está constituida por dos tubos también idénticos (fig. 6.1.6), como el siguiente:

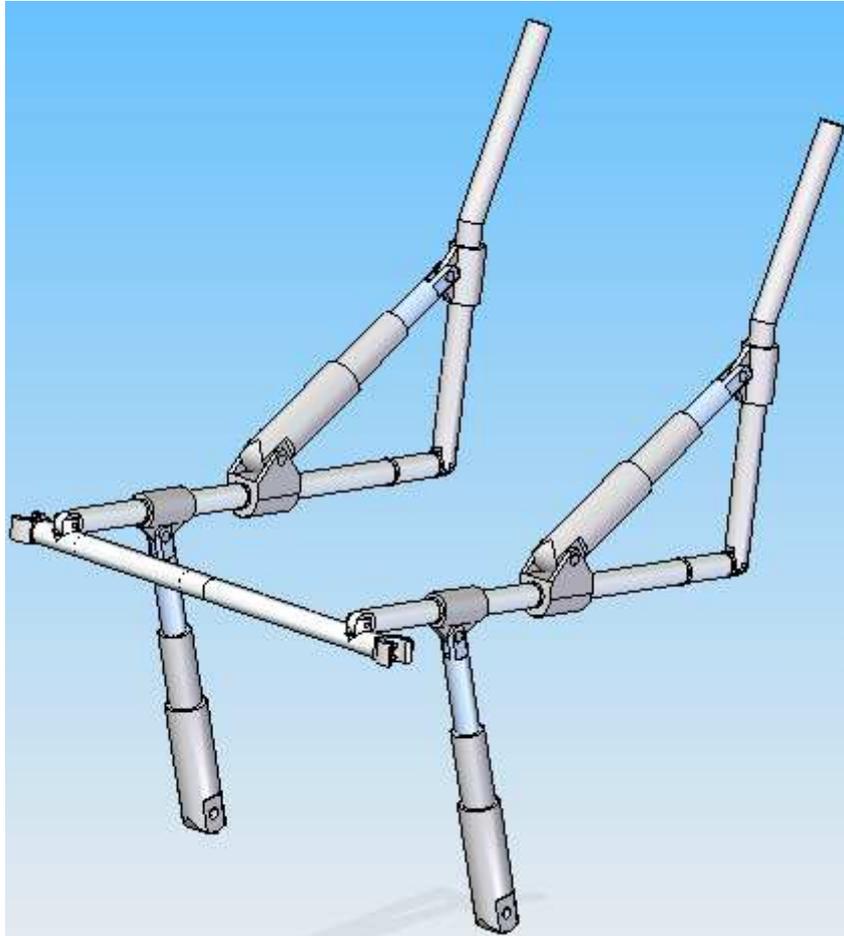


6.1.6 Uno de los dos tubos que componen el respaldo

En estos tubos podemos comprobar como la parte inferior que va unida al respaldo esta también redondeada para, como hemos mencionado antes, permitir el giro de los componentes.

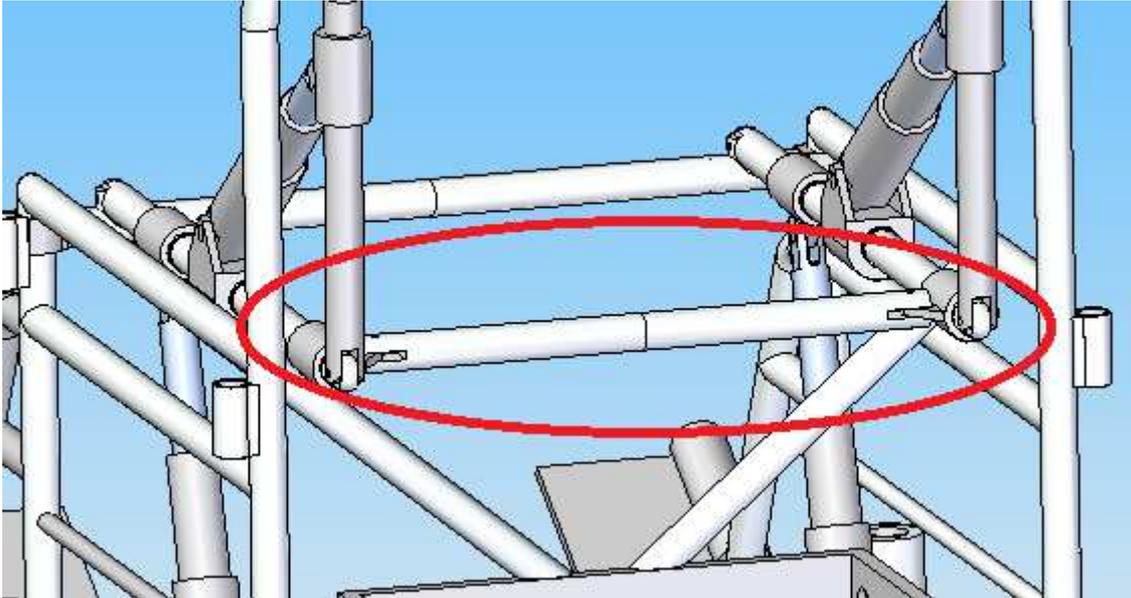
En la parte inferior recta de este tubo va una pieza de Aluminio como la fig. 6.1.4 que se desliza por este tramo, gracias a esto tenemos movimiento en el respaldo hasta que la pieza llega a la dobléz de la barra.

Aquí tenemos una imagen de cómo va quedando nuestro esqueleto montado:



6.1.7 Exoesqueleto montado con sus actuadores

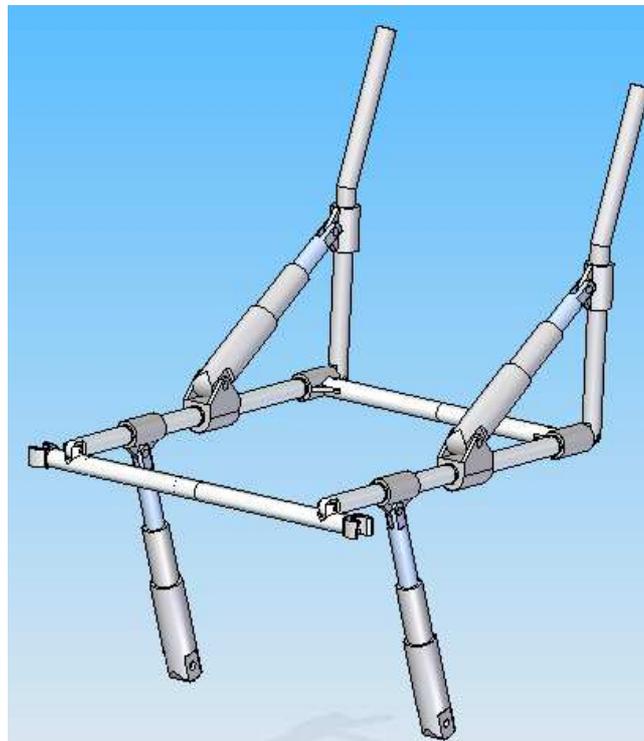
Nuestro kit está casi terminado salvo que si en este momento la persona se sentara en nuestra silla esta cedería hacia adentro pudiendo provocar daños en nuestra estructura, por lo que hemos decidido colocar un tubo en la parte posterior del asiento para reforzarlo.



6.1.8 Tubo extensible colocado en la parte posterior de nuestro asiento para reforzar estructura.

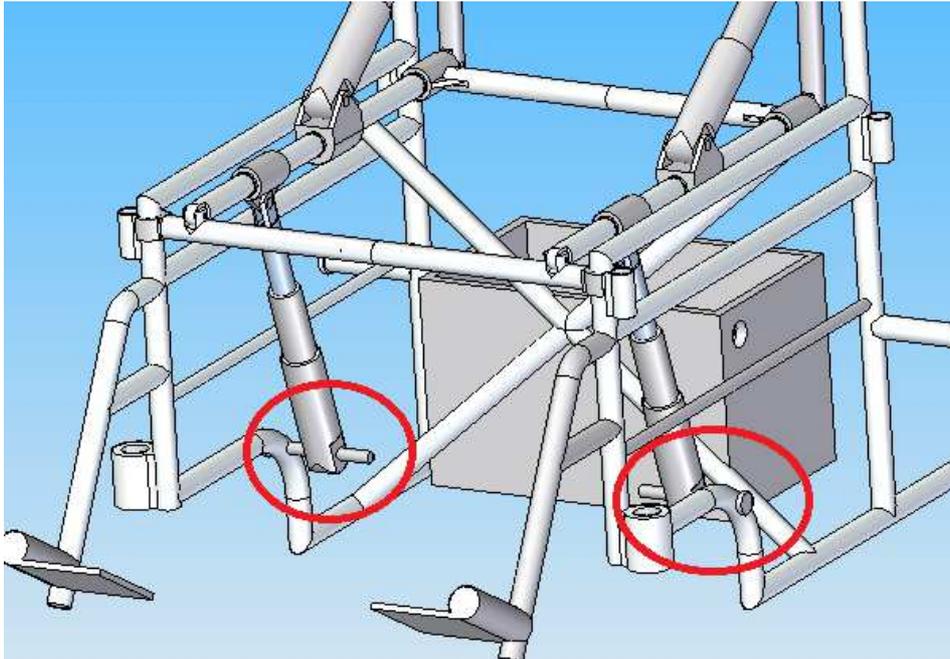
Este tubo es un tubo extensible como el que va en la parte delantera de nuestro kit, va unido al asiento por las mismas piezas de Aluminio mostradas anteriormente.

Ahora si tenemos nuestro kit terminado (fig. 6.1.9), aquí mostramos una imagen del mismo:



6.1.9 Exoesqueleto ya terminado

Comentar que todos los tubos que componen nuestro esqueleto son de 20mm de diámetro y 3 mm de espesor. Además, tanto el tubo frontal y trasero son extensibles para poder adaptarse a la anchura que tenga la silla de ruedas, sacrificamos un poco de resistencia por la adaptabilidad de nuestro sistema.



6.1.10 Barra encargada de soportar exoesqueleto soldada al cuerpo de la silla

Como podemos observar el kit tiene dos actuadores en la parte inferior, encargados de elevar el asiento, van unidos a las barras por medio de las piezas de Aluminio. Estos actuadores del asiento van unidos a dos tornillos de 10x100 mm que hemos colocado taladrando el cuerpo de la silla, estos tornillos son los elementos que más sufren puesto que se encargan de aguantar todo el conjunto persona-esqueleto metálico.

Entre el asiento y el respaldo hay también dos actuadores que permiten que el respaldo aumente el ángulo con respecto al asiento, abriéndose para poder incorporar a la persona.

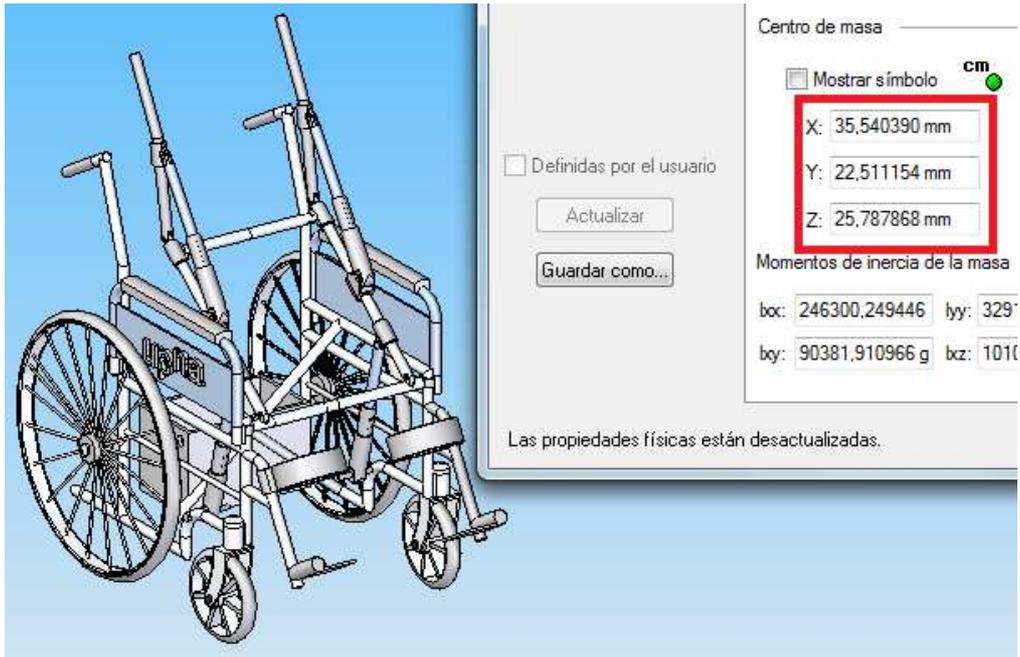
A continuación, vamos a proceder a realizar un pequeño cálculo estático, vamos a calcular el centro de gravedad de nuestra silla de ruedas en dos posiciones, una de las posiciones será con el esqueleto levantado, y la otra será con el esqueleto recogido.

6.2 CALCULO DEL CENTRO DE MASAS DE NUESTRO DISEÑO:

- *Calculo estático con esqueleto levantado:*

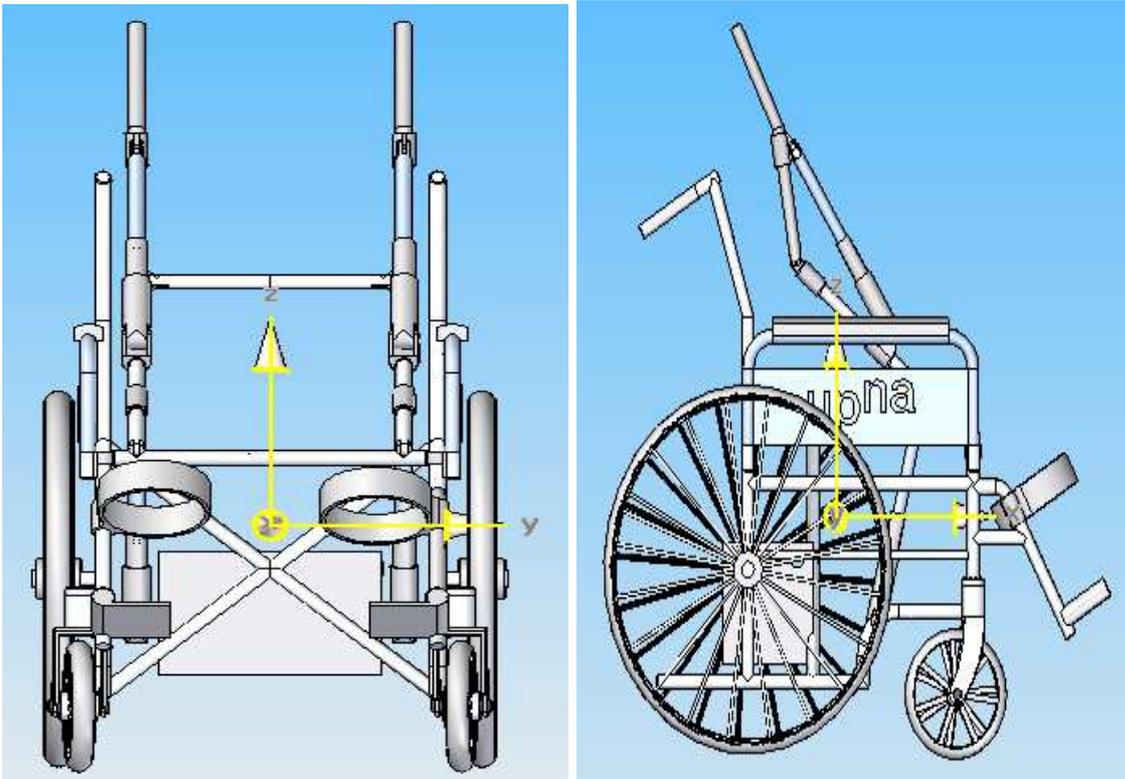
Vamos a proceder a calcular el centro de masas de nuestro diseño, es un cálculo sencillo, puesto que el programa de dibujo te da la opción de calcularlo.

En las siguientes imágenes podemos ver el cálculo:



6.2.1 Calculo centro de masas con mecanismo levantado

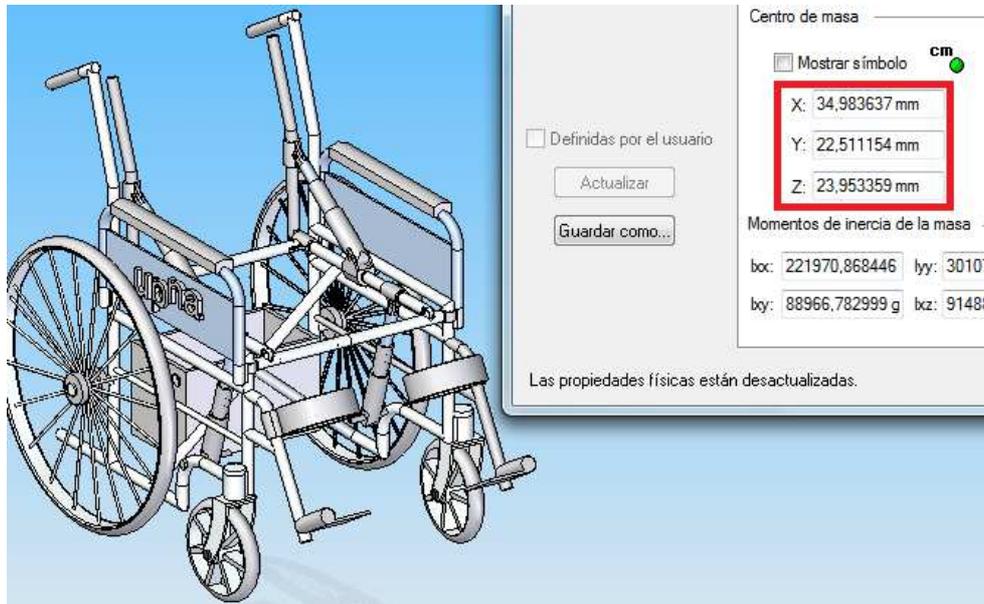
En el recuadro rojo se pueden observar las coordenadas de nuestro centro de masas, a continuación, una imagen visual de donde está localizado:



6.2.2 Visualización de centro de masas con mecanismo levantado

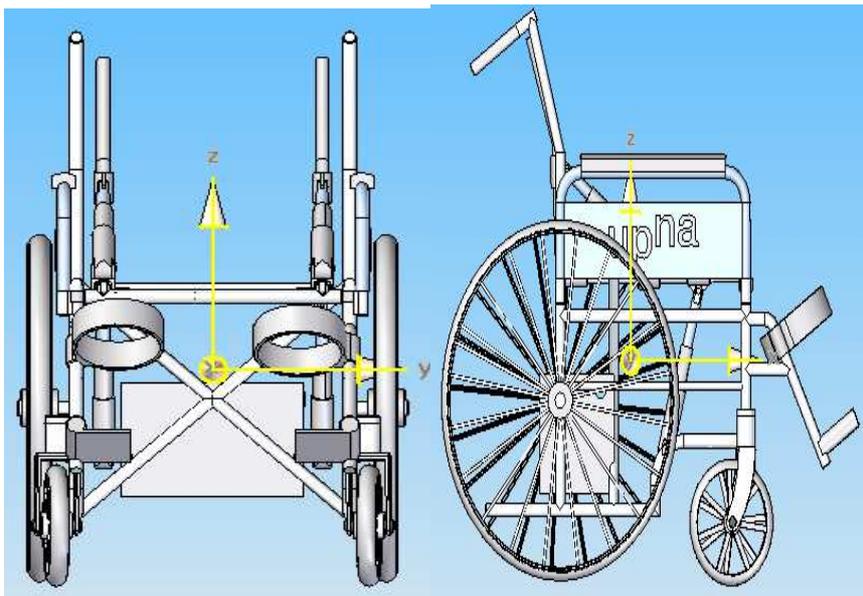
Gracias a este estudio podemos saber si la silla tiene un buen centro de gravedad sin la persona utilizándola, vemos que el centro de masas está bien posicionado y por lo tanto no debería haber peligro de inestabilidad.

- *Calculo estático con esqueleto recogido:*



6.2.3 *Calculo centro de masas con mecanismo recogido*

De nuevo seguimos los mismos pasos que antes y ponemos el eje de coordenadas en el punto de origen para hacernos una idea visual de su posición.



6.2.4 *Visualización de centro de masas con mecanismo recogido*

El centro de masas varía muy poco, es más estable con el esqueleto recogido ya que el centro de masas desciende un poco.

6.3 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO Y SISTEMA DE CONTROL.

Para hacer el sistema eléctrico de nuestro proyecto necesitamos los siguientes elementos:

- Fuente de alimentación.
- 4 actuadores.
- Sistema de control inalámbrico.
- Cable para unir todos los componentes.

La fuente de alimentación será una batería de 12V y 100Ah que suele utilizarse para automóviles, esta batería alimentará tanto al sistema de control como a los actuadores.

El sistema eléctrico y de control de este proyecto es bastante sencillo, necesitamos una fuente de energía, en nuestro caso será una batería convencional de 12 V y 100 Ah suficiente para alimentar a los cuatro actuadores y al sistema de control.

El sistema de control es un sistema inalámbrico comercial de 4 canales, porque los controladores van a ser dirigidos por parejas, los actuadores del asiento irán a la vez, al igual que los actuadores colocados en los respaldos. Para que su funcionamiento sea más sencillo dispondrán cada par de actuadores de dos botones, uno de ellas para extender los actuadores y el otro para recogerlos.

El sistema de control se llama **TRS464**, aquí podemos ver una imagen del aparato:



6.3.1 Sistema de control comercial de cuatro canales

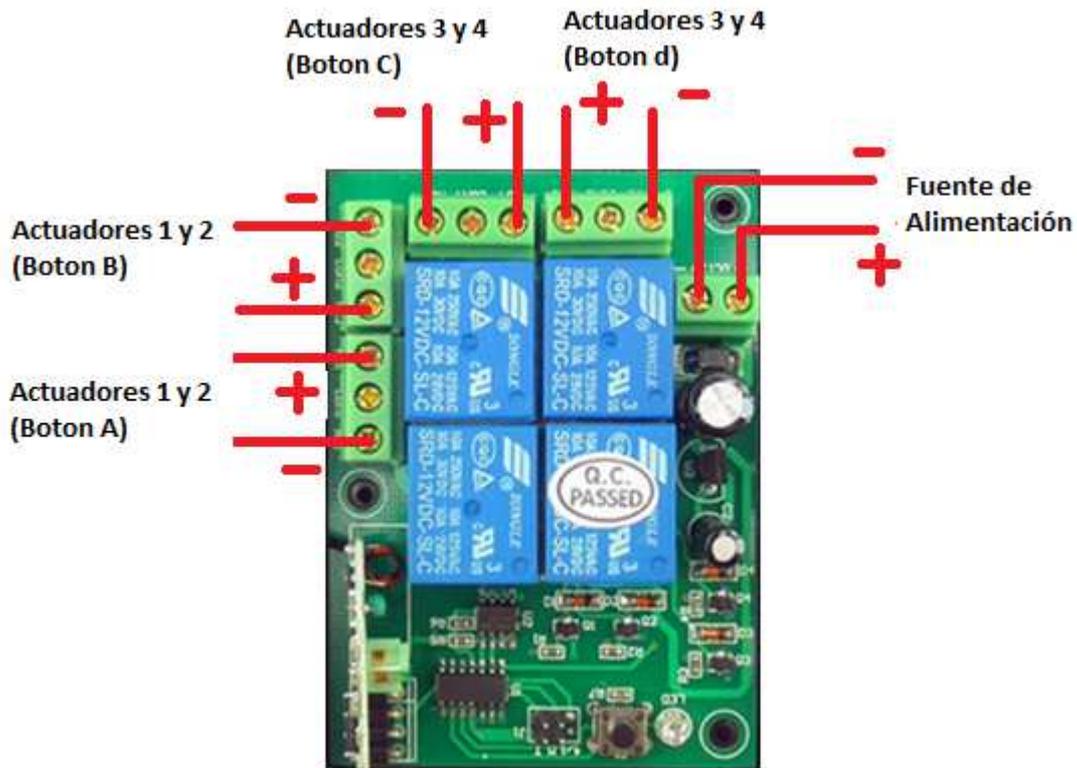
Este sistema de control funciona con un voltaje de 12 V y la corriente máxima de trabajo es de 5 A por canal lo que nos da un consumo máximo de 20 A.

El tamaño de este controlador es de 60x38.5x14mm.

El rango de temperaturas a las que puede operar es de -30°C a + 70°C.

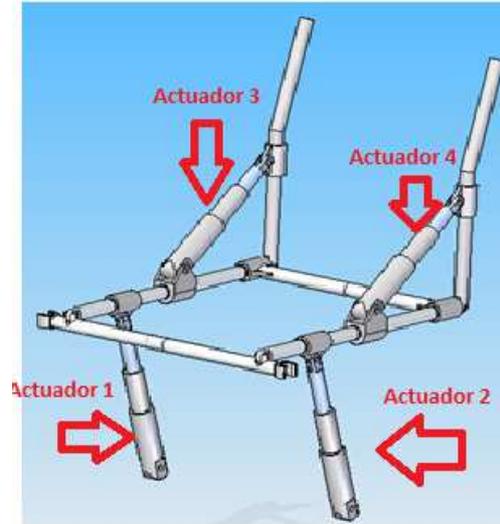
Su peso es de 120gr.

Aquí tenemos un esquema eléctrico de nuestro sistema de control:



6.3.2 Esquema eléctrico de nuestro sistema de control

En la siguiente imagen vemos un esquema de la disposición de los actuadores, los actuadores 1 y 2 van en el asiento y están controlados por los botones A (extienden los actuadores) y B (Recogen los actuadores). Los Actuadores 3 y 4 son los que mueven el respaldo, están controlados por los botones C (extienden los actuadores) y D (Recogen los actuadores).



6.3.3 Disposición de los Actuadores

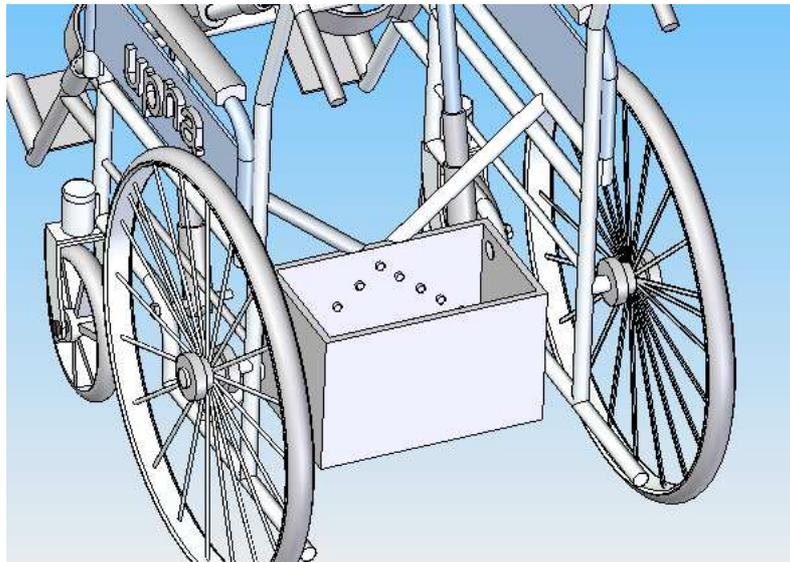
Ya hemos visto donde van colocados los actuadores, pero la batería y el controlador inalámbrico no, para ello hemos acoplado una caja en la parte trasera de la silla de ruedas, es aquí donde meteremos tanto la batería como el controlador, y solo saldrá de ella el cableado correspondiente.

Esta caja de plástico robusto de 10mm de espesor va unida a nuestra silla con tornillos de 5x40 mm, como el de la figura:



6.3.4 Tornillos de sujeción para la caja donde va nuestro sistema de alimentación y control

Así quedaría la caja para nuestro sistema eléctrico:



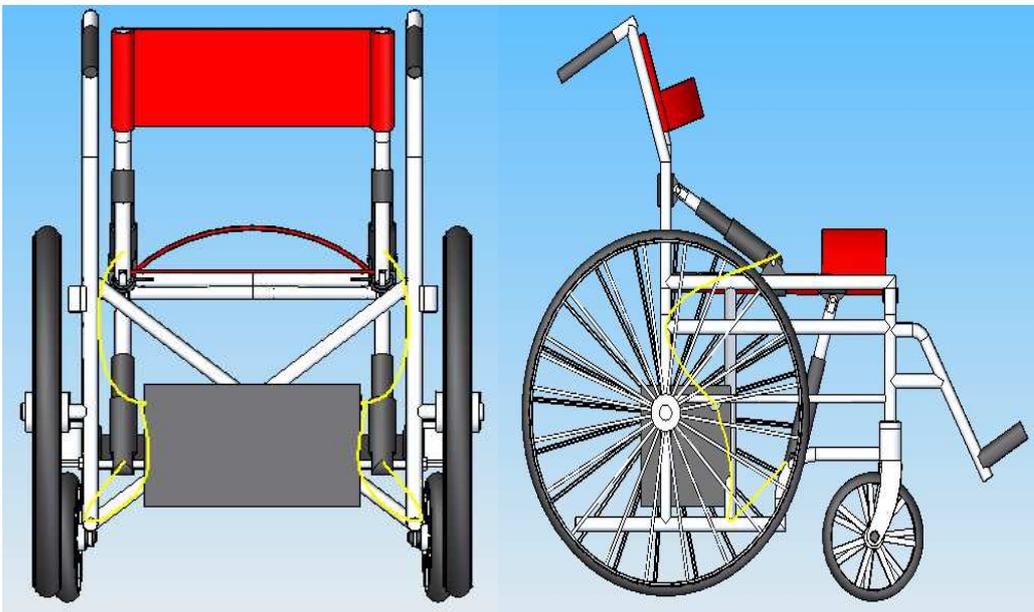
6.3.5 Caja sujeta al chasis de la silla de ruedas mediante tornillos

Podemos ver a los lados de la caja unos orificios, por ahí es por donde sacaremos nuestro cableado, este cableado ira a cada uno de los actuadores por debajo de la silla, es un cableado de tipo retráctil como el de la imagen siguiente.



6.3.6 Cable retráctil.

Al utilizar un cable de tipo retráctil la parte eléctrica no correrá peligro al elevarse nuestro diseño puesto que este cable se alarga bastante, guiaremos el cable por el chasis utilizando bridas para impedir que puedan cruzarse y romperse los cables. A continuación, una imagen de por dónde iría el cableado de nuestro diseño:

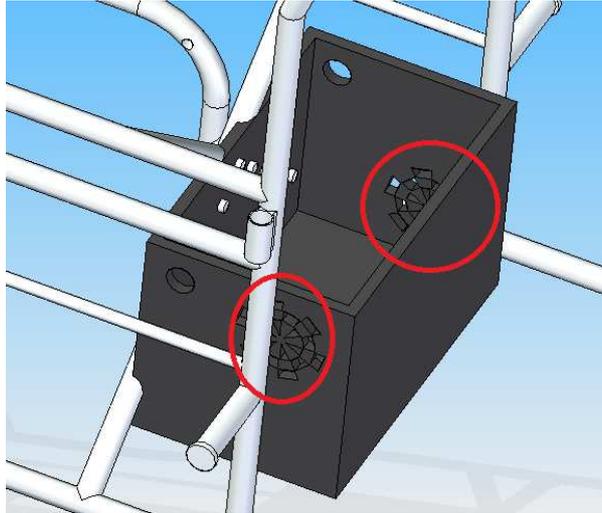


6.3.7 Cableado

La silla no es plegable una vez instalado nuestro kit, por lo que lo cables no corren peligro por ese lado, cuando desinstalemos el kit de la silla, ésta volverá a tener la función de ser plegable.

Un problema importante que nos ha surgido es el siguiente, en la caja instalada en la parte posterior de la silla de ruedas irán ubicadas tanto la batería como el controlador, los dos irradian calor y al ser una caja cerrada, un día caluroso se produciría mucho calor en su interior perjudicando la integridad y funcionamiento de ambos componentes.

Para solucionar este problema decidimos rediseñar la caja, para ello, hemos perforado ambos lados para permitir el flujo de aire, y además hemos hecho 4 orificios en el suelo para, en caso de que entrara algo de agua, evacuarla rápidamente.



6.3.8 Orificios de refrigeración.

Aquí podemos ver el enlace de un video con un sistema de control muy parecido al que hemos elegido para nuestro kit y también podemos ver su funcionamiento.

<https://www.youtube.com/watch?v=hN7Wl2Uwb8s>

6.4 ELECCION DE LOS ELEMENTOS COMERCIALES.

6.4.1 ACTUADORES.

Para nuestro proyecto y tras buscar varios tipos de actuadores hemos decidido decantarnos por un tipo de actuador llamado **ANT35**.



6.4.1.1 Actuador eléctrico ANT35

Elegimos este actuador en concreto por estas razones:

- Temperatura (Rango: -5°C a $+70^{\circ}\text{C}$ Almacenamiento: -40°C a $+70^{\circ}\text{C}$).
- Pequeñas dimensiones y diseño elegante.
- Funcionamiento a 12V/24V DC.
- P54 y clase de protección IP66.
- Protección ante sobrecarga.
- Sensores Hall para el control de precisión y posicionamiento.
- No hay ruido de carga: 50 dB.
- Precio de 141€.

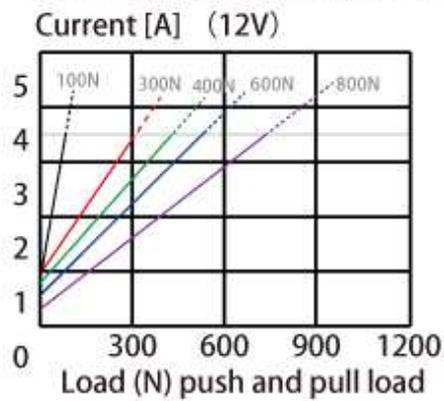
Max. cargar	[N]	100	300	400	600	800	1200	1800	2300	3000
Velocidad a la carga máxima	[mm/s]	43	17	13	9	7	4.5	3	2.3	1.8

Recomendado max. corriente: 12VDC=3.5A/24VDC=1.5A

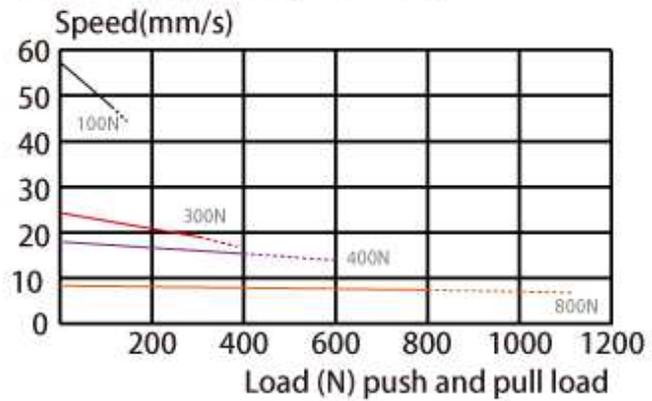
Carrera	[mm]	50	100	150	200	250	300	350	400
Peso	[kg]	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6

En la siguiente imagen mostramos los gráficos de este tipo de actuadores:

Curve(Force/current)



Curve(Speed/force)



6.4.1.2 Gráficos característicos actuador ANT35

A continuación, podemos ver algún ejemplo de actuador que hemos descartado por varias razones.

Actuador lineal eléctrico SKF, 500N, Destornillador ACME, 12V dc, 16mm/s, Recorrido de 50mm

Código RS 764-3461
 Fabricante SKF
 N° ref. fabric. CAHB-10-A3A-050158AAA000-000



247,37 €
 Precio Unidad

6.4.1.3 Ejemplo de actuador comercial

Este actuador funciona al voltaje correcto pero el recorrido es muy insuficiente, además el precio es más elevado nuestro actuador y su carga máxima son 500N un poco justo para el peso que tiene que mover.

Los actuadores con capacidad suficiente de carga (alrededor de 800N) cuestan del orden de 200-250€, más caro que el actuador que hemos escogido.

6.4.2 BATERIA.

Otro elemento del sistema eléctrico es la batería, que nos proporcionará toda la energía necesaria para el funcionamiento de nuestro elevador.

En nuestro caso como los actuadores y el sistema de control funcionan con 12 V nuestra batería también será de 12 V y 100Ah.

La batería seleccionada es la siguiente:



6.4.2.1 Batería Eximius Altium

Se trata de una batería de 12 V y 100 Ah EXIMIUS ALTILIUM, es una batería compacta de larga duración y con la potencia suficiente para hacer funcionar nuestro mecanismo.

Además, es una batería más barata que sus semejantes puesto que no es una marca muy reconocida, el precio de esta batería es de 88€ llegando a ser casi la mitad del precio de otras baterías semejantes.

Aquí tenemos una batería de las mismas características, pero de precio muy superior:



Baterías 12V 100Ah

de All Batteries

Por Batería(s). La marca Fulr
Este modelo de batería Fulr

[Ver más información en All](#)

149,00 €

Envío gratuito
All Batteries

[Ir a tienda](#)

6.4.2.2 Ejemplo de batería comercial

6.4.3 CONTROLADOR.

Para terminar, vamos a utilizar un sistema controlador como el que vimos anteriormente, gracias a este sistema podemos hacer que funcionen los actuadores como nosotros queramos y podemos controlarlo fácilmente con un control remoto o mando a distancia.

Este es el controlador que vamos a utilizar:



6.4.3.1 Sistema de control TRS464

Existen otros tipos de sistemas de control en el mercado, con varios canales nosotros hemos escogido este controlador en concreto de 4 canales, vamos a controlar los actuadores dos a dos, además es un controlador muy económico (13€) a diferencia de otros controladores que son más caros y realizan la misma función.



6.4.3.2 Sistema de control 4 canales alternativo

Este sistema de control se llama S4T-DC12 es un sistema muy similar al que hemos elegido nosotros salvo por pequeñas diferencias, nuestro sistema de control es más pequeño, más ligero y prácticamente a la mitad de precio, sin embargo, este último sistema de control tiene mayor alcance unos 100m frente a los 20m de nuestro controlador, pero esta característica no nos afecta debido a que vamos a utilizar el mando a distancia muy próximo a nuestro controlador.

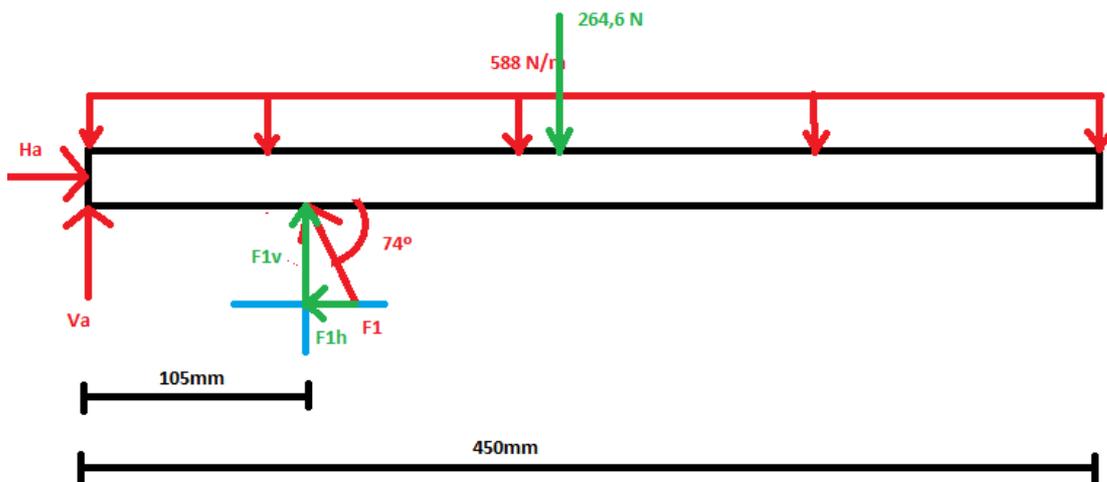
6.5 CONSUMO DE ELEMENTOS ELECTRICOS Y AUTONOMIA:

En este apartado vamos a calcular según el peso del sujeto que va a utilizar nuestra silla y las especificaciones de cada componente eléctrico, el consumo de energía y la autonomía que tenemos para nuestro elevador, también daremos una estimación de la velocidad a la que irán los actuadores.

Vamos a analizar la situación en intervalos de 10 kg, desde 80kg hasta 120 kg.

Para saber a cuanta fuerza están sometidos los actuadores inferiores hemos realizado los siguientes cálculos teóricos para un peso de 120 kilos:

Disponemos de una de las barras laterales que configuran nuestro asiento y el actuador en ángulo de 74 grados.



Aquí tenemos las fuerzas que actúan sobre la barra, la fuerza F1 es la que hace el actuador, tiene un ángulo de 74°, la fuerza uniforme sobre la barra es la de la persona que se sienta, al haber dos barras el peso se distribuye por igual sobre las dos barras, actuando una fuerza de 60 Kg o 588 N.

Debemos calcular F1 para saber cuánta fuerza tiene que ejercer el actuador.

Para ellos calculamos el momento en el punto A:

$$\sum M(A)=0$$

$$F1v \times 0,105m - 264,6 N \times 0,225m = 0$$

$$F1v = 567 N$$

Sabemos que $F1 = F1v \times \sin 74^\circ$, por lo tanto, $F1 = 545 \text{ N}$ o que es lo mismo que 56 Kg .

Por lo tanto, podemos deducir que cada actuador inferior hará una fuerza equivalente a la mitad del peso del usuario de la silla.

Como no sabemos cuanta fuerza se ejerce sobre el respaldo supondremos que cada actuador del respaldo actúa con la mitad de fuerza que los actuadores del asiento.

Vamos a calcular ahora el consumo y autonomía en intervalos de 10 kg , desde una persona de 80 kg hasta una persona de 120 kg .

- **Para una persona de 80 kg:**

Los actuadores del asiento soportan cada uno $40 \text{ Kg} = 392\text{N}$, según las gráficas del actuador, estos actuadores consumirán 8 A entre los dos e irán a una velocidad de 15mm/s .

Para los actuadores del respaldo suponemos que soportan cada uno $20 \text{ Kg} = 196\text{N}$, si miramos las gráficas esto supone un consumo de 6 A entre los dos y una velocidad de accionamiento de 30mm/s .

Si sumamos el consumo de los actuadores nos da 14 A , a este consumo le tenemos que sumar otros 14 A de nuestro controlador, por lo que da un consumo total de 28 A .

Si nuestra batería de 100Ah , nos proporciona 100 A durante 60 minutos, entonces podrá proporcionarnos 28 A durante $214,3$ minutos o lo que es lo mismo $3,5$ horas aproximadamente.

Para terminar, la carrera de nuestros actuadores es de 155 mm , según la velocidad de cada actuador hemos calculado que subir y bajar nuestro mecanismo supone 31 segundos, por lo tanto, con un pequeño calculo podemos saber cuántas veces podremos subir y bajar con nuestro diseño, alrededor de unas 415 veces.

- **Para una persona de 90 kg:**

Los actuadores del asiento soportan cada uno $45 \text{ Kg} = 441\text{N}$, según las gráficas del actuador, estos actuadores consumirán 8 A entre los dos e irán a una velocidad de 15mm/s .

Para los actuadores del respaldo suponemos que soportan cada uno $22,5 \text{ Kg} = 220,5\text{N}$, si miramos las gráficas esto supone un consumo de 6 A entre los dos y una velocidad de accionamiento de 25mm/s .

Si sumamos el consumo de los actuadores nos da 14 A , a este consumo le tenemos que sumar otros 14 A de nuestro controlador, por lo que da un consumo total de 28 A .

Si nuestra batería de 100Ah , nos proporciona 100 A durante 60 minutos, entonces podrá proporcionarnos 28 A durante $214,3$ minutos o lo que es lo mismo $3,5$ horas aproximadamente.

La carrera de nuestros actuadores es de 155 mm , según la velocidad de cada actuador hemos calculado que subir y bajar nuestro mecanismo supone 33 segundos, por lo tanto, con un pequeño calculo podemos saber cuántas veces podremos subir y bajar con nuestro diseño, alrededor de unas 390 veces.

- **Para una persona de 100 kg:**

Los actuadores del asiento soportan cada uno 50 Kg = 490N, según las gráficas del actuador, estos actuadores consumirán 8 A entre los dos e irán a una velocidad de 9 mm/s.

Para los actuadores del respaldo suponemos que soportan cada uno 25 Kg = 245N, si miramos las gráficas esto supone un consumo de 6 A entre los dos y una velocidad de accionamiento de 20mm/s.

Si sumamos el consumo de los actuadores nos da 14 A, a este consumo le tenemos que sumar otros 14 A de nuestro controlador, por lo que da un consumo total de 28 A.

Si nuestra batería de 100Ah, nos proporciona 100 A durante 60 minutos, entonces podrá proporcionarnos 28 A durante 214,3 minutos o lo que es lo mismo 3,5 horas aproximadamente.

La carrera de nuestros actuadores es de 155 mm, según la velocidad de cada actuador hemos calculado que subir y bajar nuestro mecanismo supone 50 segundos, por lo tanto, con un pequeño calculo podemos saber cuántas veces podremos subir y bajar con nuestro diseño, alrededor de unas 258 veces.

- **Para una persona de 110 kg:**

Los actuadores del asiento soportan cada uno 55 Kg = 539N, según las gráficas del actuador, estos actuadores consumirán 8 A entre los dos e irán a una velocidad de 9mm/s.

Para los actuadores del respaldo suponemos que soportan cada uno 27,5 Kg = 269,5N, si miramos las gráficas esto supone un consumo de 8 A entre los dos y una velocidad de accionamiento de 18mm/s.

Si sumamos el consumo de los actuadores nos da 16 A, a este consumo le tenemos que sumar otros 16 A de nuestro controlador, por lo que da un consumo total de 32 A.

Si nuestra batería de 100Ah, nos proporciona 100 A durante 60 minutos, entonces podrá proporcionarnos 32 A durante 187,5 minutos o lo que es lo mismo 3 horas y 7 minutos aproximadamente.

La carrera de nuestros actuadores es de 155 mm, según la velocidad de cada actuador hemos calculado que subir y bajar nuestro mecanismo supone 51,6 segundos, por lo tanto, con un pequeño calculo podemos saber cuántas veces podremos subir y bajar con nuestro diseño, alrededor de unas 218 veces.

- **Para una persona de 120 kg:**

Los actuadores del asiento soportan cada uno 60 Kg = 588N, según las gráficas del actuador, estos actuadores consumirán 8 A entre los dos e irán a una velocidad de 9mm/s.

Para los actuadores del respaldo suponemos que soportan cada uno 30 Kg = 294N, si miramos las gráficas esto supone un consumo de 8 A entre los dos y una velocidad de accionamiento de 17mm/s.

Si sumamos el consumo de los actuadores nos da 16 A, a este consumo le tenemos que sumar otros 16 A de nuestro controlador, por lo que da un consumo total de 32 A.

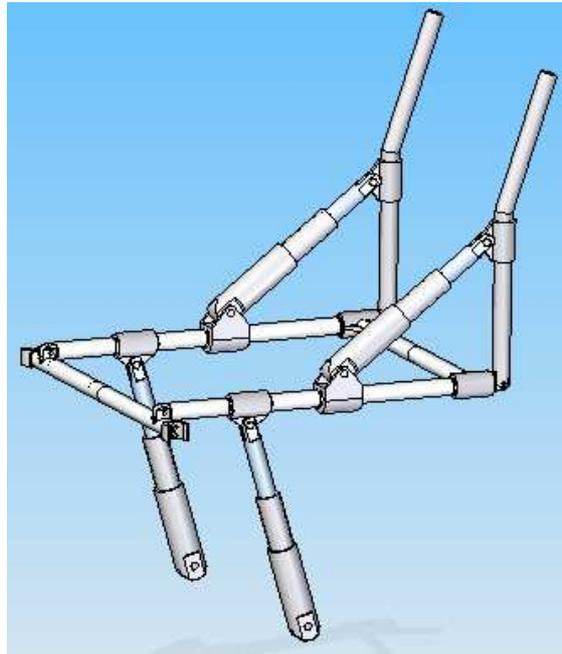
Si nuestra batería de 100Ah, nos proporciona 100 A durante 60 minutos, entonces podrá proporcionarnos 32 A durante 187,5 minutos o lo que es lo mismo 3 horas y 7 minutos aproximadamente.

La carrera de nuestros actuadores es de 155 mm, según la velocidad de cada actuador hemos calculado que subir y bajar nuestro mecanismo supone 52,6 segundos, por lo tanto, con un pequeño calculo podemos saber cuántas veces podremos subir y bajar con nuestro diseño, alrededor de unas 213 veces.

6.6 INTEGRACION DE LOS ELEMENTOS EN LA SOLUCION FINAL.

En esta sección vamos a hablar de la representación en 3D de nuestro proyecto, mostrare tanto nuestro exoesqueleto como el conjunto entero silla-exoesqueleto.

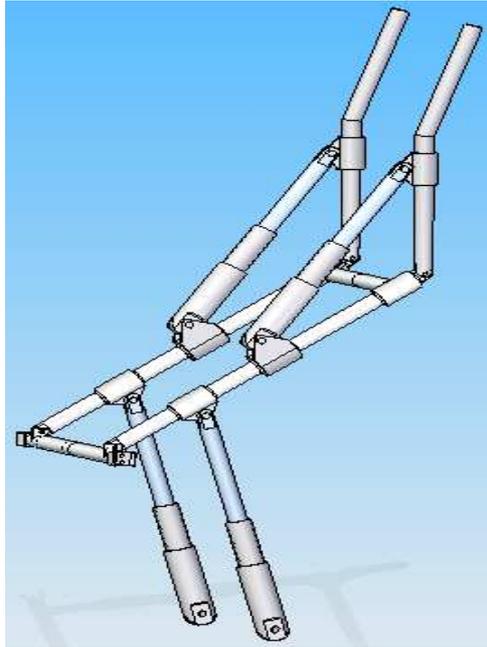
Primero mostrare el exoesqueleto:



6.6.1 Kit en estado inicial

Aquí vemos nuestro exoesqueleto en la posición inicial en la cual estaríamos sentados normalmente.

Ahora mostraremos el exoesqueleto completamente erguido gracias a los cuatro actuadores:

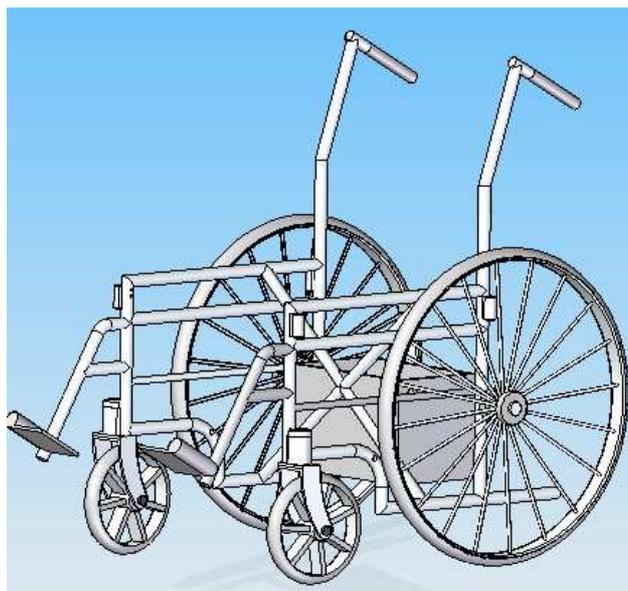


6.6.2 Kit completamente elevado

Observamos como los actuadores han realizado su función y hemos conseguido incorporar a la persona de su posición normal permitiéndole alcanzar objetos antes inaccesibles o elevar su visión.

Pero para poner este exoesqueleto tenemos que tener algo en donde ponerlo por lo tanto ahora veremos nuestra silla de ruedas en 3D.

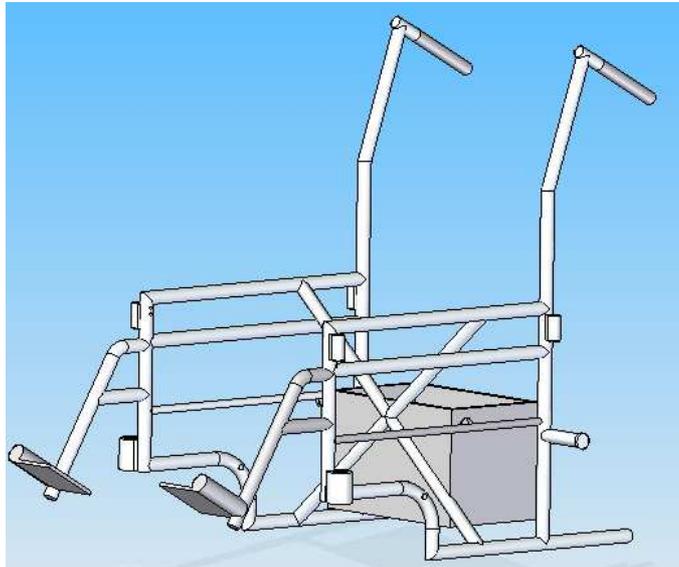
Decir que la silla fue cedida por Cruz Roja y aunque el modelo es un poco antiguo sirvió de gran ayuda a la hora de tomar mediciones.



6.6.3 Cuerpo de nuestra silla de ruedas sin kit de elevación.

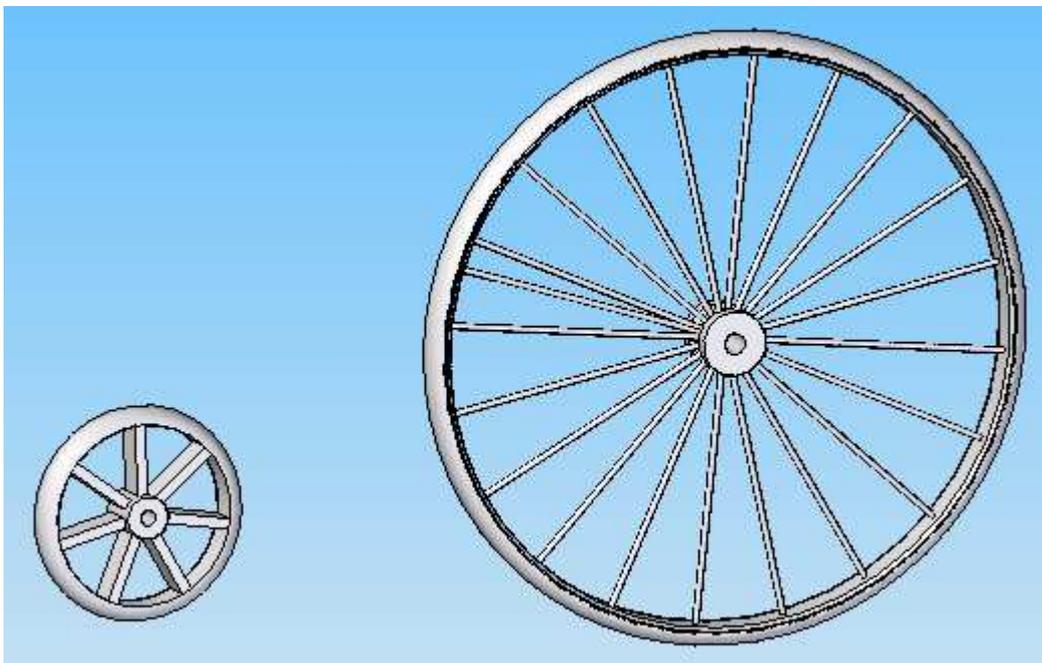
Para la construcción de la silla de ruedas tuvimos que ir paso a paso:

- Primero construimos el chasis principal:



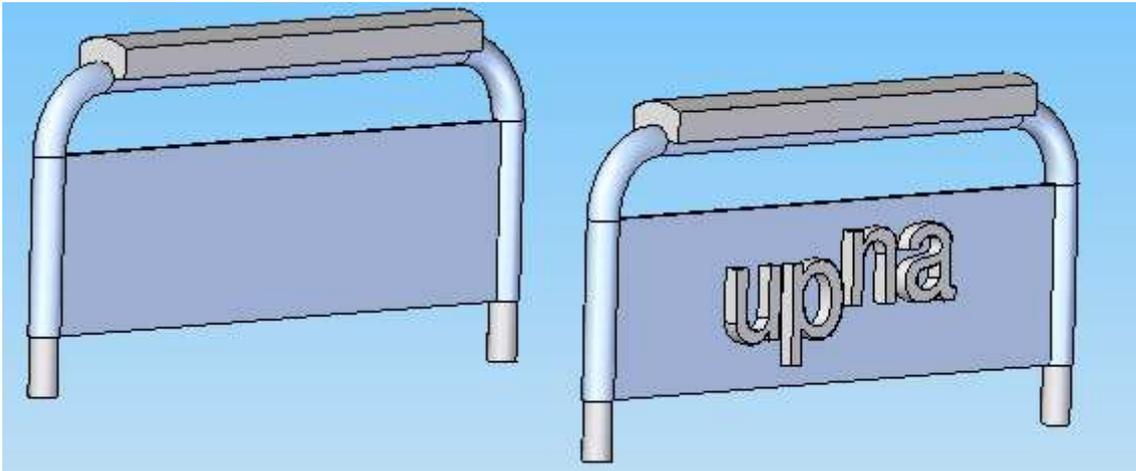
6.6.4 Chasis de silla de ruedas con caja para sistema de alimentación y sistema de control.

- Segundo realizamos el dibujo de las ruedas pequeñas y grandes.



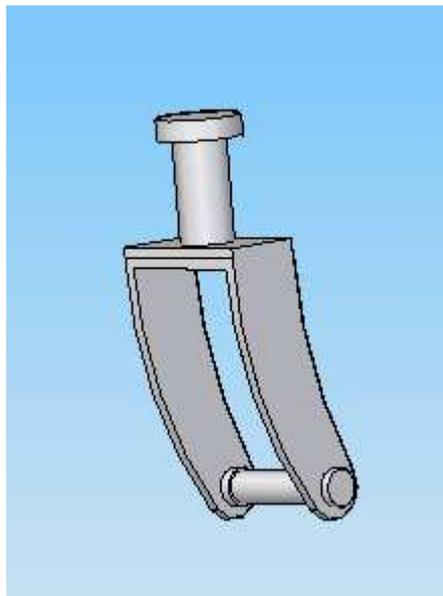
6.6.5 Rueda grande y pequeña de nuestra silla de ruedas.

- Después realizamos los apoyabrazos.



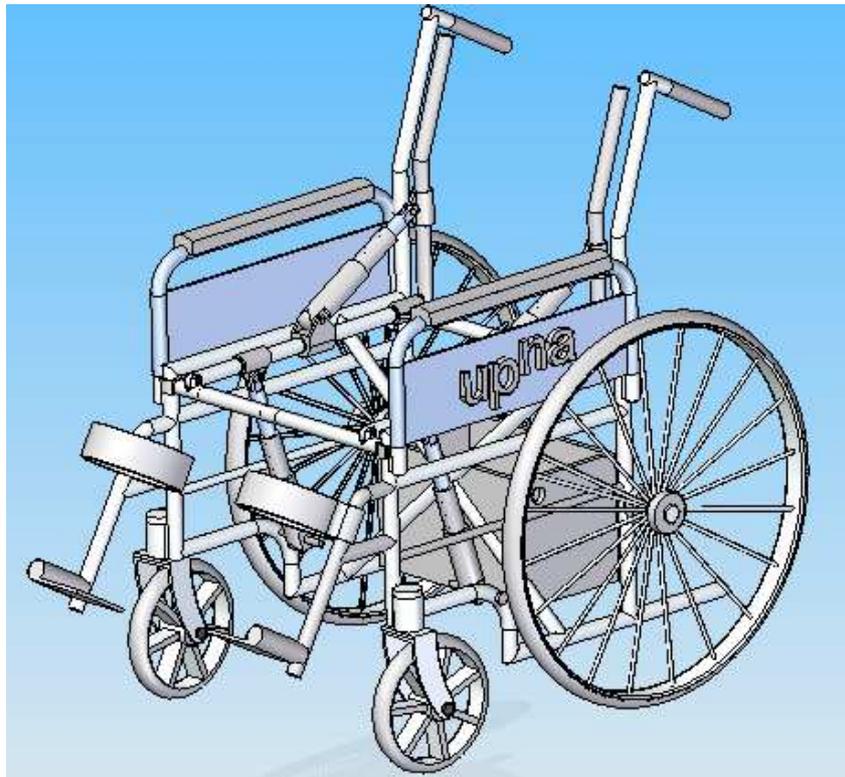
6.6.6 Apoya brazos izquierdo y derecho.

- Por ultimo realizamos los soportes móviles de las ruedas delanteras.

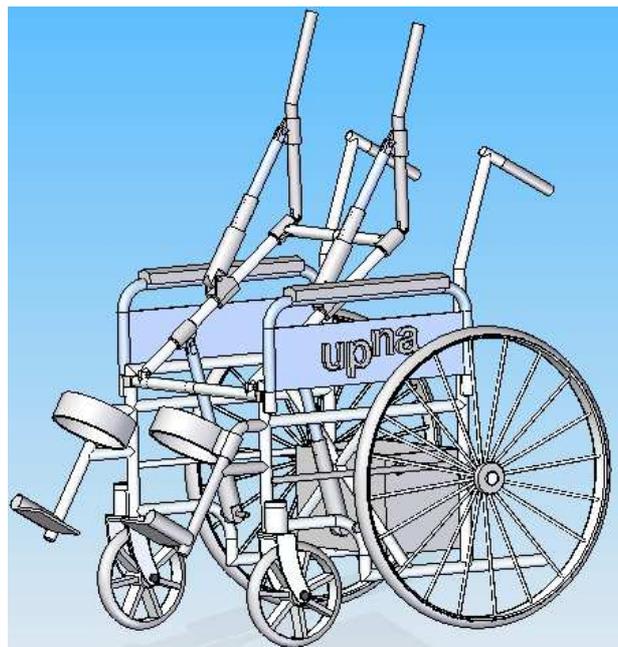


6.6.7 Soporte rueda pequeña.

A continuación, podremos ver la representación en 3D del conjunto completo silla-exoesqueleto.



6.6.8 Imagen de la silla de ruedas con el kit acoplado y recogido.



6.6.9 Imagen de la silla de ruedas con el kit acoplado y elevado.

Como podemos observar en las imágenes anteriores nuestro mecanismo consigue elevar a la persona bastante.

No podemos incorporar más a la persona ya que si consiguiéramos llegar a la vertical podríamos correr el riesgo de desestabilizar o desequilibrar a la persona y que caiga hacia adelante, los actuadores tienen una carrera limitada y no permiten llegar al mecanismo a la vertical.

Ahora vamos a mejorar nuestro diseño para que nos hagamos una idea de cómo iría la persona en la silla, además de mejorar la apariencia de nuestro diseño.

Le hemos dado color y hemos colocado a nuestro kit el asiento y el respaldo de tela junto con las cintas de velcro que sujetaran los muslos, las piernas y el pecho de nuestro sujeto.



6.6.10 Kit con tela de asiento y respaldo y cintas de sujeción anti caídas.

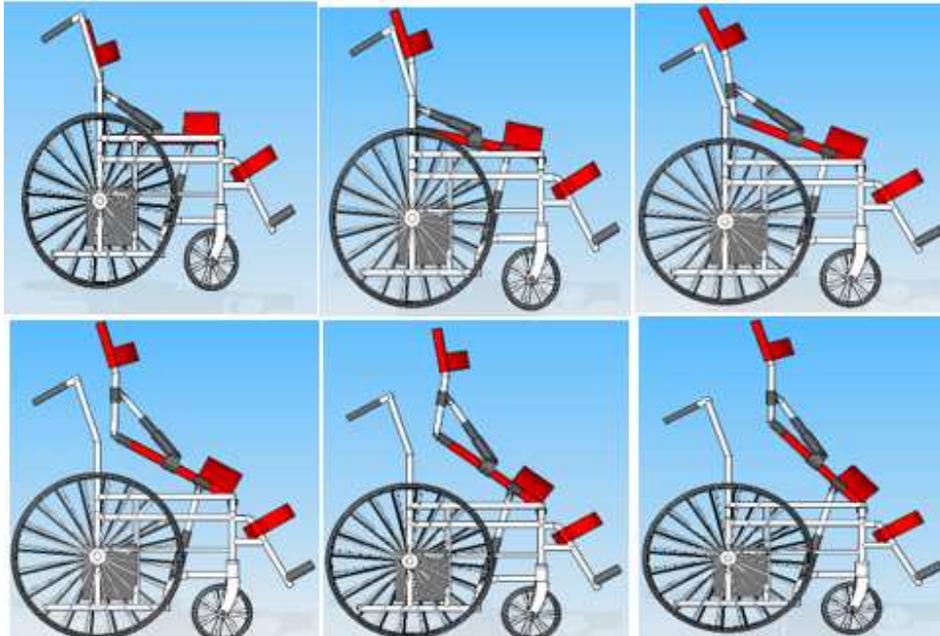
También hemos colocado unas cintas de velcro para sujetar las piernas de la persona que utilice la silla, estas cintas son imprescindibles puesto que, sin ellas, al levantarse el mecanismo la persona se caería para delante.



6.6.11 En esta imagen podemos ver el sistema instalado además de las tiras de sujeción para las piernas del usuario.

Como se puede apreciar hemos dado un poco de color a nuestro diseño, nosotros hemos elegido estos colores, pero se podrían poner al gusto de cada persona, además hemos añadido el logo de la UPNA que nos parecía apropiado, puesto que este proyecto se ha hecho en dicha universidad.

Al no poder mostrar un video del movimiento de nuestro mecanismo vamos a mostrar una secuencia de imágenes donde se puede ver el movimiento de éste:



6.6.12 Secuencia de elevación de nuestro kit.

6.7 SEGURIDAD:

Nunca se debe comprometer la salud y la seguridad de los usuarios con el fin de reducir costos. Aun cuando pueda parecer que cualquier silla de ruedas es mejor que no tener ninguna, no es así cuando la silla de ruedas causa o ayuda a causar lesiones u otros riesgos para la salud.

Una silla de ruedas se debe diseñar para que asegure la salud y la seguridad del usuario. Hay muchas situaciones en que el usuario puede resultar lesionado debido a su propia silla de ruedas, como se aprecia en los ejemplos siguientes.

- Una silla de ruedas sin cojín o provista de un cojín inadecuado puede causar escaras de presión. Este hecho, a su vez, puede exigir que el usuario permanezca muchos meses en cama; sin atención ni tratamiento adecuados; con frecuencia aparecen otras escaras, complicaciones secundarias, etc.
- Las sillas de ruedas inestables pueden volcarse y los usuarios pueden caerse y lesionarse.
- Las sillas de ruedas demasiado anchas o excesivamente pesadas pueden causar lesiones de los hombros.

- Los bordes filudos de las superficies pueden causar cortes que a su vez pueden conducir a infecciones.
- Un diseño deficiente puede determinar que haya puntos en la silla de ruedas donde el usuario u otras personas puedan pellizcarse los dedos o la piel.
- Las sillas de ruedas que no resisten el uso diario en el entorno del usuario pueden fallar prematuramente y lesionar al usuario.

El objetivo de esta sección es el de ayudar a definir lo que constituye una silla de ruedas segura y confiable, y cómo evaluar estos atributos. Cuando una silla de ruedas falla, el usuario no sólo corre riesgo de lesionarse, sino que quizás no pueda ir a ningún lugar ni hacer nada hasta que se repare o se reemplace la silla de ruedas.

Además de cerciorarse de que la silla de ruedas sea segura y efectiva, la evaluación de resistencia y durabilidad es una manera de reunir información importante que puede servir a todas las partes interesadas: usuarios, diseñadores, proveedores, fabricantes, instituciones de financiamiento. Llevar registros exactos de los resultados de pruebas de resistencia y durabilidad de las sillas de ruedas contribuirá a que los modelos de sillas de ruedas evolucionen de tal modo que su calidad y efectividad mejoren continuamente.

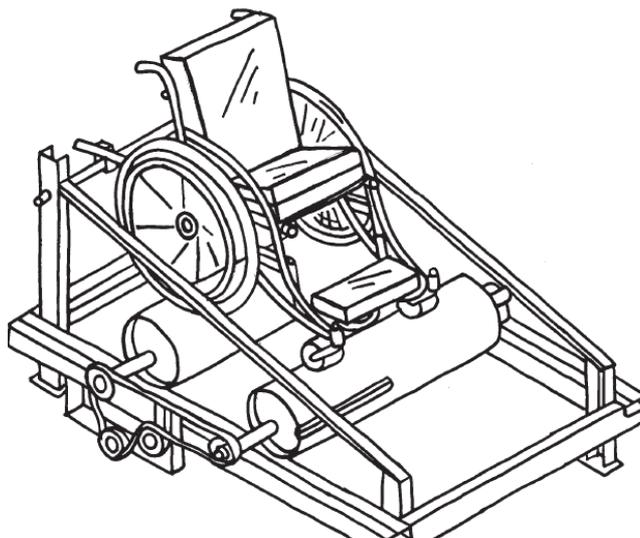
A continuación, veremos unas pautas a seguir para asegurar la resistencia, durabilidad y seguridad de una silla de ruedas:

- Todas las sillas de ruedas deben cumplir los requisitos de resistencia, durabilidad y seguridad del usuario en su propio entorno.
- Se recomienda que cada país elabore sus propias normas de sillas de ruedas con el fin de asegurar calidad razonable, por ejemplo, con base en la serie de normas **ISO 7176**. Al elaborar normas nacionales, es importante tomar en cuenta los pesos y tallas de los usuarios, el uso típico, los equipos de prueba disponibles y la tecnología disponible en materia de sillas de ruedas. Las normas deben estar a disposición de fabricantes, compradores y usuarios, y se las debe revisar periódicamente.
- Se debe evaluar todas las sillas de ruedas sobre la base de los requisitos de resistencia, durabilidad y seguridad que ha fijado el país, y los resultados deben estar a disposición de usuarios y compradores.

Una silla de ruedas debe tener la resistencia y durabilidad suficientes para resistir el desgaste que le ocasiona el usuario y para dar a éste seguridad, El desgaste se compone de lo siguiente:

- fuerzas estáticas
- impactos
- tensiones de fatiga

Para asegurar resistencia y durabilidad, se puede instalar un aparato de prueba simple, como se ve en la Fig. 6.7.1.



6.7.1 Prueba de resistencia para sillas de ruedas.

El carácter inflamable de la silla de ruedas, la eficacia de los frenos y la seguridad de las superficies de la silla de ruedas también afectan la seguridad del usuario.

En la tabla siguiente podemos ver los requisitos que tiene que tener cada parte de la silla de ruedas.

pisaderas (apoya pies)	La pisadera debe plegarse con una cantidad razonable de fuerza.
	La pisadera no debe romperse ni doblarse si se la usa para levantar usuario y silla de ruedas.
	La pisadera no debe romperse ni doblarse si se carga a más pasajeros o bultos.
	La pisadera no debe romperse ni doblarse si choca con un objeto como, por ejemplo, una pared o un bordillo.
Frenos	Los frenos deben impedir que la silla de ruedas resbale en una pendiente.
	Los frenos no deben soltarse súbitamente mientras están en uso.
apoya brazos	Se debe poder retirar el apoyabrazos con una cantidad razonable de fuerza.
	El apoyabrazos no debe romperse ni doblarse con el peso del usuario.
	El apoyabrazos no debe romperse ni doblarse si se usa para levantar al usuario y la silla de ruedas.
Manillas de empuje	Las manillas de empujar no deben romperse ni doblarse si se las usa para levantar al usuario y la silla de ruedas.
	El asidero no debe deslizarse de la manilla de empujar cuando se ayuda al usuario a subir una escalera o un bordillo.
Armazón	El armazón no debe romperse ni doblarse si se usa en terreno disparejo.
Espaldar y asiento	Espaldar, asiento y armazón no deben romperse ni doblarse durante traslados ni en recorridos por terreno disparejo.
Rueda trasera y	Armazón, ruedas o ejes no deben romperse ni doblarse cuando el usuario pasa por

eje	encima de un bordillo normal.
	Ruedas, ejes o soportes de ruedas no deben fallar cuando el usuario baje de un bordillo en diagonal.
	Ejes o soportes de ruedas no deben romperse ni doblarse bajo esfuerzos típicos.
Rueda Orientable	El conjunto no debe fallar si la rueda orientable choca con algo (p. ej. un bordillo).
Generalidades	Las superficies no deben tener bordes filudos, puntas agudas ni lugares que pellizquen.
	La silla de ruedas no debe ser inflamable, esto es, no se debe usar materiales combustibles.
	Las sillas de ruedas deben llevar adhesivos reflectantes adelante y atrás para mayor seguridad en la calle.
	Las palancas basculantes no deben romperse cuando el asistente las usa para inclinar al usuario hacia atrás.
	El reborde para las manos no debe romperse cuando se golpea contra algo.
	La silla de ruedas no debe romperse si se cae o si el asistente la deja caer al cargarla o descargarla en un bus o automóvil.
	La silla de rueda no debe romperse en uso normal.

6.7.2 Tabla de requisitos relacionados de resistencia y durabilidad de cada parte de una silla de ruedas.

El procedimiento que se sigue según las normas ISO 7176-8, 7176-3 y 7176-16 para evaluar la resistencia, durabilidad y seguridad en una silla de ruedas son los siguientes:

- **Pruebas nacionales.**

Se recomienda que todos los fabricantes y suministradores tengan acceso fácil a las pruebas de acuerdo con las normas nacionales para sillas de ruedas. Un método de dar accesibilidad a las pruebas es ocupar métodos de prueba que sean sencillos y de bajo costo.

- **Pruebas de fatiga.**

Las pruebas de fatiga son críticas para asegurar la confiabilidad y seguridad de una silla de ruedas. Cuando no sea posible realizar pruebas de fatiga, es particularmente importante llevar a cabo pruebas con el usuario, bien vigiladas, y seguimiento a largo plazo, con el fin de evaluar seguridad, confiabilidad y durabilidad.

Incluso quienes realizan pruebas de fatiga deben tener presente que ni el equipo de pruebas efectivas ni los ciclos que dictan las normas reflejan forzosamente las cargas efectivas que la silla de ruedas habrá de resistir durante su vida útil. La vigilancia del uso de la silla de ruedas en el terreno ayudará a determinar la durabilidad y el desempeño de la silla de ruedas en el tiempo.

- **Pruebas ambientales.**

Las pruebas de taller no someten a las sillas de ruedas a las condiciones ambientales típicas que soportan. Muchas sillas de ruedas fallan debido a cojinetes sucios o gastados, pernos o

armazones oxidados, etc. Por eso, el seguimiento a largo plazo de los usuarios reviste gran importancia.

El paso siguiente a estas pruebas serían las pruebas con usuarios, se realizan después de las pruebas de taller, con el fin de ofrecer retroalimentación acerca de la durabilidad, efectividad y desempeño funcional en las condiciones y en el ambiente en que se ha de usar. Los usuarios proporcionan retroalimentación durante la prueba, a intervalos determinados, y responden preguntas específicas acerca del desempeño de la silla de ruedas.

Si las pruebas de los usuarios revelan que es probable que haya fallas, se debe instituir cambios o se debe buscar una silla de ruedas diferente y las pruebas deben reiniciarse. Si se trata de producción, si hay que hacer cambios importantes en el modelo, se debe realizar nuevamente las pruebas de resistencia y durabilidad, seguidas de nuevas pruebas de los usuarios. Si sólo hay que hacer cambios menores, se puede evitar las pruebas de resistencia y durabilidad, y realizar nuevamente las pruebas de los usuarios.

Acabamos de hablar sobre cómo se debe proceder a la hora de calcular la resistencia, durabilidad y seguridad en una silla de ruedas, ahora vamos a estudiar una característica clave para la seguridad en una silla de ruedas.

Esta característica es la estabilidad. Existen dos tipos de estabilidad:

- La estabilidad estática se refiere a la estabilidad de la silla de ruedas cuando no está en movimiento. Esto determina si la silla de ruedas se volcará (algunas de las ruedas pierden el contacto con el suelo) cuando el usuario, por ejemplo, se inclina para recoger algo del suelo o se sienta o se levanta de la silla.
- La estabilidad dinámica se refiere a la estabilidad de la silla de ruedas en movimiento. Esto determina si el usuario puede pasar sobre resaltos o superficies inclinadas sin volcarse.

En el apartado **a. Diseño del sistema mecánico**, de este mismo punto, realizamos un cálculo estático de nuestra silla de ruedas más nuestro mecanismo acoplado tanto cuando el mecanismo está recogido, como cuando el mecanismo está elevado.

El estudio nos sirvió para comprobar que, sin el usuario, nuestro sistema es estable, convendría realizar este mismo estudio, con el usuario en la silla de ruedas para ver, si como creemos, el sistema es estable o no.

Además, nuestro sistema o exoesqueleto se va a mover por medio de cuatro actuadores, si estos actuadores no están sincronizados, corremos el riesgo de desestabilizar el conjunto o romperlo y por tanto el usuario de nuestra silla de ruedas correría peligro.

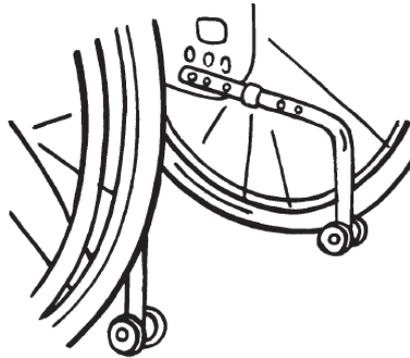
Para ello hemos decidido que los actuadores funcionen sincronizados dos a dos, es decir, los actuadores que mueven el asiento funcionarían al unísono, al igual que los actuadores del respaldo, esto confiere al

usuario pleno poder sobre la posición que quiera adoptar. Si es verdad que si el usuario hace un mal uso de los actuadores y se coloca en una posición inadecuada podría volcar.

Para aumentar la estabilidad de nuestra silla de ruedas o de cualquier silla de ruedas podemos optar por diferentes opciones:

- Bajar el asiento y así también el centro de gravedad del usuario:
 - Ventajas
 - Puede ser más fácil que el usuario alcance objetos que están en el suelo.
 - Es más probable que el asiento (y las rodillas del usuario) calcen bajo los escritorios y las mesas.
 - Los usuarios podrán usar mejor los pies para ayudar la propulsión (si pueden hacerlo).
 - Desventajas
 - Al estar más abajo puede ser más difícil alcanzar objetos en altura.
 - La postura puede ser menos cómoda y la presión sobre el asiento del usuario puede aumentar (causa de escaras de presión).
 - La postura del usuario para empujar puede empeorar y el acceso a los rebordes con las manos puede resultar más difícil.
- Si se aleja la rueda trasera del centro de gravedad del usuario, hacia atrás:
 - Ventajas
 - Algunas personas, por ejemplo, ciertos amputados dobles más arriba de la rodilla, necesitan más estabilidad posterior porque su centro de gravedad está más atrás.
 - Desventajas
 - Mayor tendencia a virar cuesta abajo sobre pendiente lateral.
 - El usuario tendrá menos acceso al reborde con las manos y el empuje será más corto, con lo que será más difícil empujar la silla de ruedas y las extremidades superiores se verán más exigidas.
 - Será más difícil ejecutar una maniobra “wheelie” para rodear obstáculos.
 - Es más difícil maniobrar la silla de ruedas en espacios estrechos.
- Uso de dispositivos anti volcamiento (Fig. 7.42) para impedir que la silla de ruedas se vuelque hacia atrás:

- Ventajas
 - Los dispositivos anti volcamiento pueden ser útiles para ciertos usuarios que son inestables o están aprendiendo a realizar la maniobra “wheelie” (en que el usuario levanta las ruedas orientables delanteras y se equilibra sobre las de propulsión traseras).
- Desventajas
 - En su mayoría, los modelos anti volcamiento limitan la capacidad de la silla de ruedas para trasladarse sobre superficies disparejas (como aceras o hundimientos).



6.7.3 Dispositivo anti volcamiento.

- Si se mueve la rueda orientable delantera hacia adelante respecto del centro de gravedad del usuario:
 - Ventajas
 - La silla de ruedas no se volcará hacia adelante si las ruedas orientables se detienen bruscamente ante un objeto sobre el cual no pueden rodar.
 - Menos peso sobre las ruedas delanteras reducirá la resistencia rodante de las ruedas delanteras y permitirá que la silla ruede con más facilidad.
 - Desventajas
 - La longitud total de la silla de ruedas es mayor, por lo que es más difícil maniobrarla en espacios estrechos.
- Uso de ruedas orientables delanteras más grandes:
 - Ventajas
 - El tamaño de las ruedas orientables delanteras afecta en grado importante la estabilidad dinámica: con ruedas delanteras más grandes, la silla de ruedas

podrá pasar por encima de obstáculos más grandes, sin detenerse ni volcarse hacia adelante.

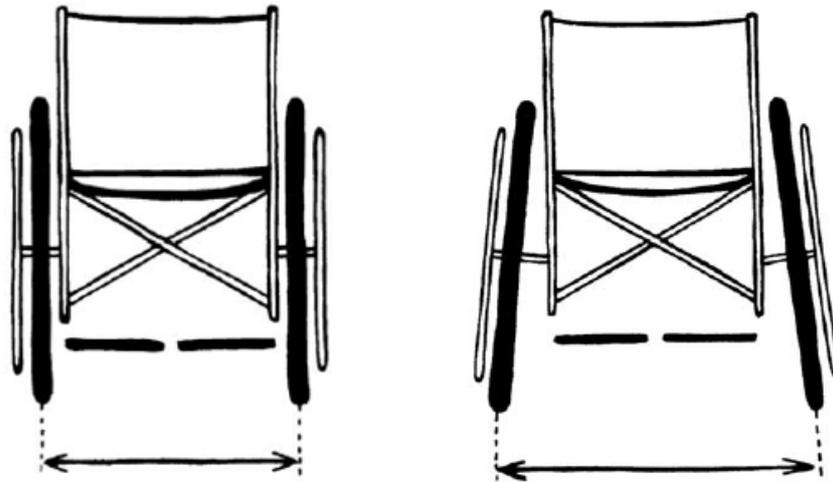
- Desventajas
 - Las ruedas orientables delanteras más grandes necesitan más espacio para girar; el diseño de la silla de ruedas tendrá que ser mucho más largo o más ancho de modo que quede espacio para los pies del usuario.

- Si se aumenta el ancho de la silla de ruedas:
 - Ventajas
 - Hay más estabilidad.
 - Asiento cómodo.
 - Es mejor para personas con exceso de peso.

 - Desventajas
 - Es más difícil que una silla de ruedas anchas pase por puertas angostas.
 - Ineficiente para empujarla y agotadora para las extremidades superiores, porque el usuario debe estirarse para alcanzar los rebordes con las manos y empujar.

- Inclinar las ruedas (Fig. 6.7.4):
 - Ventajas
 - Las ruedas inclinadas quedan más cerca del usuario y más alineadas con el movimiento de empuje hacia adelante que hace éste, con lo que resulta más fácil empujar. Lo anterior puede ser de utilidad especial para las mujeres, quienes habitualmente tienen los hombros más angostos, pero las caderas más anchas que los hombres.
 - La tracción es mejor al cruzar terrenos en pendiente.

 - Desventajas
 - Es más difícil pasar una silla de ruedas ancha por puertas angostas.
 - Las ruedas inclinadas aumentan el ancho de la silla de ruedas cuando está plegada.



6.7.4 Silla con ruedas rectas y silla con ruedas inclinadas

Otro aspecto importante en nuestro proyecto es que, al acoplar un mecanismo móvil, exista riesgo de atrapamiento de las extremidades superiores.

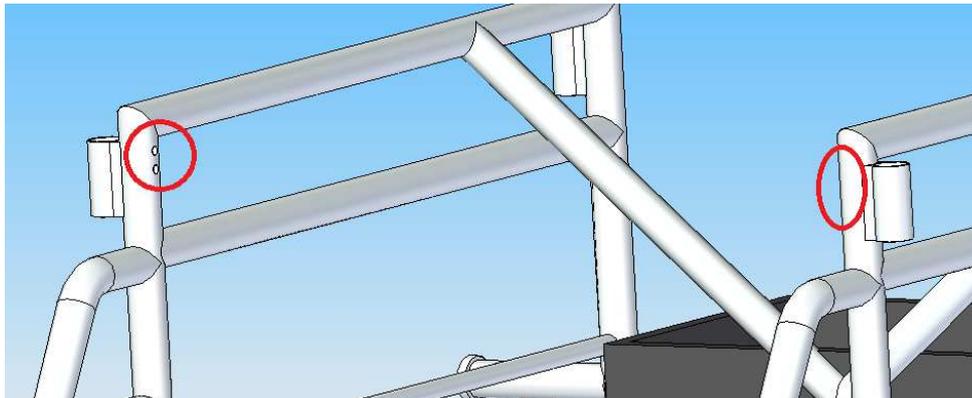
Existe un pequeño riesgo de atrapamiento, si no se hace un uso responsable del mecanismo, si las extremidades superiores no se meten por ningún lugar extraño, no hay riesgo de atrapamiento.

Además, la baja velocidad de funcionamiento y el control de los actuadores por medio de un mando inalámbrico, permite, en caso de notar algún tipo de molestia parar el recorrido de los actuadores.

7 MONTAJE Y HERRAMIENTAS NECESARIAS.

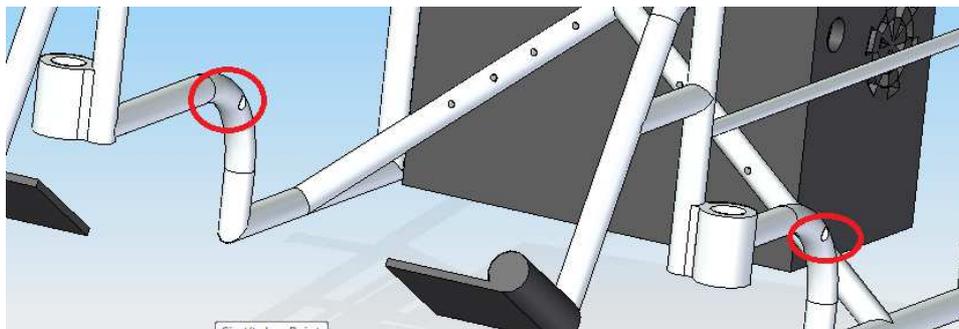
En este apartado vamos a explicar el montaje y las operaciones que debemos hacer si queremos instalar nuestro exoesqueleto a una silla de ruedas.

En primer lugar, nos centraremos en las operaciones que debemos hacerle a la propia silla de ruedas, únicamente debemos hacerle orificios tanto pasantes como ciegos:



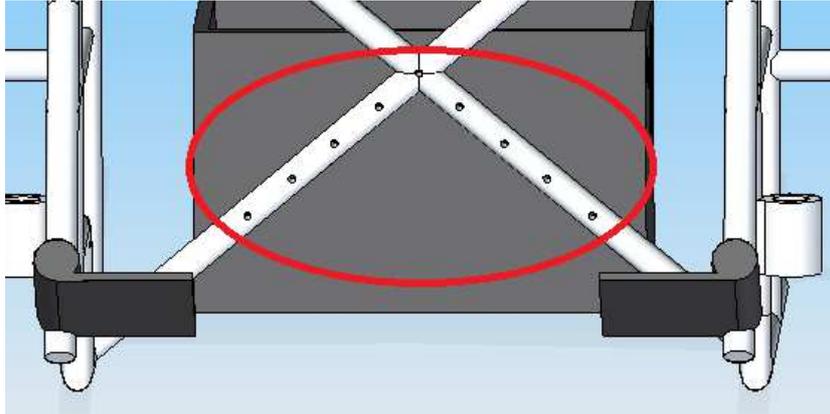
7.1 Orificios frontales ciegos de 5x10mm.

En la imagen anterior nos muestra los orificios de 10 mm de profundidad y 5 mm de diámetro para encajar el pasador. Los siguientes orificios ya los haremos pasantes. En primer lugar, haremos los orificios donde irán los tornillos que sujetan los actuadores inferiores, estos agujeros son pasantes y de 10mm de diámetro.



7.2 Orificios pasantes de 10mm de diámetro.

Y por último en la silla de ruedas debemos hacer los orificios pasantes de 5 mm de diámetro donde sujetaremos la caja del controlador y la batería.



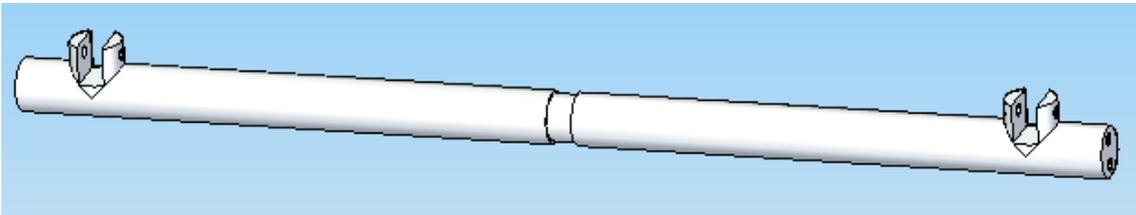
7.3 Orificios de 5mm para la caja de batería más controlador.

Para esta etapa del montaje solo son necesarias las siguientes herramientas:

- Taladro.
- Brocas para acero inoxidable de 5 y 10mm.

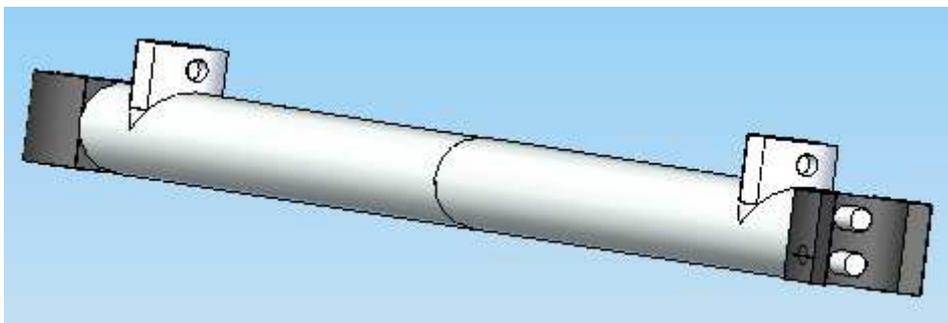
Ya hemos terminado la preparación del cuerpo de la silla de ruedas. A continuación, vamos a describir como se monta nuestro esqueleto.

En primer lugar, empezaremos por la barra frontal, insertamos las dos partes que componen dicha barra.



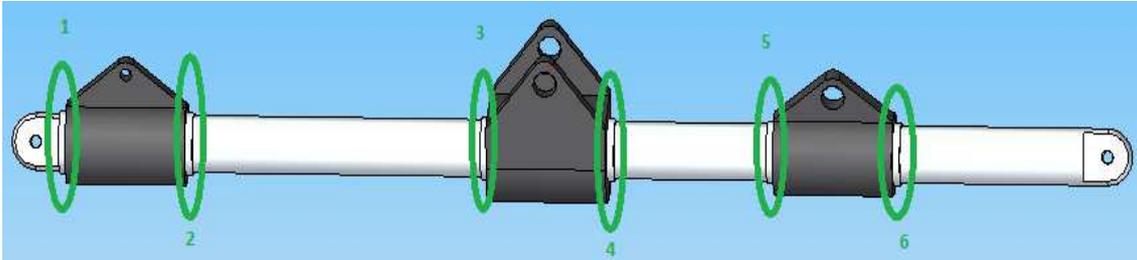
7.4 Inserción de barra frontal.

A continuación, unimos las dos piezas de Aluminio con los pernos.



7.5 Unión de piezas de aluminio y pernos.

La siguiente operación es colocar las dos barras que componen el asiento con las piezas de aluminio en su interior. Para hacer estas piezas debemos de ir soldando las arandelas e ir metiendo las piezas de Aluminio para que queden en su sitio.

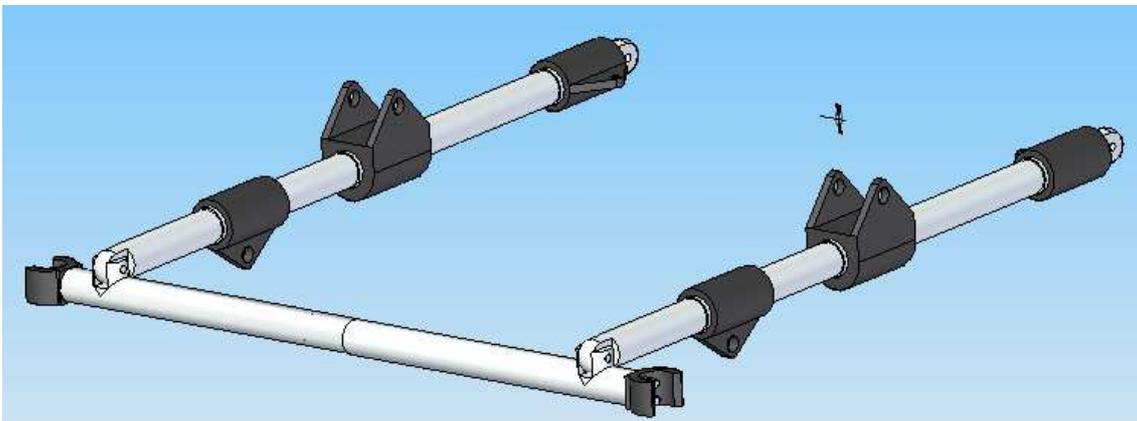


7.6 Construcción de tubo del asiento.

Esta es la única pieza costosa puesto que hay que poseer conocimientos de soldadura, para montar esta pieza habría que hacer los siguientes pasos: primero soldaríamos la arandela 1, después introducimos la pieza de aluminio y soldamos la arandela 2, repetiríamos este proceso con la arandela 3-4 y 4-6 y sus correspondientes piezas de aluminio.

Una vez tengamos los dos tubos con sus piezas los unimos a la barra frontal por medio de unos pernos de 5x20mm.

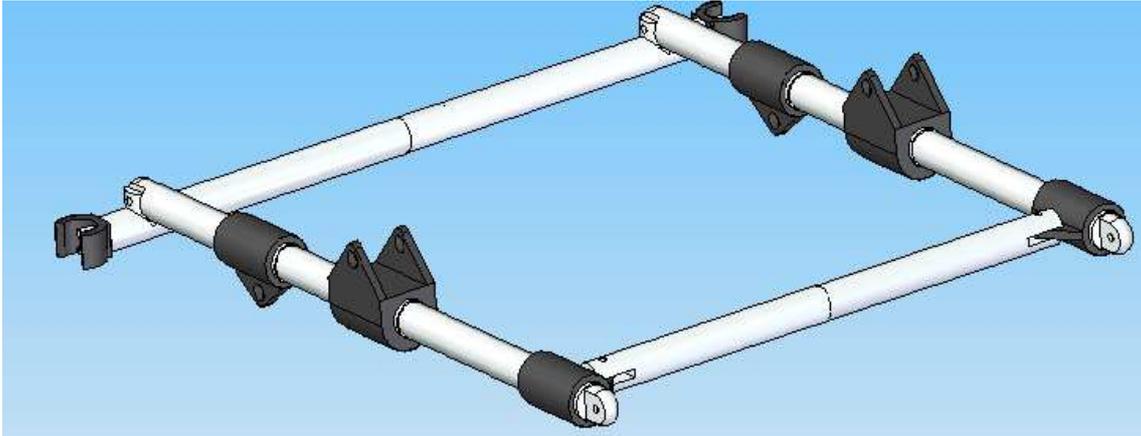
En la figura siguiente podemos ver como quedarían unidas las dos barras al frontal.



7.7 Unión de tubo frontal con tubos de asiento.

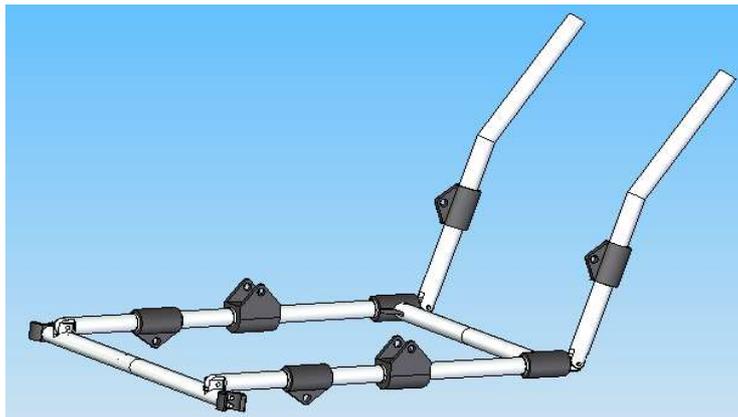
El último paso para terminar el asiento de nuestro esqueleto metálico es colocar las barras traseras para evitar que al sentarse el usuario el mecanismo ceda hacia adentro.

Estas barras van unidas con pernos de 5x20mm.



7.8 Colocación de barra del asiento trasera.

Hasta este momento tenemos montado el asiento de nuestro mecanismo, ahora vamos a montar los dos tubos que conforman el respaldo junto con las piezas de aluminio que van con ellas, estos tubos se unen al respaldo por medio de pernos de 5x20mm.



7.9 Unión de tubos de respaldo con asiento.

Ya tenemos nuestro esqueleto formado, solo queda añadirlo los actuadores en su sitio. Estos actuadores se unen por el cuerpo con pernos de 10x40mm y en la parte del cabezal móvil con pernos de 10x15mm.



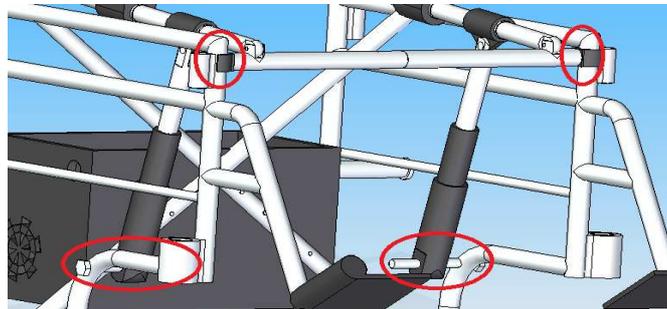
7.10 Colocación de actuadores.

Para terminar nuestro diseño colocaríamos la tela del asiento y del respaldo.



7.11 Instalación de asiento y respaldo de tela.

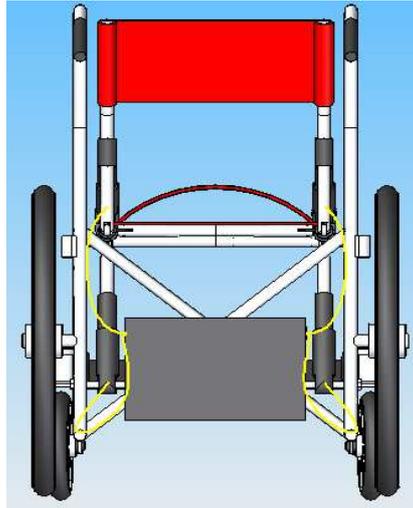
Ya tenemos finalizado nuestro kit, el siguiente paso es anclarlo a nuestra silla de ruedas, junto con la caja donde va alojada la batería y en controlador y cablear nuestro exoesqueleto para que funcione correctamente.



7.12 Colocación de kit en silla de ruedas.

En la imagen anterior vemos redondeados en rojo los puntos de unión de nuestro exoesqueleto con la silla de ruedas, en la parte frontal se introducen los 4 pernos en sus orificios correspondientes y los actuadores inferiores se unen a la silla por medio de unos tornillos de 10x100mm.

El último paso sería cablear nuestra silla y ya tendríamos finalizada la instalación de nuestro kit.



7.13 Cableado y diseño instalado

Para la realización de esta segunda parte de la instalación necesitamos las siguientes herramientas:

- Martillo.
- Soldador para Aluminio.
- Soldador de cables.
- Estaño.
- Destornillador de estrella.
- Llave fija de 10mm.
- Pegamento resistente a vibraciones para metales.

Para terminar, comentaremos que la silla de ruedas es una silla de ruedas plegable pero una vez está instalado nuestro kit deja de serlo, no de manera irreversible ya que, si quitamos nuestro kit, puede volver a plegarse. Hemos calculado que para el montaje de este kit es necesario no más de una jornada laboral, es decir 8 horas.

Para montar nuestro kit no es necesario poseer unos conocimientos avanzados sobre mecánica o electricidad, sin embargo, para la construcción de algunas piezas se deben tener conocimientos de soldadura y mecanizado.

8 PRESUPUESTO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD.

En este punto vamos a analizar si nuestro proyecto es viable para su realización o fabricación.

Primero elaboramos una tabla con todos los materiales y sus precios:

ELEMENTO	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
Estructura de acero inox.	1	175 €	175 €
tornillería y cableado	1	25 €	25 €
piezas de Aluminio	10	30 €	300 €
batería de 12 V	1	88 €	88 €
Controlador de batería	1	13 €	13 €
Mano de obra(montaje, construcción)	8h	15€/h	120 €
Actuadores	4	141€	564 €
I.V.A		21%	270 €
beneficio industrial			700 €
TOTAL	-	-	2255€

En total sumando el beneficio por la silla este Proyecto supone un gasto de 2255€ a primera vista un poco caro para el bolsillo de la clase media, pero buscando por internet productos similares hemos encontrado esta silla de ruedas muy similar a la nuestra:



8.1 Ejemplo de silla con elevador de personas.

Esta silla tiene un coste de 3292€ unos 1037 € menos que nuestra propuesta, por lo tanto, aquellas personas que deseen tener la posibilidad de incorporarse en una silla de ruedas, tienen la opción de hacerlo de una manera más barata que las opciones que existen actualmente en el mercado.

En cuanto a las especificaciones como autonomía, peso, componentes que lleva, no hemos encontrado información alguna para poder comparar en algo más nuestro producto con este.

Si es verdad que a simple vista lleva menos componentes que nuestro diseño, por lo tanto, cabe esperar que el peso del producto sea menor que el peso de nuestro proyecto.

Para comercializar nuestro producto lo primero es decir qué modelo de negocio queremos seguir, la idea sería introducir nuestro producto poco a poco en el mercado, visitaríamos tiendas especializadas en ortopedia, podemos de algún modo alquilar un espacio para exponer nuestro mecanismo y así poder introducirlo en el mercado y que la gente lo vea.

Como hemos mencionado en el apartado de contextualización, Según un artículo de *eldiario.es*, alrededor de un 1% de la población española usa silla de ruedas, estos son nuestros posibles clientes.

Supone aproximadamente 450.000 personas, de estos usuarios de sillas de ruedas, solo aquellos con sillas de ruedas manuales comprarían nuestro kit.

Nuestro objetivo anual sería la venta de 24 kits, es decir una media de 2 por mes, lo cual supondría unas ganancias de 16800€ brutos.

En el caso que la economía fluctuase a la baja, podríamos rebajar nuestro beneficio por kit a 600€, por lo que nuestro beneficio anual si se cumplieran nuestra expectativa sería de 14400€.

9 COMPROBACION DE LAS ESPECIFICACIONES.

Veamos ahora si después de realizar nuestro proyecto hemos conseguido todos los objetivos que nos habíamos propuesto:

- Nuestro mecanismo está fabricado con acero inoxidable y Aluminio resistentes a la corrosión y los esfuerzos.

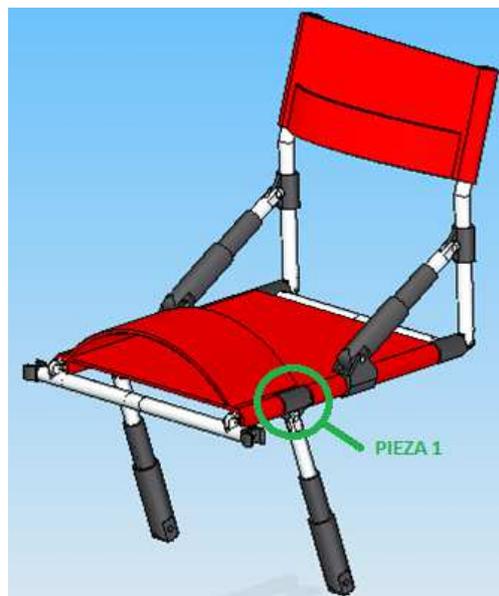
Nuestro mecanismo al completo supone un peso extra de 14,5 kg teniendo en cuenta que la silla de ruedas comercial está en torno a 20-25 kg supone un aumento entre el 58 y el 72%, algo elevado ya que cuanto más aumentemos el peso que tiene que mover el usuario mayor probabilidad de lesión.

Por otro lado, hemos comprobado mediante el estudio de los componentes y los esfuerzos que sufren, que nuestro sistema es resistente.

Para ello hemos empleado software de dibujo que nos permite realizar estos cálculos de manera más rápida para algunas piezas, este software es N.X 8.5, para otras piezas calcularemos manualmente su comportamiento ante estas fuerzas.

Para saber si nuestro diseño realmente aguantara bien, supondremos que una persona de 120 kilos, que según nuestras especificaciones es el peso máximo que aguanta nuestro diseño, se sienta en ella. Como es de esperar si nuestro diseño aguanta este peso, aguantara cualquier peso inferior a este.

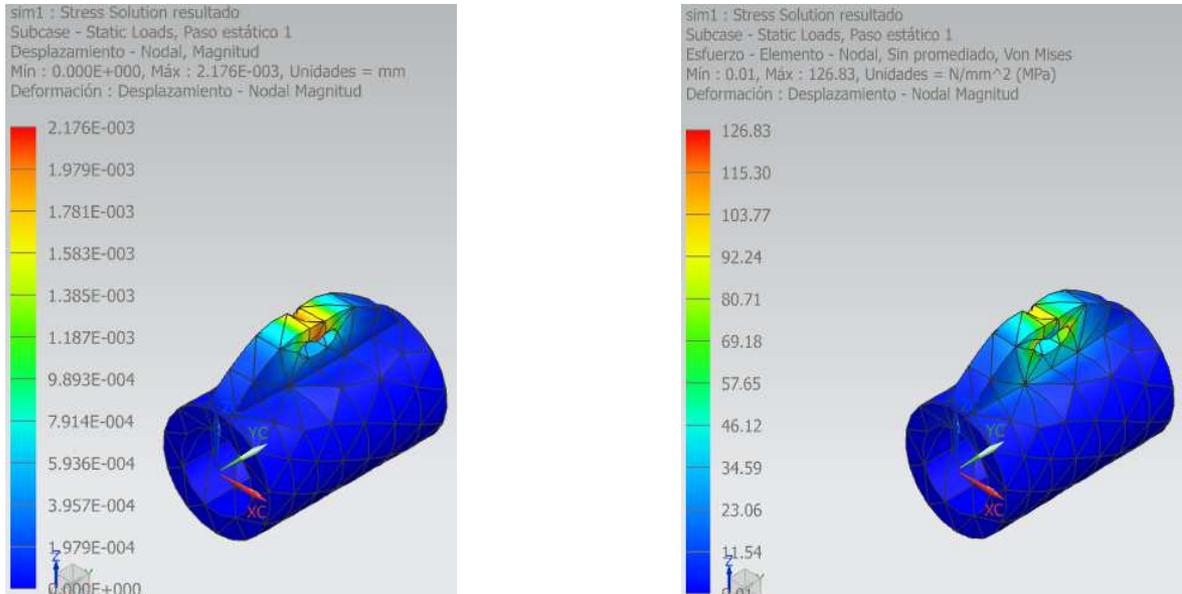
Comenzaremos por el cálculo de las piezas de Aluminio fabricadas para nuestro diseño, la primera pieza que vamos a analizar es la pieza 1 redondeada en la siguiente imagen:



9.1 Pieza de Aluminio 1

Esta pieza está fabricada en Aluminio metal ligero y bastante resistente, además si suponemos que el mecanismo está bajo una fuerza de 120 kilos según la geometría de nuestro diseño, a cada actuador

inferior le llegan 60 kilos de fuerza que es igual a 588 N, y por lo tanto esta pieza está sometida a una fuerza de 588 N en la dirección del actuador, a continuación, empleando el software N.X 8.5 vamos a simular dicha fuerza en la pieza y observaremos los resultados:



9.2 Calculo de tensión de von mises y deformación pieza 1.

Como podemos observar en las imágenes anteriores el desplazamiento o deformación máxima de nuestra pieza de Aluminio es 2,176e-003mm, es decir, la deformación es prácticamente nula.

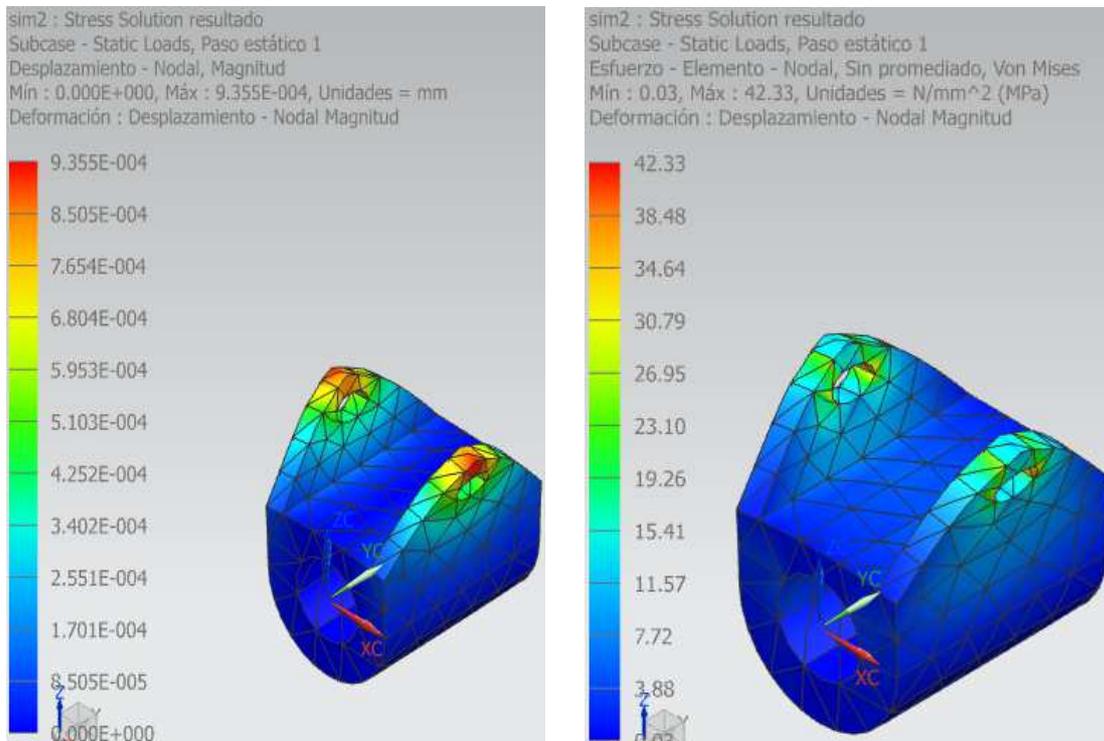
Por otro lado, también hemos calculado de tensión de Von Mises que es de 126,83 MPa hemos empleado para estas piezas Al-6061, con una resistencia a la tensión de 274,4 MPa, por lo tanto, nuestra pieza aguanta perfectamente el peso que se está ejerciendo sobre ella.

A continuación, vamos a analizar otra de las piezas de Aluminio, como la que podemos ver en la siguiente imagen:



9.3 Pieza de Aluminio 2

En esta pieza suponemos que se ejerce una fuerza en el actuador de $30 \text{ kg} = 294 \text{ N}$, por lo tanto, nuestra pieza de aluminio sufrirá dicha fuerza.

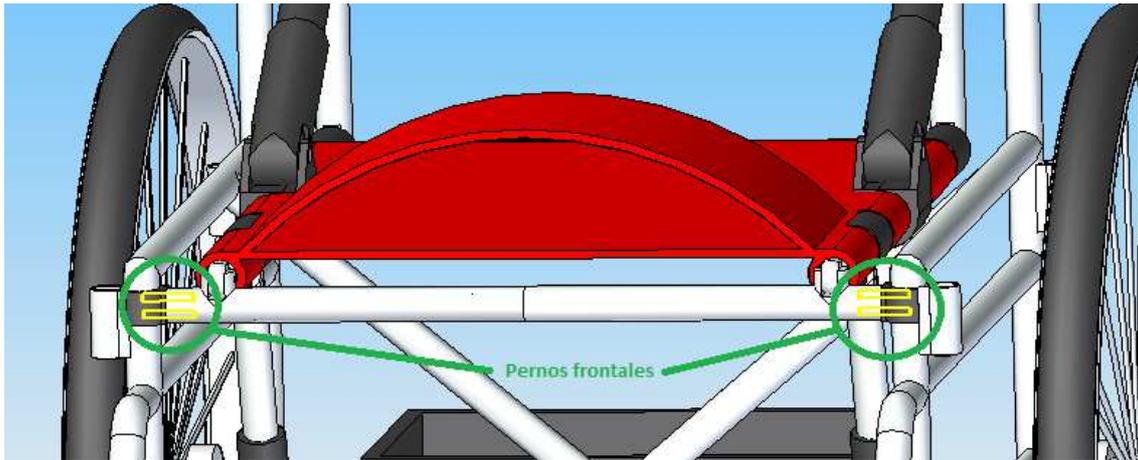


9.4 Calculo de tensión de von mises y deformación pieza 2.

El desplazamiento máximo en esta pieza es de $9,355\text{e-}004\text{mm}$ mucho menos que la pieza anterior, por lo que nuestra pieza no llega prácticamente a deformar.

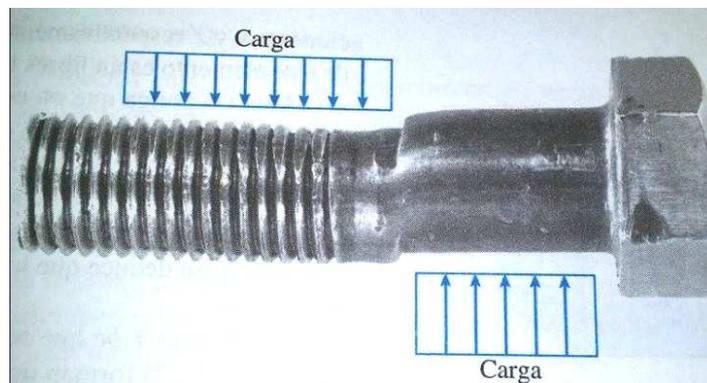
En cuanto a la tensión de von Mises vemos que es de $42,44 \text{ MPa}$, muy por debajo de su tensión crítica de $274,4 \text{ MPa}$.

Una vez vistas las piezas de Aluminio, vamos a analizar los esfuerzos cortantes que sufren los pernos en las uniones de las piezas. Comenzaremos por el análisis de los pernos de la parte frontal, redondeados en la figura siguiente:



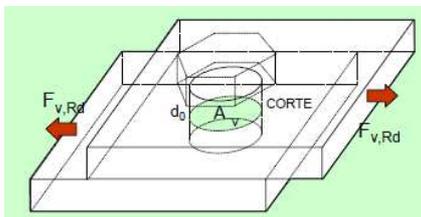
9.5 Pernos frontales de sujeción.

Estos pernos individualmente estarían trabajando a cortante como en la siguiente figura:



9.6 Representación de esfuerzo cortante.

Estos pernos son de Acero de 30x5 mm si continuamos con la hipótesis de que nuestro diseño trabaja con un peso de 120 kg, debido a la geometría de nuestro diseño, a cada perno le corresponde la cuarta parte de 120 kg, es decir, 30 kg de fuerza por perno, unos 294 N.



$$F_{v,rd} = n \frac{0,5 \times F_{ub} \times A}{\gamma}$$

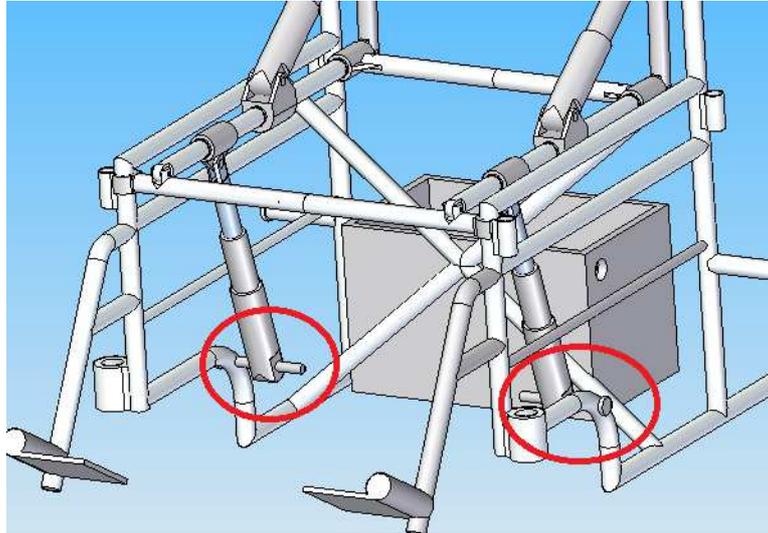
siendo:

- n = Número de planos de corte
- F_{ub} = Resistencia última del acero del perno, en nuestro caso 400 N/mm²
- A = Sección del Perno
- $\gamma = 1,25$

Ahora ya sabemos que la fuerza en cada tornillo es de 294 N, por lo tanto, al calcular la Resistencia a cortante del Perno ($F_{v,rd}$) nos debería dar $F_{v,rd} > 294$ N.

Si calculamos el área del perno y sustituimos nos da una $F_{v,rd} = 3141,6$ N por lo tanto, los pernos no se deformarán y aguantarán perfectamente el peso.

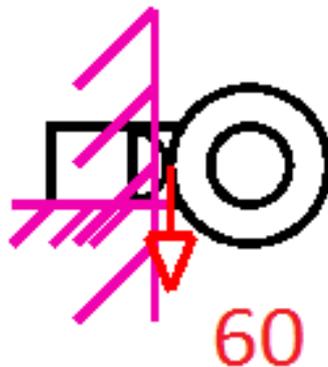
Para terminar, analizaremos los tornillos inferiores que sostienen los actuadores 1 y 2.



9.7 Tornillos que soportan a los actuadores.

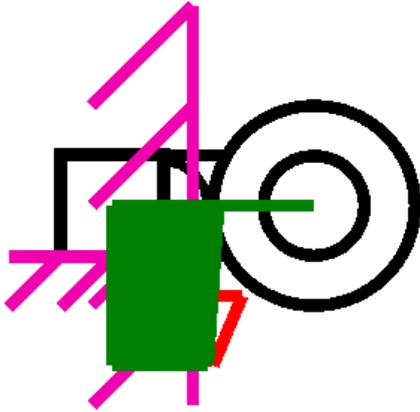
Como hemos podido comprobar anteriormente, cada actuador inferior soporta una carga igual a la mitad del peso del usuario, comprobaremos la resistencia de los tornillos con una persona de 120 kilos, que es la situación más desfavorable, es decir cada tornillo soportara una fuerza de 60 kg.

Para realizar los cálculos utilizaremos el software CESPLA.

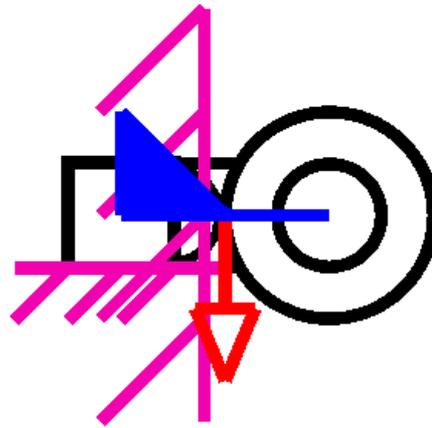


9.8 Esquema CESPLA del tornillo.

En la imagen anterior vemos nuestro tornillo de 10x100mm, simplificado como una viga empotrada en el extremo izquierdo y libre en el extremo derecho. Sobre este tornillo actúa una fuerza hacia abajo de 60 Kg. Veamos a continuación el diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores.



9.9 Diagrama de esfuerzo cortante



9.10 Diagrama de momento Flector

A continuación podemos ver los resultados numéricos de los esfuerzos cortantes y momentos flectores.

Esfuerzos en los elementos

Hipótesis: Hipotesis 1 | Elemento: 1 Viga plana E-A Nudos: 1,2

Esfuerzos en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial N	Cortante Q	Flector M
0.0	0.00	-60.00	-240.000
0.4	0.00	-60.00	-214.737
0.8	0.00	-60.00	-189.474
1.3	0.00	-60.00	-164.211
1.7	0.00	-60.00	-138.947
2.1	0.00	-60.00	-113.684
2.5	0.00	-60.00	-88.421
2.9	0.00	-60.00	-63.158
3.4	0.00	-60.00	-37.895

Valores extremos:

Axial Max: 0 Min: 0

Cortante Max: 0 Min: -60

Momento Max: 0 Min: -240

Sentidos: [Iconos de dirección]

Puntos: Todos (20)

9.11 Valores de Cortante y Momento máximos.

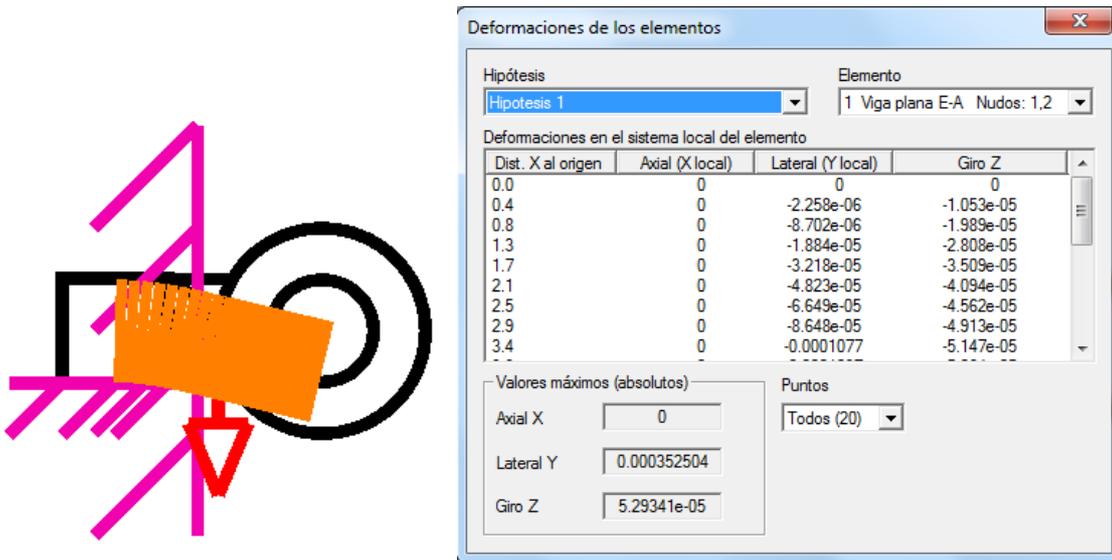
Podemos Calcular cual es la tensión que hay sobre nuestro tornillo.

Tensión de comparación máxima en la barra

Tracción	-110.85	Cortante	0.00	Von Mises	110.85
Tensión máxima situada en X local :	0.00	Punto nº	2	Ver..	

9.12 Tensión de Von Mises en el tornillo.

Por ultimo veremos lo que se deforma nuestro tornillo.



9.13 Dibujo de deformada y Valor numérico

Como podemos observar en la figura anterior nuestro tornillo prácticamente no sufre ninguna deformación, y por lo tanto su integridad no correrá peligro.

- Es más económico que otros productos similares del mercado.

Como pudimos ver en el apartado anterior el producto más similar que hay en el mercado tiene un precio de 3292€ frente al nuestro que tiene un precio de 2255€, unos 1037 € de diferencia.

- Funciona con una batería de 12V.
- Su instalación es bastante simple.

Primero sería preparar la silla para colocar nuestro kit, debemos hacer en la parte frontal de la silla cuatro agujeros (dos a cada lado de la silla) donde irían los cuatro pernos que sujetan nuestra barra frontal al chasis de la silla. Una vez puesta la barra frontal, uniríamos a ésta las dos barras laterales y la trasera que conforman el asiento.

Antes de unir las barras del respaldo al asiento insertamos en cada una de ellas una pieza de Aluminio que ira unida al actuador, una vez hecho esto unimos las barras del respaldo a nuestro asiento.

El siguiente paso es colocar las piezas de Aluminio en el asiento y unir a estas los actuadores inferiores, por la base de los actuadores irán unos tornillos de 10x100mm que sujetarán los actuadores inferiores y los unirán a la silla.

El último paso es colocar la caja trasera donde ira albergada la batería y nuestro sistema de control, y cablear nuestro kit.

- La autonomía de nuestro mecanismo es elevada puesto que utiliza una gran batería.

Ya hemos visto anteriormente la autonomía que existe según el peso de la persona que va a utilizar la silla, aquí una tabla recordando los resultados.

Peso(Kg)	80	90	100	110	120
Autonomía(horas)	3,5	3,5	3,5	3	3
Nº de elevaciones	415	390	258	218	213

- Cada actuador tiene 800 N de fuerza lo que equivale a 80 kg aproximadamente, esto hace que nuestro mecanismo sea capaz de elevar 160 kilos, esto no está muy sobredimensionado puesto que el limite son 120 kilos y hay que tener un margen de seguridad.
- Sistema adaptable a la mayoría de sillas de ruedas manuales.

Uno de los objetivos más ambiciosos que teníamos para este proyecto era crear este diseño para que sea compatible con la mayoría de sillas de ruedas no eléctricas que hay en el mercado. Al estudiar y buscar los tipos de sillas existen y su morfología, observamos que no todas guardan la misma estructura. El problema principal no es el kit en sí, si no donde lo podemos fijar a la silla de ruedas, si no posee estructura deberemos crear algún tipo de soporte que una nuestro kit a la silla elegida. La anchura de la silla de ruedas no nos importa demasiado puesto que nuestro kit se puede extender a lo ancho para ajustarse a la anchura de la silla de ruedas.

10 CONCLUSIONES Y MEJORAS.

- En el mercado hay una gran variedad de sillas de ruedas:

En la búsqueda de una silla de ruedas hemos comprobado que en el mercado hay infinidad de variedades, por lo que crear un kit para todas ellas sería imposible, por lo que este kit sería destinado a sillas con una morfología similar a la que nos cedió la Cruz Roja.

- Es muy importante la seguridad en este tipo de productos:

Este proyecto va destinado a personas que necesitan una ayuda extra por su minusvalía, por lo tanto, está destinado a ayudar a que la persona se sienta mejor, si utilizando este producto la persona llegase a caer o sufriera algún tipo de accidente, no estaríamos cumpliendo el objetivo de ayudar al usuario de nuestro producto.

- Deberíamos de utilizar componentes lo más ligeros posibles:

Para que nuestro diseño no sea muy pesado y dificulte el desplazamiento e impulso del sujeto que lo maneja debe estar hecho de materiales lo más ligeros posibles, pero a la vez resistentes para que no lleguen a romperse de manera fácil.

- Utilizar actuadores con la misma potencia de carga, pero más pequeños:

De los actuadores que hemos encontrado hemos elegido aquellos que a nuestro parecer cumplían la mayoría de requisitos, pero si al mercado saliesen actuadores igual de potentes, más pequeños y de precio similar, siempre podríamos sustituirlos.

- Hacer un esqueleto con menos piezas:

Cuantas menos uniones y piezas móviles tengan nuestro kit, menos posibilidades habrá de que se rompa alguna pieza, por lo que nuestro mecanismo será más fuerte y resistente.

- Utilizar una batería más ligera y con la misma capacidad de carga:

Como hemos mencionado antes necesitamos ahorrar el máximo de peso posible, por lo que una batería más ligera sería ideal para nuestro mecanismo.

El mercado de baterías está en constante evolución y diariamente salen al mercado muchas baterías potentes y de menor tamaño.

- Realizar prototipo funcional:

El siguiente paso que se podría realizar después del trabajo teórico, sería realizar un prototipo funcional, instalarlo en una silla de ruedas y comprobar que todo lo que hemos calculado concuerda con los datos reales, después de saber si todo funciona correctamente, se puede proceder a su fabricación en serie.

11 . WEBGRAFIA Y BIBLIOGRAFIA.

www.sillasderuedas.es/Silla-de-ruedas-Action-Vertic

www.sito-motor.com/en/

COMPANY, P. VERGARA, M. y MONDRAGÓN, S., *Dibujo industrial*. Ed. Univesitat Jaume I, 2007.

Rodríguez-Avial, Mariano "Fundamentos de resistencia de materiales", Ed. UNED.

MECHANICAL ENGINEERING DESIGN. Autores: J. E. Shigley y C. R. Mischke. Editorial: McGraw-Hill, 6ª Edición, año 2001.

Mott, Robert L. "Resistencia de Materiales", Ed. Pearson Educación.

Instituto Nacional de Estadística. (4 de noviembre de 2008). Encuesta de Discapacidad. Obtenido de <http://www.ine.es/prensa/np524.pdf>

NORMA UNE 111915:1991. Sillas de Ruedas. Dimensiones totales máximas.

NORMA UNE-EN 12183:2010/2014. Sillas de ruedas de propulsión Manual. Requisitos y métodos de ensayos.

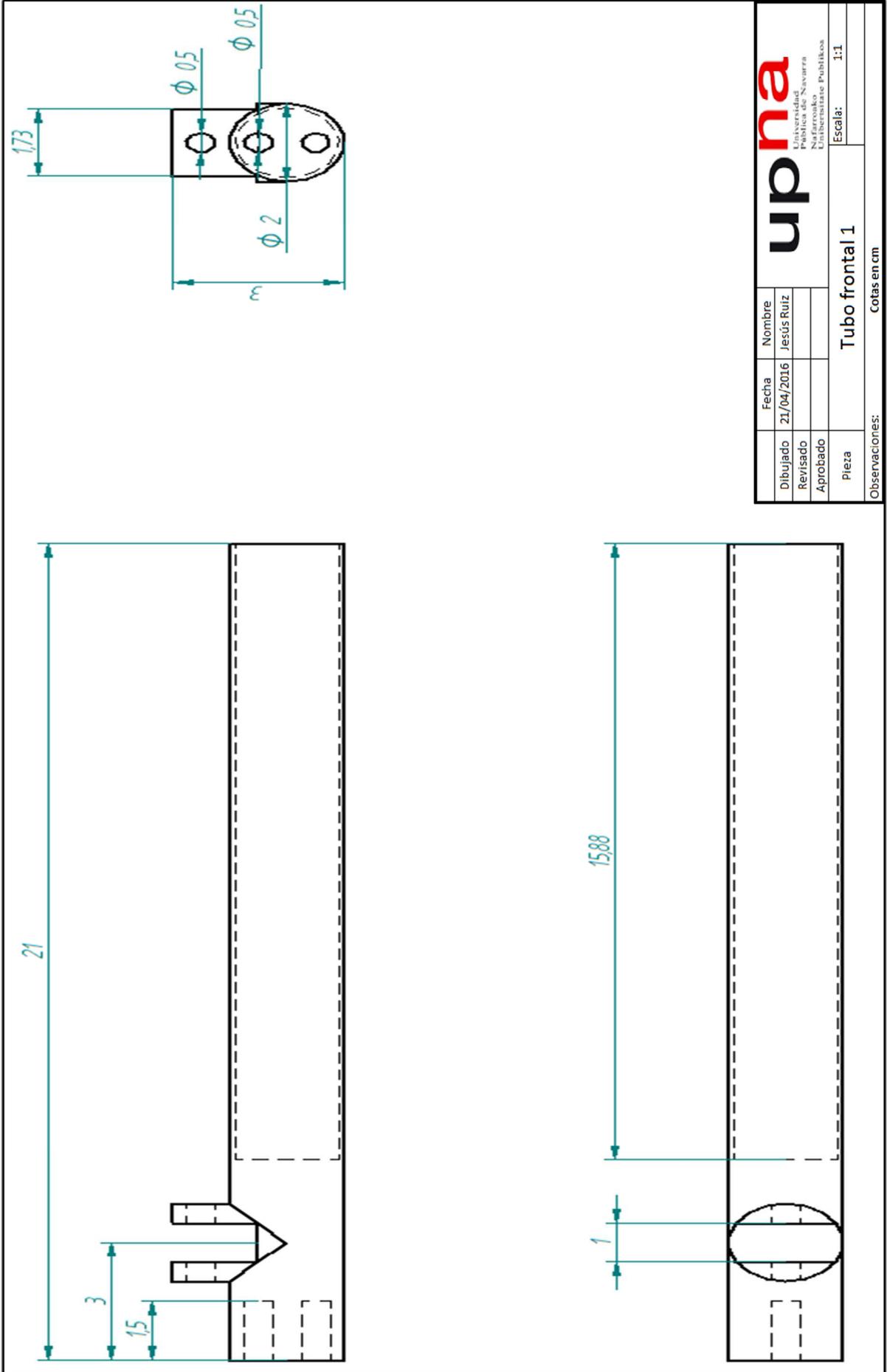
UNE 111913:1991 Sillas de ruedas. Nomenclatura. Términos y Definiciones.

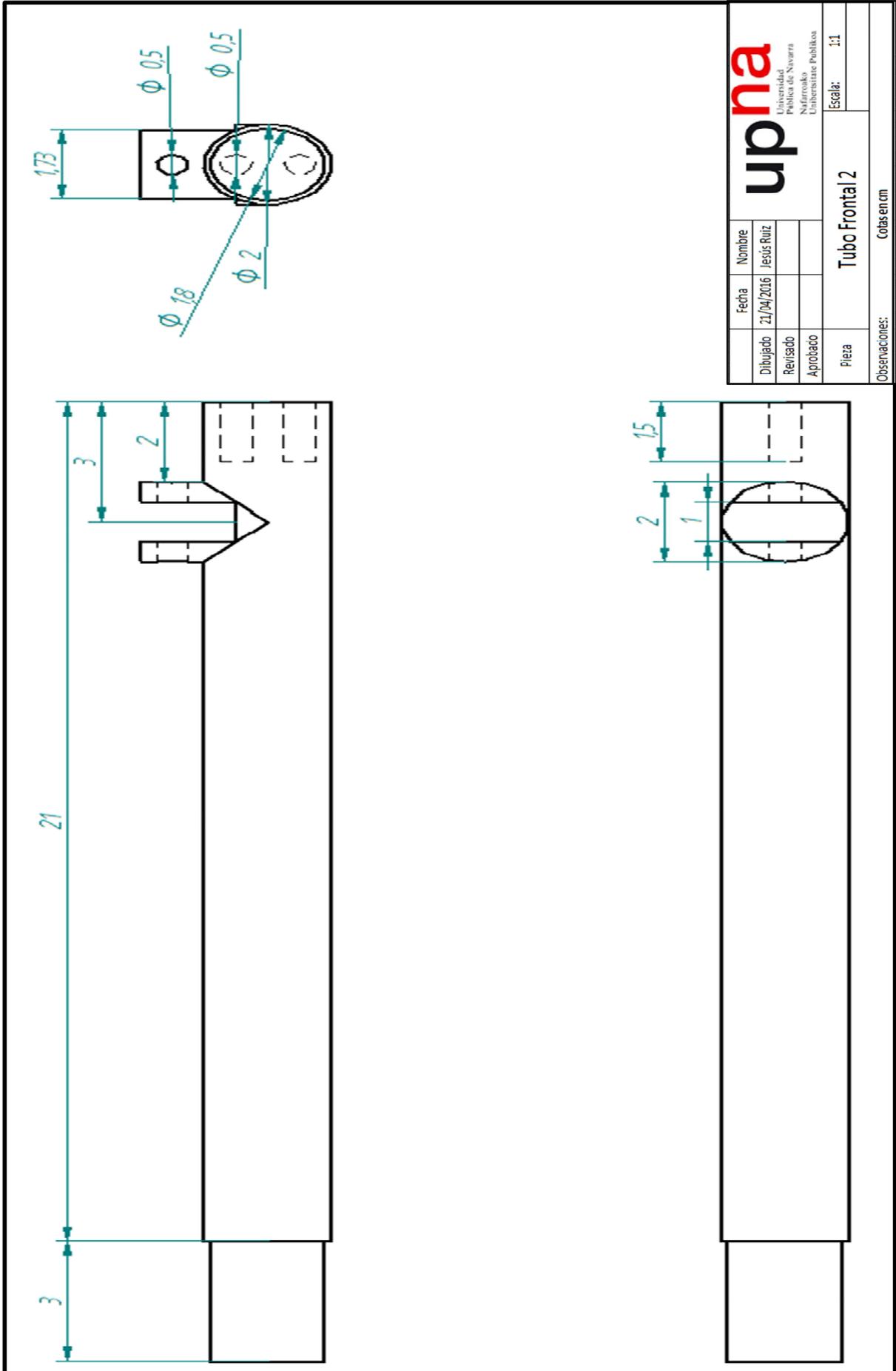
UNE 111914-1:1991 Sillas de ruedas. Parte 1: determinación de la Estabilidad estática

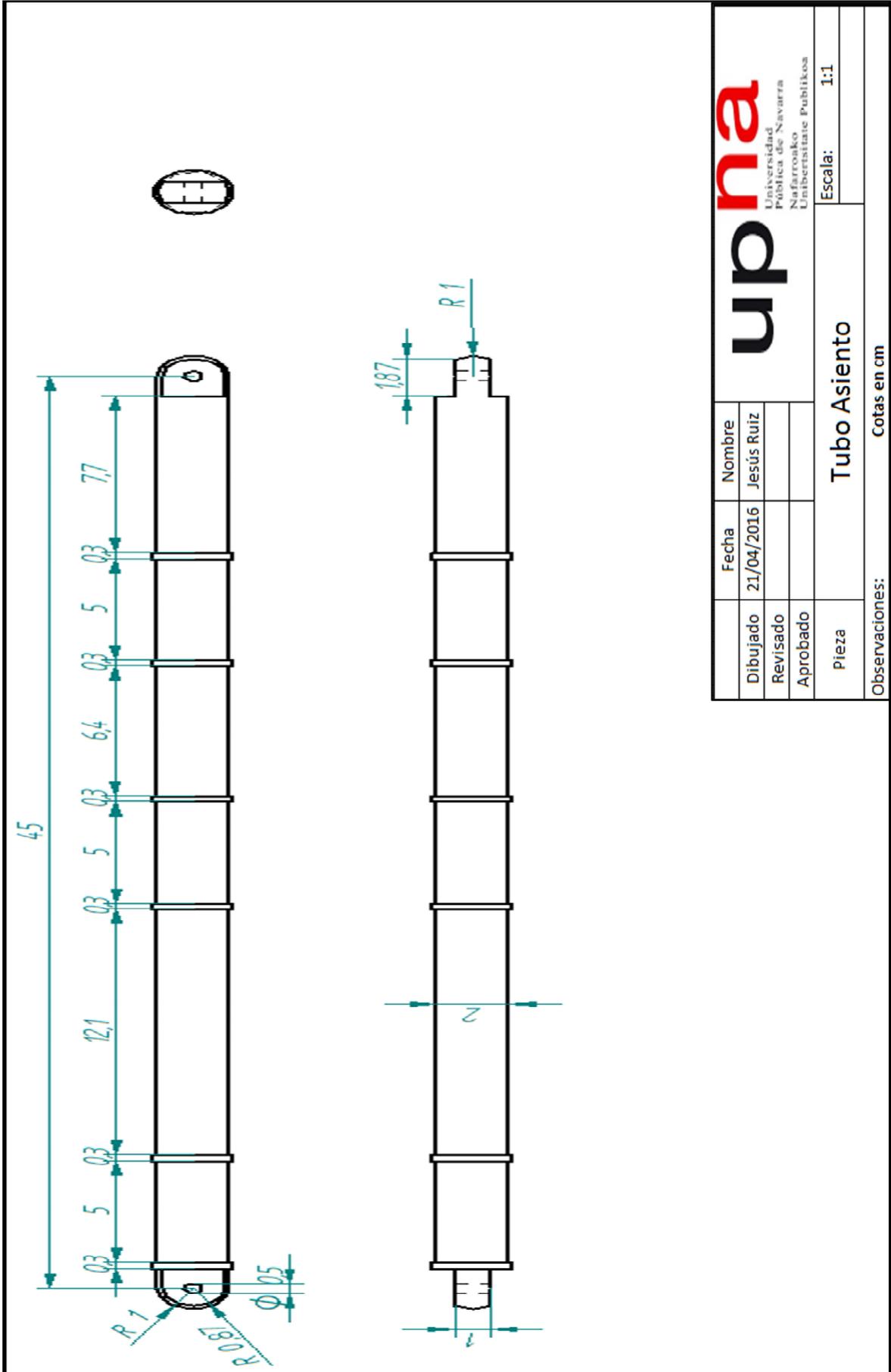
12. ANEXOS.

12.1 PLANOS DE FABRICACION.

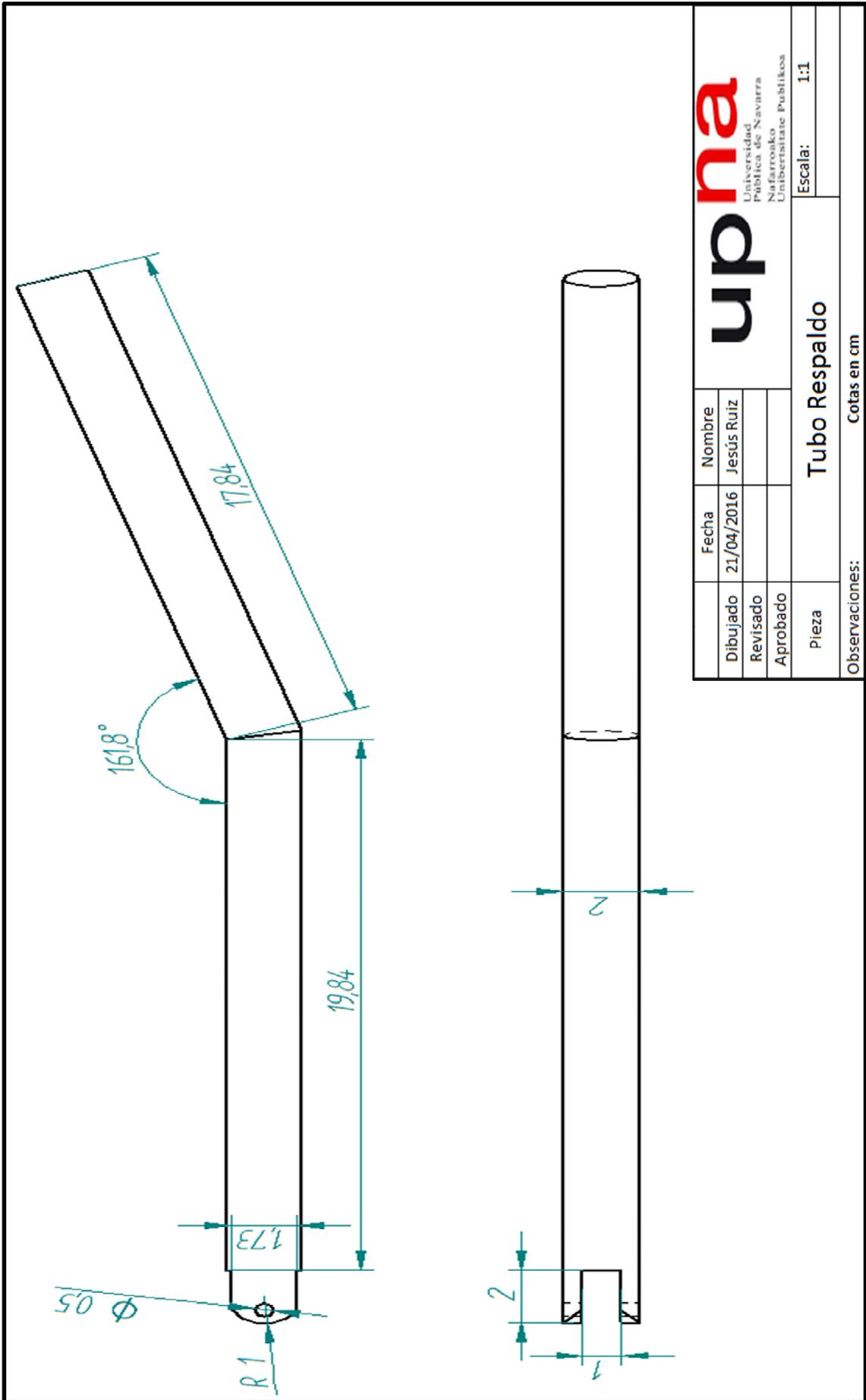
A continuacion vamos a adjuntar a nuestro trabajo los planos de las piezas que componen nuestro proyecto, todas las medidas estan en cm.

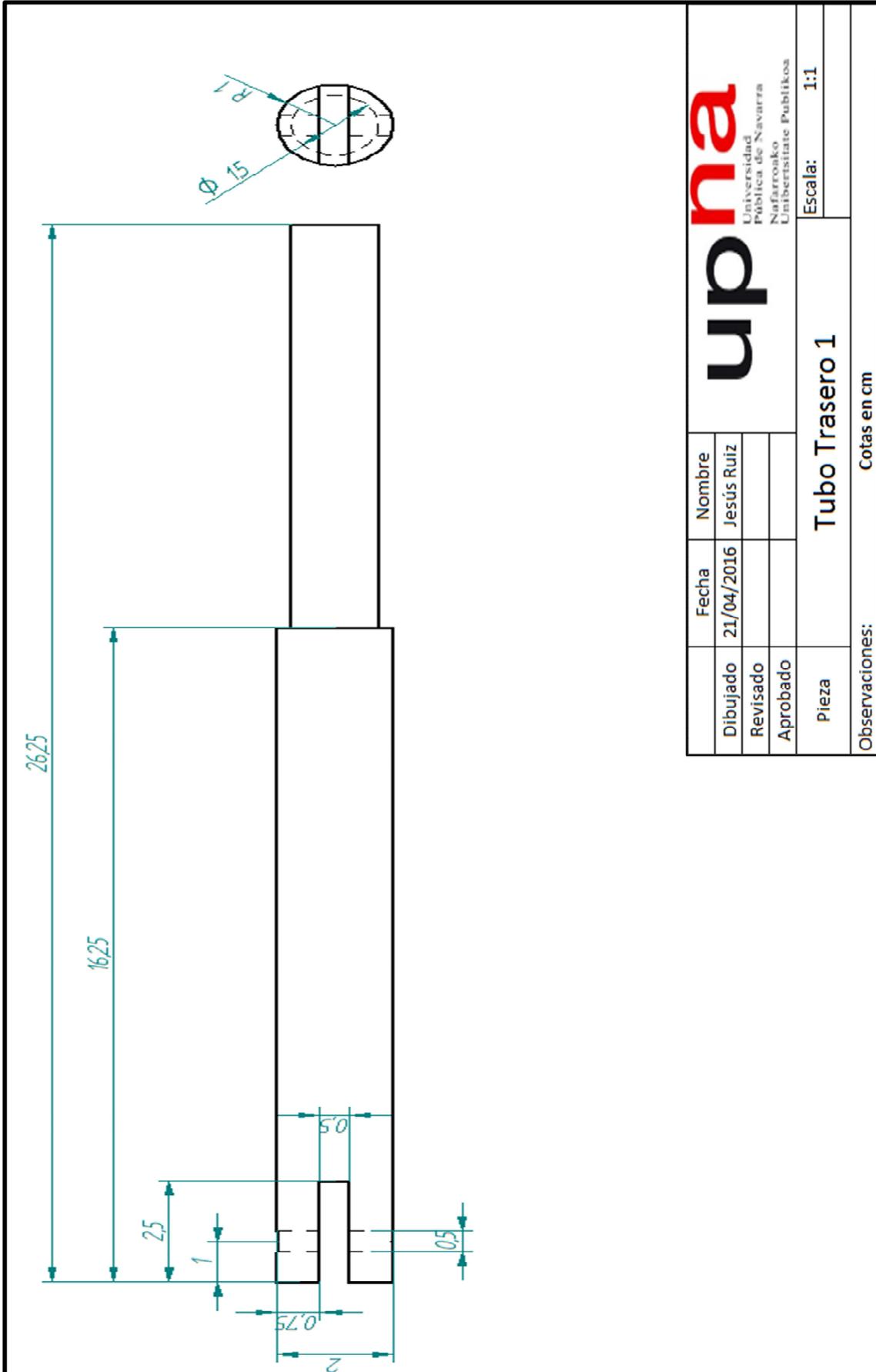


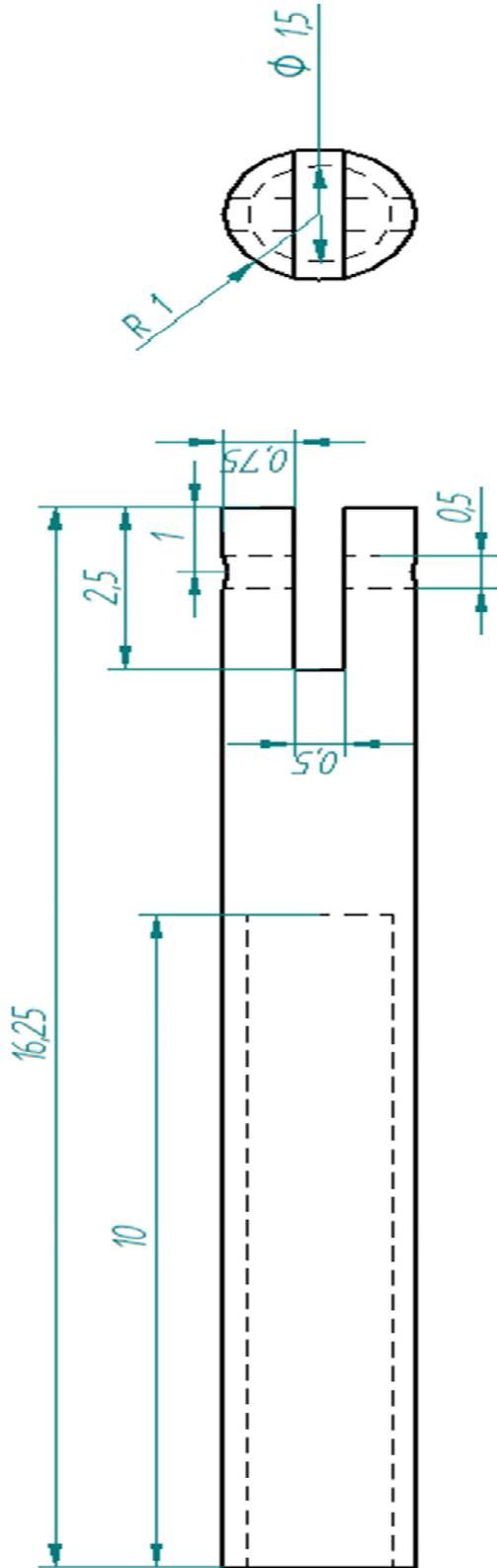




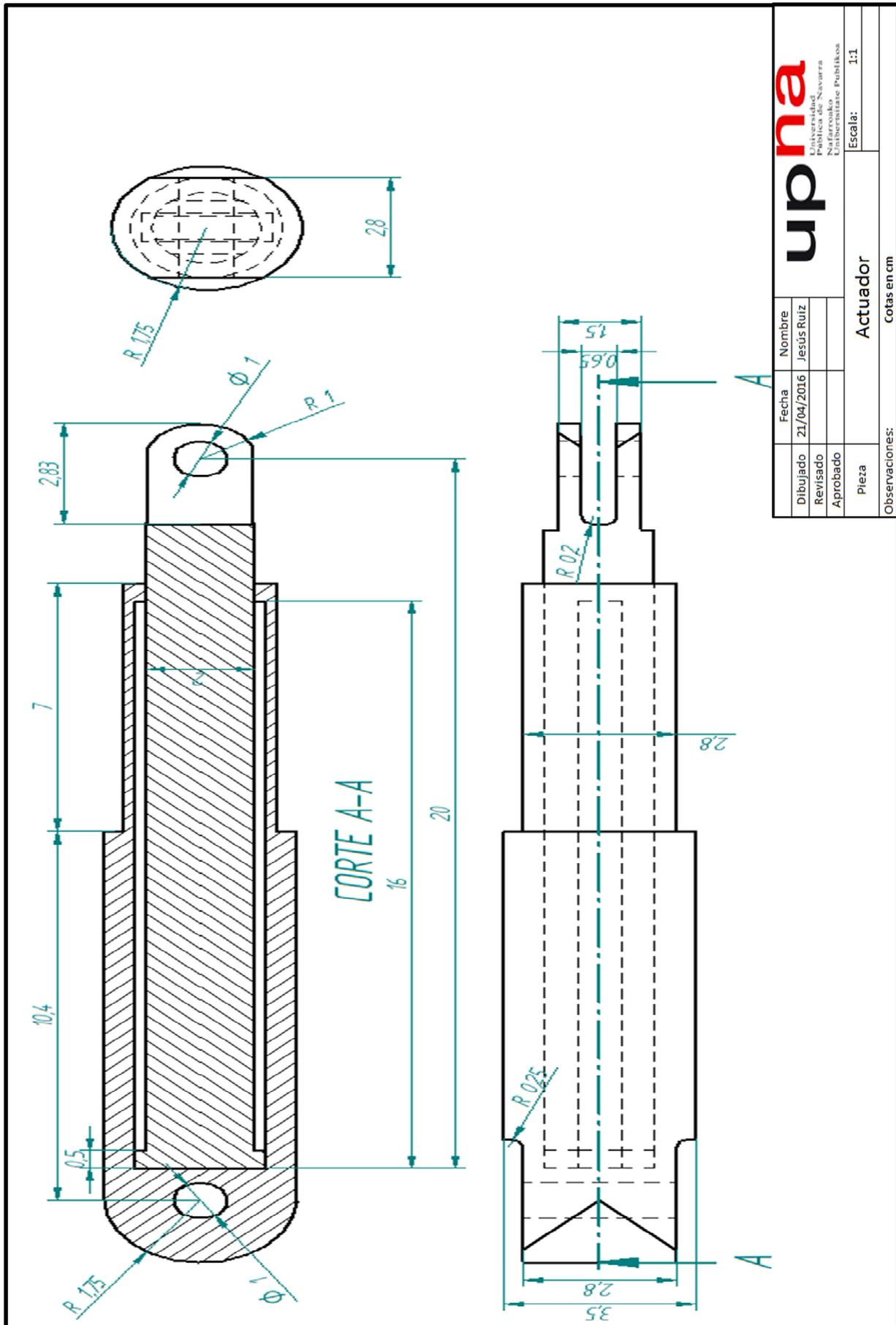
upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		Escala: 1:1	
Dibujado	Fecha	Nombre	Tubo Asiento
Revisado	21/04/2016	Jesús Ruiz	
Aprobado			
Pieza			Observaciones: Cotas en cm



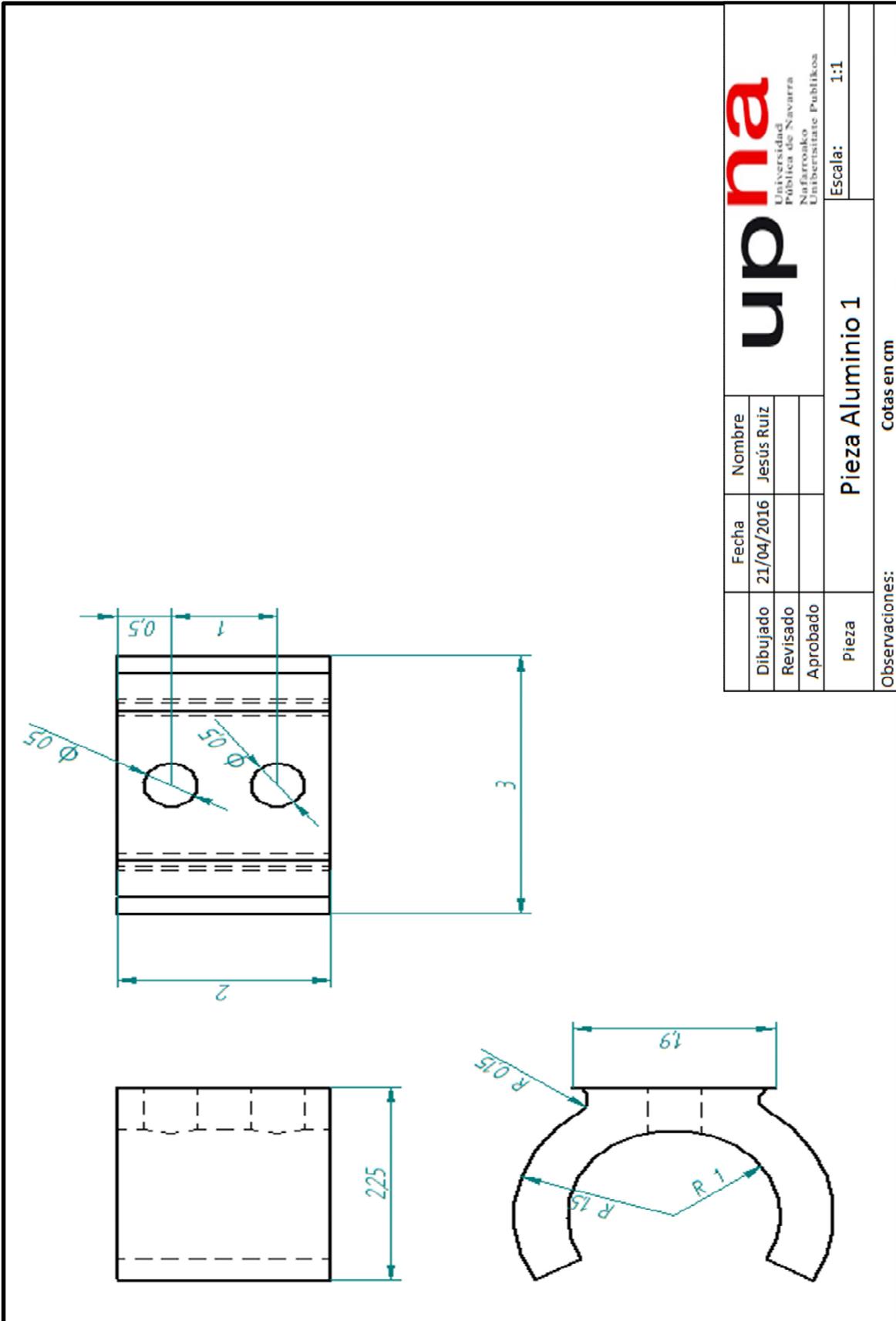




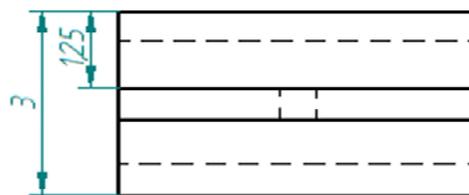
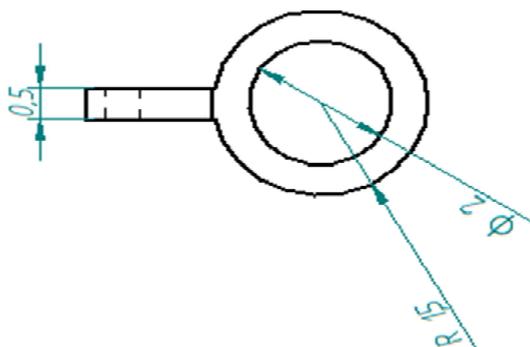
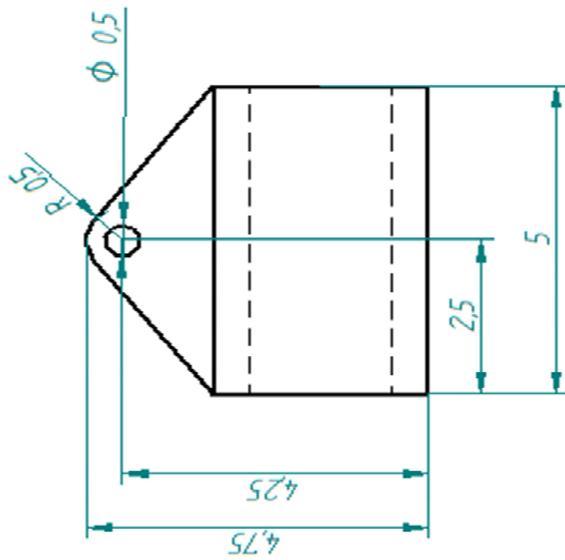
upna		Universidad Pública de Navarra Unibertsitate Publikoa	
Dibujado	Fecha	Nombre	Escala:
Revisado	21/04/2016	Jesús Ruiz	1:1
Aprobado			
Pieza	Tubo Trasero 2		
Observaciones:			Cotas en cm



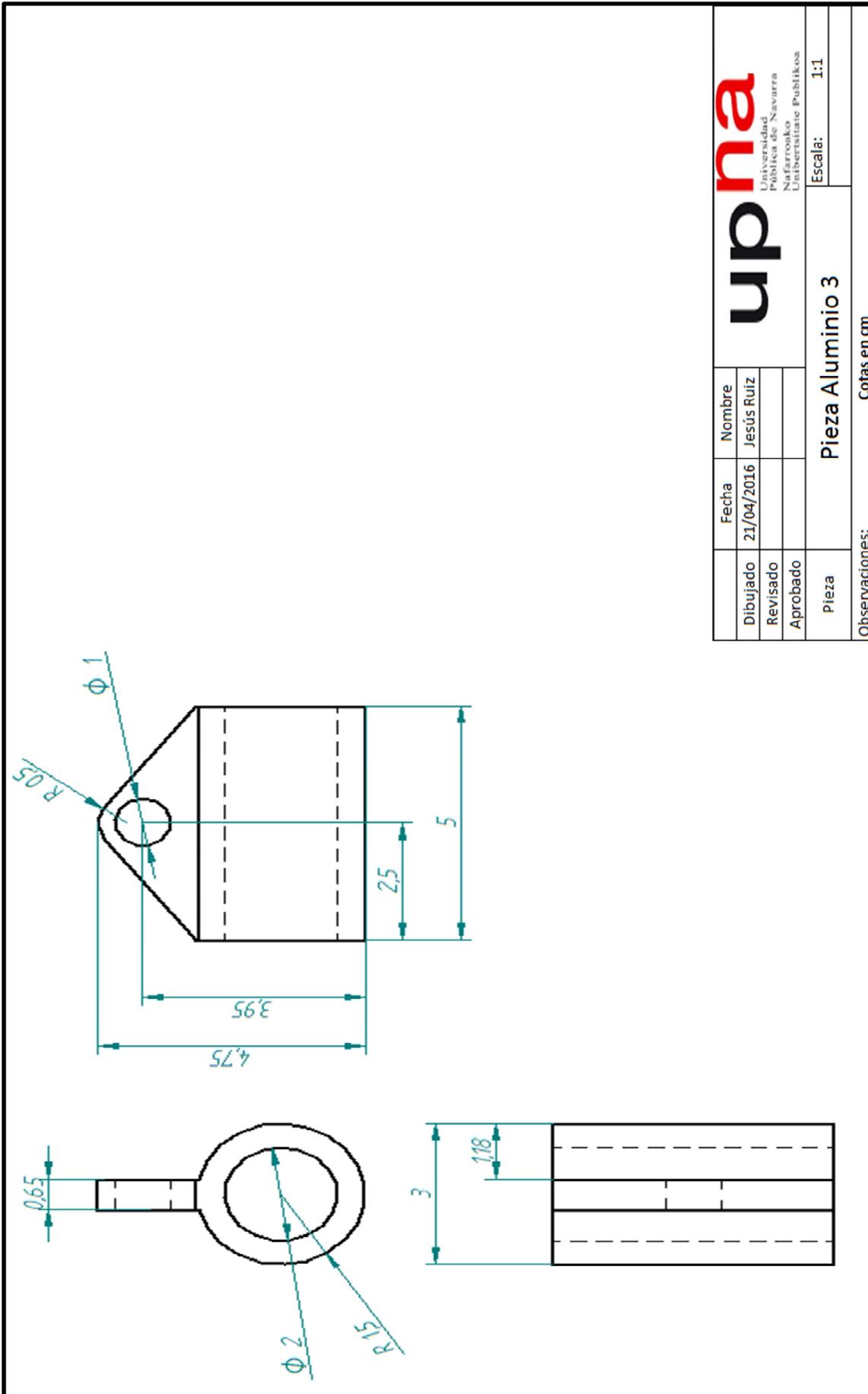
Dibujado	Fecha	Nombre	 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa
Revisado	21/04/2016	Jesús Ruiz	
Aprobado			
Pieza	Actuador		Escala: 1:1
Observaciones:			Cotas en cm



upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		Escala: 1:1	
Pieza	Pieza Aluminio 1	Cotas en cm	
Observaciones:			
Dibujado	Fecha	Nombre	
Revisado	21/04/2016	Jesús Ruiz	
Aprobado			



Dibujado	Fecha	Nombre	 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	Escala: 1:1
Revisado	21/04/2016	Jesús Ruiz		
Aprobado				
Pieza	Pieza Aluminio 2		Cotas en cm	
Observaciones:				



Dibujado	21/04/2016	Nombre	Jesús Ruiz	 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	Escala:	1:1
Revisado						
Aprobado						
Pieza		Pieza Aluminio 3				
Observaciones: Cotas en cm						

