



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Sistemas tándem para ciclistas y  
usuarios de sillas de ruedas

- Memoria -

Autor

Íñigo Marín Alcalá

Directores

José Luis Santolaya Sáenz  
Ana Serrano Tierz

EINA  
2014



## AGRADECIMIENTOS

Una vez terminado este Trabajo tengo que agradecer muchas cosas a todas las personas que han hecho esto posible.

En primer lugar agradecer a la Universidad de Zaragoza, pero más concretamente al departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) la posibilidad de realizar este trabajo con ellos. En especial a José Luís Santolaya, por su confianza, buena disposición y ayuda brindada desde el primer momento.

Destacar también dentro de este departamento a Ana Serrano, quien ha realizado un seguimiento de todo el proyecto, y aportando nuevas visiones acerca del proyecto en las distintas etapas. Gracias a ambos por la ayuda que me han brindado siempre que la he necesitado, por su colaboración y por su saber hacer, pero sobre todo por el trato recibido.

Mención especial merecen mi tía y mi abuela, las cuales me han facilitado mucho las etapas iniciales de investigación y primeros diseños, facilitándome el acceso a sillas de ruedas para realizar medidas y a usuarios de las mismas para demandar su opinión acerca de distintos aspectos del diseño.

También quiero agradecer en esta etapa su ayuda a Nacho Muñoz, quien tras quedar en una situación de minusvalía no ha abandonado su personalidad activa en el deporte, dándome su visión acerca de las ventajas que plantean los sistemas diseñados.

Agradecer también a mis amigos, quienes cuando me veían trabajar en el proyecto han estado aportando su punto de vista e ideas de alternativas, colaborando a un resultado final más atractivo.

# SISTEMAS TÁNDEM PARA CICLISTAS Y USUARIOS DE SILLAS DE RUEDAS

## RESUMEN

El estudio de este proyecto surge debido a la búsqueda de nuevas soluciones para las personas con movilidad reducida. Propone diversas opciones para que los usuarios de sillas de ruedas puedan acoplar su silla a una bicicleta, de manera que ambas puedan realizar paseos y actividades conjuntas. Se pretende crear sistemas de apoyo a través de los cuales el usuario de una silla de ruedas puede disfrutar y verse implicado como uno más sin el sumo desgaste físico que supondría hacerlo sin ningún tipo de ayuda.

De acuerdo a la posición relativa ocupada por la bicicleta y la silla de ruedas se han considerado dos alternativas:

- 1) Sistema Silla delante - Bicicleta detrás, para el que se ha diseñado un conjunto de acoplamiento entre el manillar de la bicicleta y el respaldo de la silla. Además se propone la posibilidad de montar un monociclo en la parte delantera de la silla de ruedas de manera que el usuario de ésta sea el encargado de la dirección del sistema.
- 2) Sistema Bicicleta delante - Silla detrás, para el que se ha diseñado igualmente el acoplamiento desde eje trasero de la bicicleta hasta la estructura delantera de la silla.

Se han estudiado los tipos y características de las bicicletas y sillas existentes en el mercado para proponer soluciones adaptadas a su geometría y se ha buscado la utilización de piezas y componentes que faciliten el montaje y acoplamiento.

Para cada una de las soluciones propuestas, se ha hecho el correspondiente análisis cinemático, se han analizado condiciones de carga y se han calculado tensiones en piezas críticas. Finalmente, en cada diseño se han determinado los materiales y los procesos más adecuados para poder efectuar su fabricación y se ha hecho una estimación del coste para los usuarios.

# ÍNDICE

<b>1. CARACTERÍSTICAS DE SILLAS DE RUEDAS Y BICICLETAS .....</b>	<b>1</b>
1.1. SILLAS DE RUEDAS.....	1
1.2. BICICLETAS .....	3
<b>2. DISEÑO DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>8</b>
2.1. SISTEMA SILLA DELANTE - BICICLETA DETRÁS.....	9
2.1.1. <i>Zonas de acoplamiento</i> .....	9
2.1.2. <i>Componentes del sistema</i> .....	10
2.1.3. <i>Fuerzas sobre el sistema</i> .....	11
2.1.4. <i>Posibilidad de acoplamiento de monociclo</i> .....	15
2.2. SISTEMA SILLA DETRÁS.....	16
2.3. ESTUDIO CINEMÁTICO .....	17
<b>3. DESARROLLO DE SOLUCIONES .....</b>	<b>18</b>
3.1. PREVISIÓN DE NECESIDADES .....	18
3.2. MATERIALES.....	19
3.3. FABRICACIÓN Y MONTAJE.....	20
3.4. VALORACIÓN DE LOS COSTES .....	23
3.5. COMPARACIÓN DE SOLUCIONES PROPUESTAS .....	25

## 1. CARACTERÍSTICAS DE SILLAS DE RUEDAS Y BICICLETAS

En este apartado se analizan los diferentes tipos y características de sillas de ruedas y de bicicletas que pueden encontrarse de manera más habitual en el mercado.

### 1.1. Sillas de ruedas

Las sillas de ruedas forman parte de las ayudas técnicas o dispositivos físicos que posibilitan o mejoran la realización de actividades del aparato locomotor mermadas por deficiencias, discapacidades o minusvalías de tipo parcial o total. Por tanto, facilitan la movilidad, la autonomía y la integración social de las personas con discapacidad.

Las sillas de ruedas manuales se componen básicamente de un asiento y de un respaldo, soportados por una estructura tubular que se apoya en una pareja de ruedas traseras de gran tamaño y una pareja de ruedas delanteras giratorias. Las partes principales y su denominación se observan en la Figura 1.



Figura 1. Partes principales de una silla de ruedas manual plegable.

Se pueden clasificar en sillas plegables y sillas no plegables. Las sillas plegables tienen un chasis fabricado generalmente de acero cromado o lacado en un solo color. Incorporan barras de cruceta y un asiento y un respaldo flexibles, de material impermeable e ignífugo. El usuario puede impulsarse a través de los aros incorporados en las ruedas traseras, de 600 mm de diámetro. Las ruedas delanteras tienen un diámetro entre 130 y 200 mm.

Las sillas no plegables tienen un chasis rígido y van controladas por un asistente. Dispone de ruedas traseras más pequeñas, reposapiés y reposabrazos abatibles y desmontables. Están indicadas para personas con incapacidad para caminar y para impulsar una silla de forma autónoma.

Hay muchos modelos de sillas de ruedas que tratan de adaptarse a las diversas condiciones de los usuarios, su tipo de discapacidad, el peso y dimensiones corporales, la finalidad, el medio en el que va a ser utilizada,... En cualquier caso, su adquisición debe considerarse como una cuestión de suma importancia por parte del usuario.

Como dimensiones claves a la hora de hacer su selección, están las que se muestran en la Figura 2.

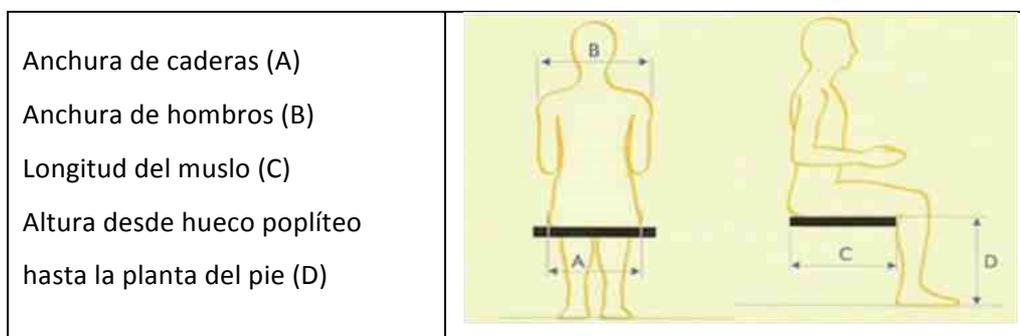


Figura 2. Parámetros corporales

Las dimensiones máximas recomendadas para sillas de ruedas son las siguientes:

- Longitud: 120 cm.
- Anchura: 70 cm.
- Altura total: 110 cm.

La anchura de la estructura varía desde 37 cm hasta 52 cm en las sillas estándar (añadiendo después la anchura respectiva a las ruedas: entre 21 cm y 14 cm, variando según el modelo de

rueda y el fabricante). La altura del asiento oscila desde los 40 cm hasta los 46 cm, y la altura global va desde los 91.5 cm hasta los 95 cm.

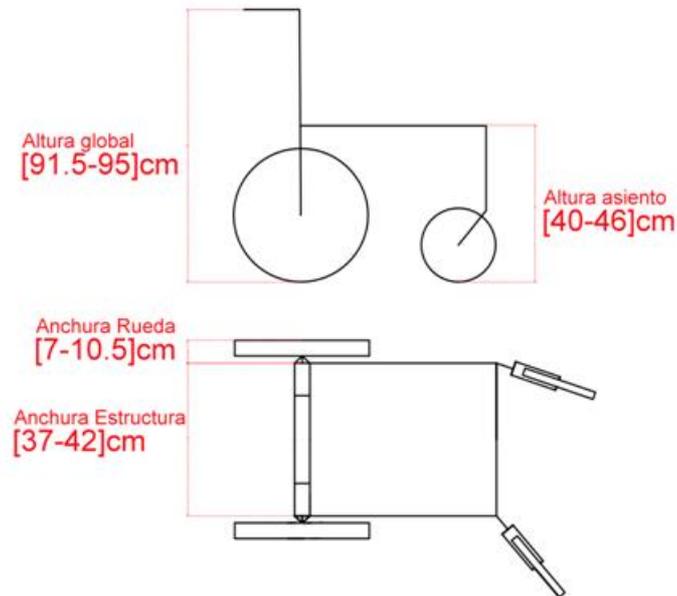


Figura 3. Medidas principales de una silla. Rango de variación

En la parte trasera de la silla, la altura de la estructura tubular útil es de 83 cm. Si se parte de los 91.5 cm de altura mínima total de las sillas comunes, y contando con el diámetro de los tubos de la silla y el radio de curvatura del manillar, éste es el punto más elevado en la línea del respaldo.

## 1.2. Bicicletas

La diversidad que aparece en bicicletas es mucho mayor que en el caso de las sillas de ruedas. Existen bicicletas destinadas a distintos usos, pero destacan principalmente las de montaña, carretera y paseo. En cuanto a las dimensiones, éstas van por tallas que se basan en los estudios de antropometría estática del cuerpo humano.

Teniendo en cuenta que la altura media en España del hombre es de 176 cm y la altura media de la mujer es de 161 cm, se puede obtener las diferentes dimensiones medias características de cada uno de los dos sexos. Estas dimensiones se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones medias características de hombres y mujeres

	Hombre	Mujer
Entrepierna	$176 \times 0,485 = 85,3 \text{ cm}$	$161 \times 0,485 = 78 \text{ cm}$
Tronco	$176 \times 0,259 = 45,5 \text{ cm}$	$161 \times 0,259 = 41,7 \text{ cm}$
Brazo	$176 \times (0,186+0,146+0,108) = 90,1 \text{ cm}$	$161 \times (0,186+0,146+0,108) = 70,8 \text{ cm}$
Antebrazo	$176 \times (0,146+0,108) = 57,3 \text{ cm}$	$161 \times (0,146+0,108) = 40,8 \text{ cm}$
Muslo	$176 \times (0,530-0,285) = 43,1 \text{ cm}$	$161 \times (0,530-0,285) = 39,4 \text{ cm}$
Pierna	$176 \times (0,285) = 50,1 \text{ cm}$	$161 \times (0,285) = 45,8 \text{ cm}$

Para obtener estas dimensiones se multiplica la altura de la persona por un factor antropométrico. Cada uno de estos factores aparece mostrado en la Figura 4.

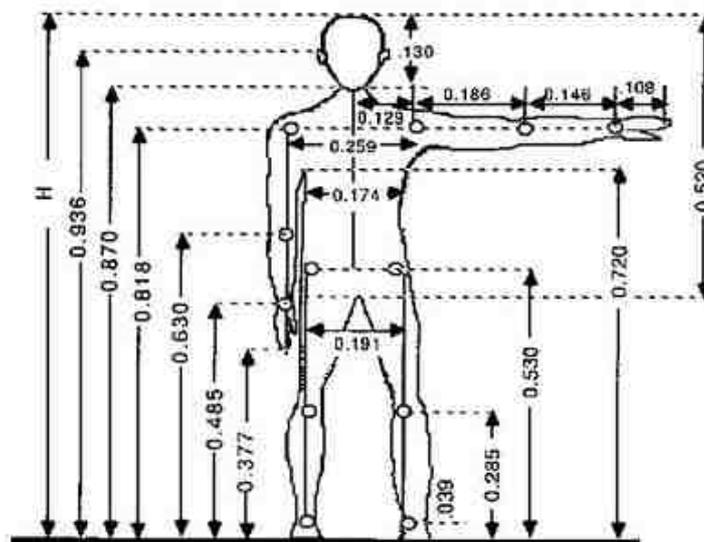


Figura 4. Antropometría estática del cuerpo humano (Guzmán, 2010).

Una vez obtenidas las medidas medias tanto del hombre como de la mujer, se procede a valorar la talla idónea de bicicleta para cada caso. La talla de la bicicleta de montaña suele venir expresada en pulgadas, mientras que en la bicicleta de carretera y en la bicicleta urbana, la talla se suele expresar en centímetros. En ambos casos, la medida más importante es la altura del tubo vertical del cuadro.

Existen aplicaciones que permiten obtener la talla de bicicleta introduciendo una serie de medidas corporales. En las Fig. 5 y 6, se muestran las dimensiones más importantes del cuadro para una persona de talla media.

Talla idónea de bicicleta para sendos géneros.



Figura 5. Medidas Bici Hombre.  
 (Calculo de talla de bicicletas., 2013)



Figura 6. Medidas Bici Mujer.  
 (Calculo de talla de bicicletas., 2013)

En la Figura 7 se muestra la geometría de un cuadro de bicicleta y los parámetros característicos de dimensiones y ángulos desde el punto de vista de la adaptación al usuario.

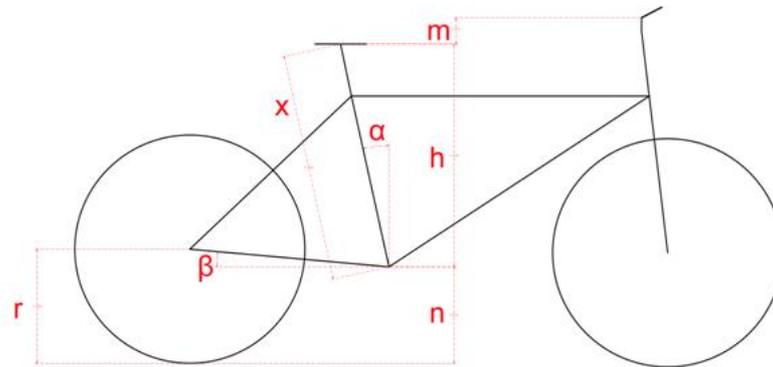


Figura 7. Geometría del cuadro de bicicleta.

Además, los tamaños de rueda que lleva cada bicicleta son distintos. En el caso de las bicicletas de montaña el tamaño de rueda es de 26", (55,9 cm). Ahora se están empezando a comercializar también con ruedas de 29", aunque de momento representan un segmento muy pequeño del mercado. En el caso de las bicicletas de carretera y de paseo, utilizan ruedas dentro de la gama de 28"; tamaño que equivale a 62,2 cm.

Aplicando geometría y utilizando los datos previos se puede obtener la altura a la que se encuentra el manillar de la bicicleta:

$$\begin{aligned} \text{Altura manillar} &= x \cdot \cos(\alpha) + n + m \\ \text{donde } n &= r - r \cdot \sin(\beta) \end{aligned}$$

A partir de la geometría de las bicicletas, se obtienen las distintas alturas estándar de manillar según el modelo y género.

Hombre:

Bici de montaña:

$$\text{Altura manillar} = 75,4 \cdot \cos(20,22) + \left(\frac{55,9}{2}\right) \cdot (1 - \sin(6,61)) - 7,7 = 87,78 \text{ cm}$$

Bici de Carretera:

$$\text{Altura manillar} = 75,4 \cdot \cos(15,81) + \left(\frac{62,2}{2}\right) \cdot (1 - \sin(10,7)) - 4 = 93,87 \text{ cm}$$

Bici de Paseo:

$$\text{Altura manillar} = 67,4 \cdot \cos(15,74) + \left(\frac{62,2}{2}\right) \cdot (1 - \sin(9,8)) + 7,7 = 124,18 \text{ cm}$$

Mujer:

Bici de montaña:

$$\text{Altura manillar} = 68 \cdot \cos(20,22) + \left(\frac{55,9}{2}\right) \cdot (1 - \sin(6,61)) - 4,9 = 83,642 \text{ cm}$$

Bici de Carretera:

$$\text{Altura manillar} = 69 \cdot \cos(15,81) + \left(\frac{62,2}{2}\right) \cdot (1 - \sin(10,7)) - 4 = 87,716 \text{ cm}$$

Bici de Paseo:

$$\text{Altura manillar} = 61 \cdot \cos(15,74) + \left(\frac{62,2}{2}\right) \cdot (1 - \sin(9,8)) + 5,9 = 90,419 \text{ cm}$$

## 2. DISEÑO DE ALTERNATIVAS

El propósito de este trabajo es proyectar el método de acoplamiento entre una bicicleta y una silla de ruedas. A partir del estudio de las características de estos sistemas mecánicos, realizado en el apartado anterior, durante la fase de diseño se lanzaron diferentes ideas, algunas fueron desechadas y otras fueron progresivamente mejoradas hasta obtener las que se proponen en este apartado.

De acuerdo a la posición relativa ocupada por la bicicleta y la silla de ruedas, se han propuesto dos posibles opciones de acoplamiento:

### 3) Sistema silla delante - bicicleta detrás:

La silla va situada en la parte delantera de la bicicleta acoplada a través de un sistema que permite la unión del respaldo de la silla y el manillar de la bicicleta. Para llevar a cabo esta solución se ha de retirar la rueda delantera de la bicicleta, pasando la silla de ruedas a ejercer la función de ésta. Es necesario retirar dicha rueda, ya que esta no quedaría alineada con las dos ruedas traseras de la silla. De esta manera, se cumple la condición de sistema no holónimo (ver ANEXO I).

Como elemento complementario se plantea la posibilidad de acoplar un monociclo en la parte delantera de la silla de ruedas de manera que el usuario de esta pueda tomar parte en la actividad, siendo el encargado de la dirección del sistema.

### 4) Sistema bicicleta delante - silla detrás:

En este caso el usuario de la silla de ruedas pasaría a ocupar la posición posterior del sistema, y se acoplaría a la zona de la rueda trasera de la bicicleta.

En este caso la silla se comporta como un sistema remolcado, ocupando el usuario una actitud más pasiva sin intervenir en el sistema de dirección de la bicicleta.

La descripción completa de los sistemas de acoplamiento ideados puede consultarse en el documento PLANOS. De la misma forma, se han elaborado los MANUALES DE INSTRUCCIONES de cada alternativa en las que se describen los componentes de cada sistema y su forma de montaje.

## 2.1. Sistema silla delante - bicicleta detrás

La silla de ruedas y la bicicleta se acoplan a través de un conjunto formando un sistema final como el que se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Sistema acoplamiento con Silla delante

### 2.1.1. Zonas de acoplamiento

- Silla de ruedas:

Los puntos seleccionados son las barras verticales que conforman el respaldo de la silla, y el modo de fijación mediante unas abrazaderas ajustables que permiten variar su posición en función de la anchura de la estructura de la silla. Así mismo, las abrazaderas pueden adaptarse a los diferentes diámetros de barras que en la mayoría de las caso es de 25 mm.

- **Bicicleta:**

Los puntos seleccionados para el acoplamiento son los extremos del manillar. La anchura total de los manillares varía en un rango entre 560 y 720 mm. Para que el sistema pueda acoplarse al abanico de anchuras de manillares, la distancia entre la pareja de abrazaderas utilizadas es inferior a 560 mm.

Además, ha de buscarse que dicha distancia sea lo mayor posible por dos razones: en primer lugar evitar la transmisión de las fuerzas a lo largo de toda la estructura (con la consecuente amplificación de momentos flectores que implicaría), y en segundo lugar, evitar las curvaturas y cambios de sección del manillar, que se producen a media que te acercas al centro del manillar.

Los extremos del manillar donde van acopladas las empuñaduras tienen una medida estándar de 22,2 mm de diámetro.

Para cubrir las diferencias de altura del manillar se utilizan diferentes puntos de fijación entre las piezas del sistema.

### **2.1.2. Componentes del sistema**

El sistema diseñado está formado por una placa central, un conjunto lateral ajustable para acoplar a la silla y un conjunto de prolongación y acoplamiento al manillar (Figuras 9 y 10).

Todo el conjunto se proyecta en aluminio para reducir el peso del sistema, y las uniones entre conjuntos se hacen en tornillería de acero inoxidable. De esta manera se evitan los problemas de corrosión al ser un sistema para actividades que se desarrollan al aire libre.

Como se muestra en la Figura 9, la placa central lleva unas ranuras para permitir el desplazamiento de las placas laterales, y unos orificios que permiten el ajuste en altura del sistema de acoplamiento al manillar.

La presión y ajuste a la silla de ruedas se realiza a través de unas mordazas, y el enganche al manillar de la bicicleta se realiza a través de unas potencias, seleccionadas adecuadamente para adaptarse a la sección del manillar. (Ver documento PLANOS, bloque 1).

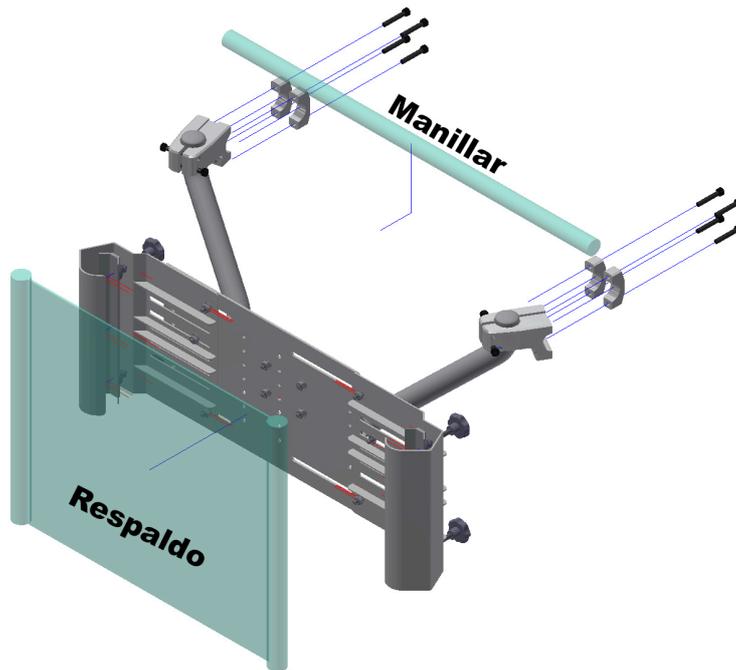


Figura 9. Sistema acoplamiento con silla delante. Esquema de montaje.

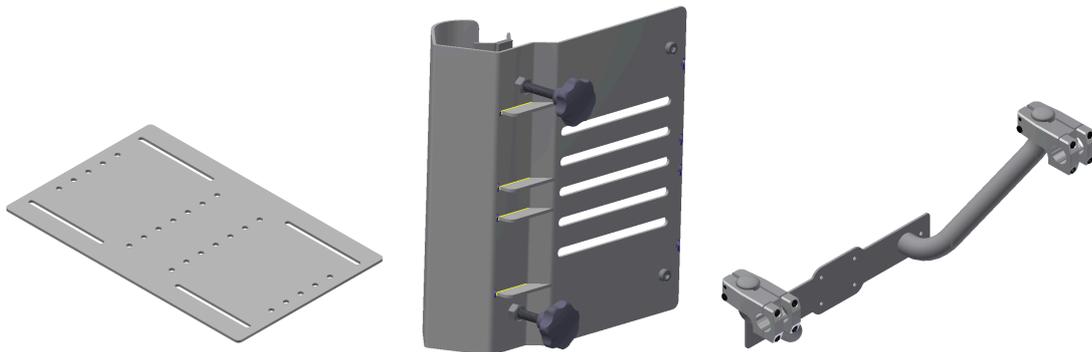


Figura 10. Placa central, subconjunto lateral ajustable y subconjunto de acoplamiento al manillar.

### 2.1.3. Fuerzas sobre el sistema

Se ha realizado el análisis de las siguientes fuerzas:

- En primer lugar las fuerzas necesarias para realizar el giro en la situación más desfavorable, de modo que se verifique la viabilidad y facilidad de giro desde el punto de vista del usuario. Para ello se ha considerado que la rueda se encuentra algo deshinchada, que el centro de giro se encuentra sobre una de las ruedas, pivotando ésta sobre sí misma sin condición de rodadura y apoyando el usuario todo su peso

sobre dicha rueda. Tras realizar los cálculos, incluidos en el ANEXO II, se observa que las fuerzas necesarias a realizar serían menores que 4kp, siendo aún mucho menores en situaciones normales de funcionamiento.

- Por otra parte, se han estudiado las tensiones que aparecen sobre las piezas, con el fin de seleccionar los materiales necesarios y los refuerzos que precisan. Así mismo, se ha considerado la situación más desfavorable, y se han diferenciado dos situaciones de estudio: situación de reposo y en movimiento.

### Sistema en reposo:

En reposo las cargas que actúan sobre el sistema son los pesos (Figura 11). En la situación más desfavorable, el usuario de la bicicleta apoyaría el 100% de su peso sobre el manillar y por tanto sobre la estructura; mientras que el usuario de la silla de ruedas distribuiría su peso exclusivamente entre las 2 ruedas de atrás.

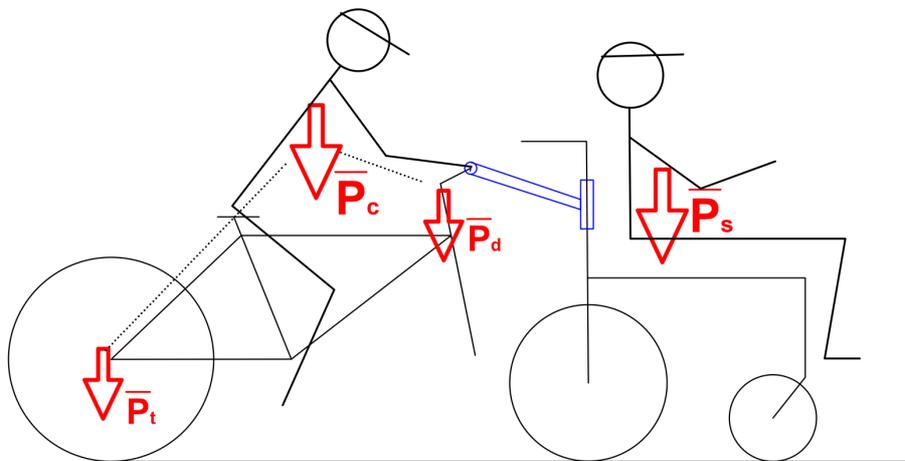


Figura 11. Fuerzas sobre el sistema en situación de reposo

El cálculo y dimensionamiento de los elementos críticos del sistema aparecen justificados en el Anexo II **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

### Sistema en movimiento:

En movimiento, las cargas que el sistema debe soportar son el peso, las cargas producidas por las fuerzas de inercia y la resistencia de rodadura (Figura 12). Además, hay que considerar que

puede existir una ligera pendiente. La inclinación máxima que se ha tomado ha sido del 7%, al ser el máximo admisible en los carriles bici. En el caso de Zaragoza, por ejemplo, todo el anillo verde discurre con una pendiente inferior al 6,1%.

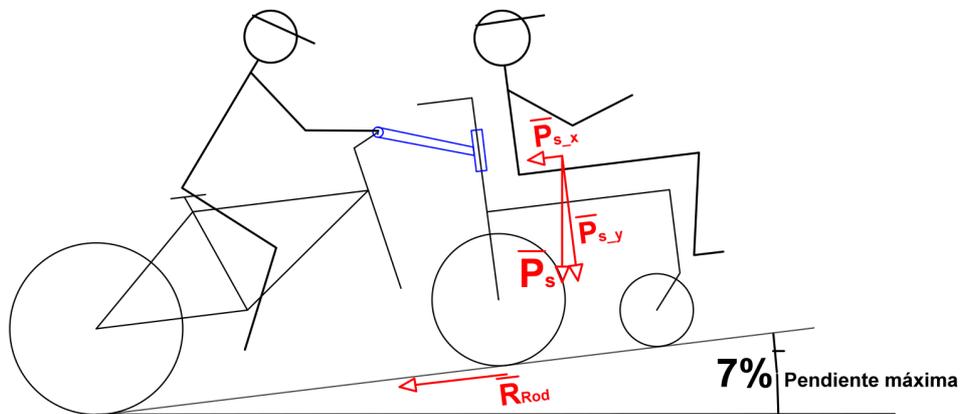


Figura 12. Fuerzas sobre el sistema en situación de movimiento

El valor de dichas fuerzas es el siguiente:

- Resistencia a la rodadura:

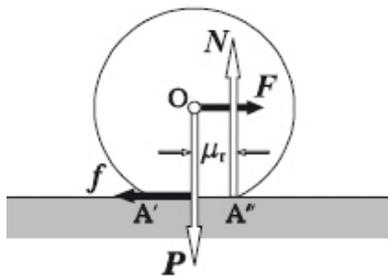


Figura 13. Fuerzas resistencia a la rodadura

Para que se produzca el movimiento y comience la rodadura<sup>1</sup>, el par de arranque deberá ser mayor que el par resistente,  $M_{Res} \geq M_{aplicado}$ , y por tanto, la fuerza a vencer será:

$$F \geq \frac{\mu_r \cdot N}{R} = C_{rr} \cdot N = R_{Rod}, \text{ donde } C_{rr} \text{ es el coeficiente}$$

de rodadura. Un valor promedio de dicho coeficiente en cubiertas de bicicleta es 0,0080.

<sup>1</sup> Formulas basadas en (Raymond A. Serway, 2004)

Considerando que el ciclista apoya la totalidad de su peso sobre el manillar delantero, y poniendo una masa promedio por usuario de 100kg, y de 25kg tanto a la silla como a la bicicleta, la fuerza a vencer sería:

$$F \geq 0,008.(100.2 + 25.2).9,81 = 19,62N$$

- Fuerzas de Inercia:

Para valorar las fuerzas de inercia se ha tenido en cuenta la capacidad de frenado en bicicletas. A una velocidad de 25km/h, la distancia de frenado actuando con el freno trasero debe ser 10m, y con ambos 7m (UNE-EN 14764), lo que genera desaceleraciones de 2,4m/s<sup>2</sup> y 3,44m/s<sup>2</sup>, respectivamente.

Pese a que en el sistema de silla delante no puede actuar el freno delantero, se ha considerado para los cálculos el comportamiento con una desaceleración de 3,44 m/s<sup>2</sup> con el fin de asegurar que el sistema resiste las exigencias en este tipo de fuerzas sin encontrarse en el límite. Por tanto, si el ciclista frena, el sistema de acoplamiento deberá soportar la inercia producida por la silla de ruedas y su usuario, lo que supone una masa de 120kg.

$$F = m.a = 120.4,33 = 412,8N$$

Puede observarse que las fuerzas generadas por resistencia a rodadura son muy inferiores a las de inercia.

- Fuerzas debidas al peso:

Considerando una pendiente máxima por la que circulara el sistema del 7% (7 metros de subida por cada 100 recorridos), la componente del peso en la dirección del plano inclinado sería:

$$\alpha_{Pendiente\_Max} = \tan^{-1}(7/100) = 4^{\circ}$$

$$P_{s\_x} = \overline{P}_s \cdot \sin(\alpha_{P\_Max}) = 120.9,81 \cdot \sin(4^{\circ}) = 82,12N$$

Se puede observar nuevamente que estas fuerzas son muy inferiores respecto a las fuerzas de inercia.

El cálculo y dimensionamiento de los elementos críticos del sistema aparecen justificados en el Anexo II **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Tras realizar los cálculos, observamos que las barras y piezas del sistema cumplen con las solicitaciones impuestas.

#### 2.1.4. Posibilidad de acoplamiento de monociclo

La incorporación de un monociclo está pensada para ofrecer la posibilidad de tomar la dirección global del sistema al usuario de la silla de ruedas. En la siguiente figura se muestra su acoplamiento sobre la estructura delantera de la silla de ruedas.

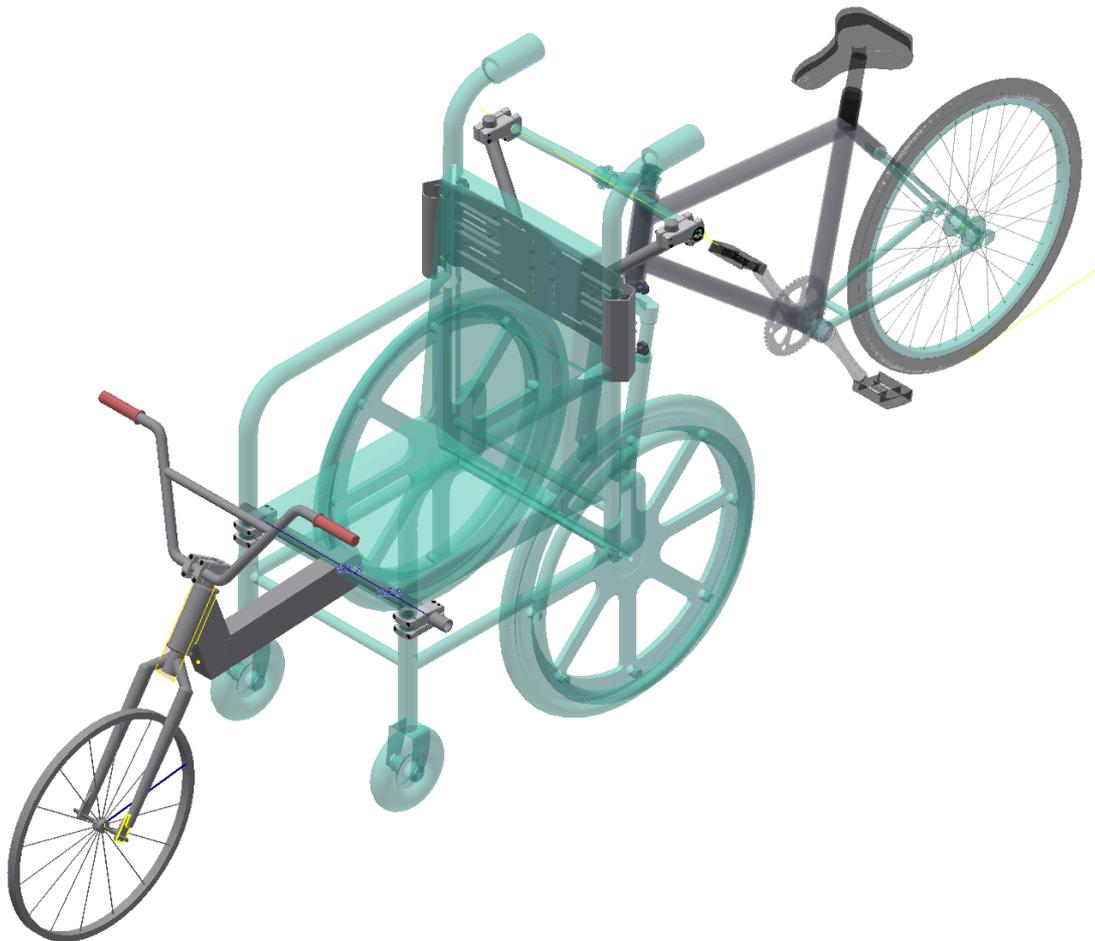


Figura 14. Sistema Monociclo + Sistema Silla Delante

El conjunto monociclo se compone de piezas que en su mayoría son extraídas de catálogo comercial. En particular, se empleará una rueda de 20". La cual irá montada en una horquilla. La transmisión de la dirección se hará mediante un manillar y una potencia de bicicleta. La horquilla irá abrazada por una dirección compuesta por dos rodamientos, de manera que no se produzca fricción entre dicha horquilla y el chasis de transmisión del monociclo. (Ver documento PLANOS, bloque 2)

El chasis de transmisión desde el monociclo hasta la silla de ruedas se fabricará con distintos perfiles, unidos por soldadura y al que irán conectadas unas abrazaderas que deslizan sobre una guía. El cálculo de las tensiones y la resistencia de los perfiles se detalla en el Anexo II.

## 2.2. Sistema silla detrás

En este caso la silla y la bicicleta se acoplan a través de un sistema mecánico que une el cuadro de la bicicleta en la zona de su rueda trasera con la estructura delantera de la silla.



Figura 15. Sistema Silla detrás-Bici delante

El componente principal es un perfil tubular similar al utilizado para el enganche de otros sistemas arrastrados.

Para el acoplamiento a la rueda trasera de la bicicleta, se empleará un cierre mediante una rosca que irá conectado a un muelle, el cual permitirá el libre giro entre la bicicleta y la silla de ruedas. De esta manera, la bici puede inclinarse sobre la vertical a la hora de realizar los giros.

Para el acoplamiento a la silla de ruedas, se utilizaran dos mordazas, que irán montadas a la estructura delantera de la silla de ruedas.

En este caso, las solicitaciones de fuerzas sobre el sistema son menores al estar tanto la silla como la bicicleta apoyadas sobre todos sus apoyos. Las fuerzas que tendrá que soportar en este caso son las fuerzas de tracción entre la silla y la bicicleta. Análogamente al sistema silla delante, el cálculo y dimensionamiento de los elementos críticos del sistema aparecen justificados en el Anexo II.

### **2.3. Estudio cinemático**

Para el correcto movimiento del sistema, ha de cumplirse que las alternativas planteadas sean sistemas no holónomos, de modo que el sistema pueda cambiar su dirección sin depender esta de la posición que ocupe el sistema en dicho momento.<sup>2</sup>

Para ello se han definido las coordenadas y velocidades generalizadas de los distintos sistemas, las condiciones de enlace y finalmente las ecuaciones de enlace, observando si éstas eran o no integrables y obteniendo la conclusión acerca de la independencia o no de la dirección con respecto de la posición.

Tanto en el sistema de la bici delante, como en el sistema de la bici detrás, se ha verificado que se cumpliera la condición de sistema no holónimo, incluyéndose los cálculos detallados en el ANEXO I.

---

<sup>2</sup> Las formulas empleadas están basadas en (LLado París., 2011)

### 3. DESARROLLO DE SOLUCIONES

En este apartado se describen los materiales y procesos de fabricación necesarios para poder desarrollar las soluciones de acoplamiento diseñadas y obtener además una previsión del coste de cada una de ellas.

Para abordar este estudio se realiza inicialmente un análisis de la posible demanda, basada en las personas que requieren de una silla de ruedas para su movilidad.

#### 3.1. Previsión de necesidades

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en España existen 3,85 millones de personas con discapacidad, de las cuales el 67,2% presentan limitaciones para moverse. En la Tabla 2 se observan dichas cifras desglosadas por edades.

**Tabla 2. Población con discapacidad de movilidad en España, 2008. INE.**

	Rango de edad												
	6 a 15	16 a 24	25 a 34	35 a 44	45 a 54	55 a 64	65 a 79	65 a 69	70 a 74	75 a 79	80 a 84	85 a 89	90 y más
Núm. Disc. Movilidad	26,3	39,8	88,6	159,3	253,4	361,6	814,0	200,7	264,8	348,5	354,5	271,8	174,6

De cara a la fabricación de los sistemas, estos estarían potencialmente enfocados a los aproximadamente 2 millones de personas con problemas de movilidad en España. Sin embargo, es cierto que la idea de desplazamientos por espacios abiertos en los sistemas tándem diseñados es más propensa al rechazo en las personas de edad avanzada. Así mismo, el dimensionamiento de dichos sistemas no ha considerado sillas de ruedas de tamaño infantil, aunque esta segunda segmentación apenas afecta al resultado como puede observarse en la tabla.

Por ello, como público potencial se ha seccionado el rango comprendido de 15 a 64 años, siendo esto un total de 902,7 miles de personas.

La finalidad de estos sistemas, como se ha introducido, es fomentar la salida a parques o zonas abiertas, evitando que éstas deban hacerse auto impulsándose o mediante la ayuda de alguien que ejerce un impulso directo sobre la silla, lo cual es más agotador y, en el caso de la auto impulsión, desaconsejable para la salud (debido a lesiones de hombro como posibles cortes o daños en las manos).

El objetivo planteado es cubrir el 1% del mercado en 7 años vista, lo cual implica la fabricación de 1300 sistemas anuales. Considerando 800 Sistemas de acoplamiento con silla delante y 500 Sistemas de acoplamiento con silla detrás. Además se estima que de los 800 sistemas silla delante, 300 querrán complementar el sistema añadiendo el sistema monociclo.

### **3.2. Materiales**

El material empleado para los elementos a fabricar ha sido Aluminio 6061 T6. Se ha preferido emplear este material en lugar de acero respecto a la enorme ventaja que supone respecto a la ligereza global del sistema, además de su excelente comportamiento a corrosión.

Con respecto al resto de aluminios, se ha seleccionado la forma T6 debido a su elevada resistencia a la tracción y límite elástico. Es habitual el uso de este material en cuadros de bicicleta y otros componentes de las mismas (Aluminum Standards & Data).

Se ha estudiado previamente las fuerzas que el sistema debía soportar y comprobar la resistencia del sistema y de sus componentes, dando por válida la solución (ANEXO II).

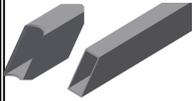
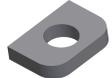
Los tornillos de unión entre piezas son no pretensados. Se ha fijado su disposición constructiva y sección de manera que puedan soportar bien las fuerzas que afectan a los distintos sistemas. Así mismo, también se ha calculado la disposición de las chapas taladradas en función de las sollicitaciones de las mismas.

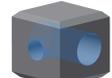
Se ha calculado la resistencia necesaria de los tornillos siendo estos sometidos a cortante y a tracción, así como la resistencia a aplastamiento de la chapa. (Villora, 2012) El desarrollo de dichos cálculos se encuentra incluido en el Anexo III.

### 3.3. Fabricación y montaje

El proceso de fabricación a seguir para cada uno de los conjuntos será el siguiente:

CONJUNTO SILLA DELANTE					
PIEZA/ MAT.PARTIDA necesario	Nº Op.	Operación	Maquina empleada	Tiempo estimado operación(s)	
<b>PLACA CENTRAL</b>					
 Plancha Aluminio 6061 T6, e:3mm, 320x200mm	1	Recortar a medida ancho y largo geometría exterior	Cortadora Laser	40	
	2	Perforar orificios y hacer ranuras	Punzonadora CNC	60	
	3	Eliminar rebabas	Pulidora	60	
	4	Aplicar producto de acabado-Pintura	Maquina de pintura	30	
				Horno	1200
<b>CONJUNTO ACOPLAMIENTO SILLA</b>					
<b>Placa lateral reforzada</b>					
 Chapa Abrazadera Silla Plancha Aluminio 6061 T6, e:2mm, 278x200mm	1	Recortar a medida ancho y largo geometría exterior	Cortadora Laser	40	
	2	Perforar orificios y hacer ranuras	Punzonadora CNC	60	
	3	Plegar para obtener geometría final	Prensa dobladora	180	
	4	Eliminar rebabas	Pulidora	60	
 Nervios Abrazadera Plancha Aluminio 6061 T6, e:2mm, 154x44mm	1	Recortar a medida ancho y largo geometría exterior	Cortadora Laser	40	
 Mordaza Silla + Pletina soldada a mordaza	1	Soldadura Nervios y Tuercas a Chapa	Equipo de soldadura	1200	
	2	Aplicar producto de acabado-Pintura	Maquina de pintura	30	
				Horno	1200
 Mordaza Silla + Pletina soldada a mordaza Plancha Aluminio 6061 T6, e:2mm, 52x200mm	1	Recortar a medida ancho y largo geometría exterior	Cortadora Laser	40	
	2	Plegar para obtener geometría final mordaza	Prensa dobladora	180	
	3	Soldadura Pletina a Mordaza	Equipo de soldadura	100	
 Mordaza Silla + Pletina soldada a mordaza	1	Soldadura Pletina a Enganche giratorio	Equipo de soldadura	100	
	2	Aplicar producto de acabado-Pintura	Maquina de pintura	30	
	3	Montaje Tornillos Apriete Manual (mordazas y placa)	Horno	1200	
<b>CONJUNTO PROLONGACIÓN MANILLAR</b>					
<b>Pletina fijación perfiles</b>					
 Plancha Aluminio 6061 T6, e:3mm, 320x70mm	1	Recortar a medida ancho y largo geometría exterior	Cortadora Laser	40	
	2	Perforar orificios y hacer ranuras	Punzonadora CNC	60	
	3	Eliminar rebabas	Pulidora	60	
<b>Perfiles Acoplamiento</b>					
 Perfil Tubular Aluminio 6061 T6, L: 2 de 276mm; Øext:1-1/8" x e:0.120" x Øint:0.885"	1	Corte a medida del perfil tubular a longitud 276mm	Tronzadora	60	
	2	Eliminar rebabas	Pulidora	60	
	3	Doblado del tubo hasta geometría buscada	Curvadora de perfile:	240	
 Perfiles Acoplamiento	1	Soldadura de Perfiles a Pletina	Equipo de soldadura	180	
	2	Aplicar producto de acabado-Pintura	Maquina de pintura	30	
			Horno	1200	
	3	Introducción de las arañas a los perfiles tubulares		180	
	4	Introducción de las potencias a los perfiles tubulares		240	
 Perfiles Acoplamiento	1	Ensamblaje de los conjuntos mediante uniones atornilladas		600	

CONJUNTO MONOCICLO					
PIEZA/ MAT.PARTIDA necesario	Nº Op.	Operación	Maquina empleada	Tiempo estimado	
<b>CUADRO MONOCICLO</b>					
<b>Cuadro exterior horquilla</b>					
	Perfil Tubular Aluminio	1	Recortar a medida ancho y largo geometría exterior	Tronzadora	40
	6061 T6, L: 135mm; Øext:50mm x e:3mm	2	Eliminar rebabas	Pulidora	60
<b>Perfil unión. (Parte delantera+trasera)</b>					
	Perfil Rectangular	1	Recortar a medida ancho y largo geometría exterior	Tronzadora	40
	Aluminio 6061 T6, L: 560mm; b:46mm x h:80mm x e:3mm	2	Perfilar geometría final-perfil parte delantera	Fresadora	120
		4	Eliminar rebabas	Pulidora	60
<b>Guía</b>					
	Perfil Tubular Aluminio	1	Corte a medida del perfil tubular a longitud 580mm	Tronzadora	60
	6061 T6, L: 580mm; Øext:1-1/8" x e:2mm	2	Eliminar rebabas	Pulidora	60
<b>Taco Refuerzo</b>					
	Bloque aluminio	1	Perfilar geometría final y agujero guía	Fresadora	120
	74x48x40mm	2	Eliminar rebabas	Pulidora	60
		1	Soldadura del conjunto	Equipo de soldadura	1200
		2	Aplicar producto de acabado-Pintura	Maquina de pintura	60
				Horno	1200
		1	Insertar puños en manillar		60
		2	Insertar dirección en cuadro exterior horquilla		40
		3	Insertar horquilla en dirección		50
		4	Insertar arañas en guía		270
		5	Insertar potencias en guía y horquilla		360
		6	Insertar manillar en potencia		100
		7	Poner Fondo de llanta a llanta		300
		8	Poner camara sobre fondo de llanta		60
		9	Poner cubierta sobre llanta		30
		10	Inflar Rueda		120
		11	Insertar rueda en horquilla		120

CONJUNTO SILLA DETRÁS					
PIEZA/ MAT.PARTIDA necesario	Nº Op.	Operación	Maquina empleada	Tiempo estimado	
<b>TUBO PRINCIPAL</b>					
	Perfil Tubular Aluminio	1	Corte a medida del perfil tubular a longitud 1198mm	Tronzadora	60
	6061 T6, L: 1198mm; Øext:18mm x e:2mm	2	Eliminar rebabas	Pulidora	60
		3	Agujeros para acoplamiento Bici	Fresadora	15
		4	Doblado del tubo hasta geometría buscada	Curvadora de perfil:	240
<b>GUÍA</b>					
	Perfil Tubular Aluminio	1	Corte a medida del perfil tubular a longitud 580mm	Tronzadora	60
	6061 T6, L: 580mm; Øext:1-1/8" x e:2mm	2	Eliminar rebabas	Pulidora	60
<b>TACO REFUERZO</b>					
	Bloque aluminio	1	Perfilar geometría final y agujero guía	Fresadora	1200
	74x48x40mm	2	Eliminar rebabas	Pulidora	60
		1	Soldadura tubo principal con guía	Equipo de soldadura	180
		2	Aplicar producto de acabado-Pintura	Maquina de pintura	30
				Horno	1200
		3	Introducción de arañas en guía		180
		4	Introduccion de potencias a guía		240
	5	Union acoplador Bici		40	

El sistema contará con piezas de chapa para acoplarse a la silla, la mayoría de ellas lisas, y unas abrazaderas, a las cuales habrá que aplicarles unas operaciones de plegado. Previamente, las piezas estas serán cortadas mediante una máquina láser y se realizarán los agujeros y hendiduras mediante una punzonadora.

Para realizar la unión entre los distintos elementos, se aplicará soldadura, así como pernos en los casos de piezas móviles que puedan variar su disposición en el sistema.

La unión entre la parte del sistema que va conectado a la silla y la parte del sistema conectado a la bicicleta se realizará mediante unos perfiles circulares, a los cuales habrá que aplicarles operaciones de doblado.

Existen restricciones en dichas operaciones de doblado, ya que existe un radio mínimo con el que se podrán doblar dichos tubos. De acuerdo con fabricantes de tubos, dicho radio mínimo depende del diámetro del tubo. En tubos cuyo diámetro este comprendido entre  $\frac{1}{4}$ " a 4" (el cual es nuestro caso), dicho radio deberá ser una vez y media el diámetro exterior del mismo. Los tubos seleccionados son de una medida estandarizada de  $1\frac{1}{8}$ ". Esta medida se ha seleccionado con el fin de poder añadir al sistema potencias de bicicleta (cuyo diámetro interior coincide con esa medida) y poder facilitar su montaje al manillar (Figura 16).



**Figura 16. Potencia acoplada a tubo. Diámetro del acoplamiento: 1-1/8"**

Todas las condiciones relacionadas con la seguridad y la calidad del proceso de fabricación se incluyen en el documento PLIEGO DE CONDICIONES:

### 3.4. Valoración de los costes

Los costes de fabricación de cada uno de los sistemas se resumen en las siguientes tablas. El cálculo detallado de los mismos se encuentra en el documento PRESUPUESTO.

Se ha estimado una producción de 800 sistemas de acoplamiento con silla delante, 500 sistemas de acoplamiento con silla detrás y 300 sistemas de acoplamiento de monociclo.

Sistema Silla Delante	Denominación	Gasto total anual (€)	GASTO total unitario (€)
	Materia Prima y Materiales	80.197,79 €	100,25 €
	Mano de obra	32.848,38 €	41,06 €
	Costes de producción	2.763,66 €	3,45 €
	Costes indirectos	16.756,83 €	20,95 €
	Amortizaciones	11.207,83 €	14,01 €
	<b>COSTE TOTAL</b>	<b>143.774,49 €</b>	<b>179,72 €</b>

Sistema Silla Detrás	Denominación	Gasto total anual (€)	GASTO total unitario (€)
	Materia Prima y Materiales	40.422,62 €	80,85 €
	Mano de obra	20.530,23 €	41,06 €
	Costes de producción	1.727,29 €	3,45 €
	Costes indirectos	10.473,02 €	20,95 €
	Amortizaciones	7.004,89 €	14,01 €
	<b>COSTE TOTAL</b>	<b>80.158,05 €</b>	<b>160,32 €</b>

<b>Sistema Monociclo</b>	<b>Denominación</b>	<b>Gasto total anual (€)</b>	<b>GASTO total unitario (€)</b>
	<b>Materia Prima y Materiales</b>	98.163,97 €	327,21 €
	<b>Mano de obra</b>	12.318,14 €	41,06 €
	<b>Costes de producción</b>	1.036,37 €	3,45 €
	<b>Costes indirectos</b>	6.283,81 €	20,95 €
	<b>Amortizaciones</b>	4.202,94 €	14,01 €
	<b>COSTE TOTAL</b>	<b>122.005,24 €</b>	<b>406,68 €</b>

Los costes totales de los 1600 sistemas serían:

<b>Coste total en conjunto:</b>	<b>345.937,78 €</b>
---------------------------------	---------------------

### 3.5. Comparación de soluciones propuestas

En el siguiente cuadro se sintetizan las características a valorar por parte de los usuarios de cara a la selección de cada uno de los sistemas.

COMPARACIÓN DE SISTEMAS			
	Sistema Silla Delante	Sistema Silla Detrás	Monociclo <i>(complemento de Sist. Silla Delante)</i>
			
<b>Capacidad de adaptarse a la geometría</b>	Ambos son sistemas concebidos de la manera más universal posible. A pesar de ello, el sistema silla delante ofrece una flexibilidad mucho más elevada, permitiendo , siendo capaz de adaptarse a un geometría más compleja de manera sencilla.		Modo de acoplamiento analogo al sistema Silla Detrás.
<b>Complejidad y número de piezas</b>	Elevado numero de piezas.	Sistema más minimalista e intuitivo.	Elevado numero de piezas y complejidad del sistema.
<b>Percepcion del usuario</b>	Mayor campo visual de usuario silla de ruedas. Ciclista en posición más elevada (no dificulta su visibilidad el usuario).	Menor campo visual del usuario de silla de ruedas. Posición detrás del ciclista y a menor altura.	Fomenta la participación del usuario y percepción de actividad conjunta entre las partes.
<b>Percepción de situación de dependencia</b>	Menor percepción. Situación privilegiada del usuario en el sistema.	Mayor percepcion. Existe menor cercanía entre los individuos y usuario puede tener percepción de estar remolcado en vez de situación de cooperación.	Anula dicha percepción Ambos realizan la actividad conjuntamente, distribuyendo las tareas.
<b>Facilidad de montaje</b>	Algo compleja. Algun paso ha de realizarse simultaneamente.	Gran facilidad de montaje.	Similar al Sist. Silla Detrás. Algo más complejo debido a la necesidad de elevar ruedas delanteras de la silla.
<b>Posibilidad de cooperación</b>	Visualización del usuario. Posibilidad de observar sus indicaciones.	Comunicación hablada. Ciclista no ve indicaciones del usuario durante la marcha.	Elevada. Usuario se encarga de sistema de dirección del conjunto.
<b>Maniobrabilidad</b>	Compleja. Pasa a tener 2 ruedas el eje delantero.	Sencilla. Sistema de remolque convencional.	Sencilla. Usuario colabora en ella. Debe tener capacidades físicas para ello.
<b>Coste (Venta al público)</b>	230,00 €	210,00 €	450,00 €

## BIBLIOGRAFÍA

---

6061-T6 (AlMg1SiCu) Aluminum, P. d. (2013). *Make It From*. Recuperado el 5 de 06 de 2014, de 6061-T6-Aluminium: <http://www.makeitfrom.com/material-data/?for=6061-T6-Aluminum>  
Aluminum Standards & Data. (s.f.). *aluminum.org*. Recuperado el Abril de 2014, de The aluminum association: <http://www.aluminum.org/>

Bonilla-Mercado, J. C. (2003). *Rediseño del sistema de sujeción del cilindro de alimentación de una máquina de devanado para la planta CRISOL TEXTIL S.A. de C.V.* Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ingeniería Mecánica. Puebla: UDLAP.

*Calculo de talla de bicicletas.* (2013). Recuperado el 22 de 3 de 2014, de Calcula la talla bicicleta mtb/montaña, carretera y urbana.: <http://www.tallabicicleta.com/>

Guzman, A. (6 de mayo de 2010). *5.Antropometría Aplicada*. Recuperado el 22 de abril de 2014, de Ergonomía Enero-Junio Blog:  
<http://ergonomia2010.wordpress.com/2010/05/06/unidad-5-antropometria/>

Hospital Materno-Infantil de Vall d'Hebrón de Barcelona. (2007). Recuperado el 22 de 03 de 2014, de <http://www.noticiascadadia.com/noticia/5954-la-altura-media-de-los-espanoles-sobrepasa-los-175-metros-doce-centimetros-mas-que-a-final/>

LLado París., J., & Sánchez Tabuenca., B. (2011). *Mecánica. I.Cinemática del Sólido Rígido. Ingeniería de Tecnologías Industriales*. Zaragoza, Zaragoza, España: Copy Center Digital.

Raymond A. Serway, J. W. (2004). *Physics for scientists and engineers: Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr, Volumen 2* (6 ed.). Charlottesville, VA, EEUU: Thomson-Brooks/Cole.

Tornillos y uniones atornilladas. (s.f.). *Universidad de Navarra*. Recuperado el 3 de abril de 2014, de Tecnun. Campus tecnológico Universidad de Navarra:  
<http://www.unav.es/adi/UserFiles/File/4000005038/cap8%20Tornillos%20y%20uniones%20atornilladas.pdf>

UNE-EN 14764. (s.f.).

Víllora, A. G. *Diseño y cálculo de uniones con tornillos no pretensados*. Artículo, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia., Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructura, Valencia.





**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Sistemas tándem para ciclistas y usuarios de sillas  
de ruedas

-Planos-

Autor

Íñigo Marín Alcalá

Directores

José Luis Santolaya Sáenz  
Ana Serrano Tierz

Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA)  
2014

## INDICE DE PLANOS

1. ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE. Perspectiva isométrica.
  - 1.1. Vistas principales.
  - 1.2. Acoplamiento con silla delante. Vista conjunto.
  - 1.3. Placa central.
  - 1.4. Conjunto ajustable silla.
  - 1.5. Placa lateral reforzada.
  - 1.6. Placa lateral y nervios.
  - 1.7. Mordaza silla y pletina soldada.
  - 1.8. Conjunto prolongación manillar.
  - 1.9. Pletina fijación perfiles.
  - 1.10. Perfiles acoplamiento.
2. ACOPLAMIENTO MONOCICLO. Perspectiva isométrica.
  - 2.1. Vistas principales.
  - 2.2. Acoplamiento monociclo. Vista conjunto.
  - 2.3. Cuadro monociclo.
  - 2.4. Piezas cuadro monociclo.
3. ACOPLAMIENTO CON SILLA DETRÁS. Perspectiva isométrica.
  - 3.1. Vistas principales.
  - 3.2. Acoplamiento con silla detrás. Vista conjunto.
  - 3.3. Piezas conjunto.

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

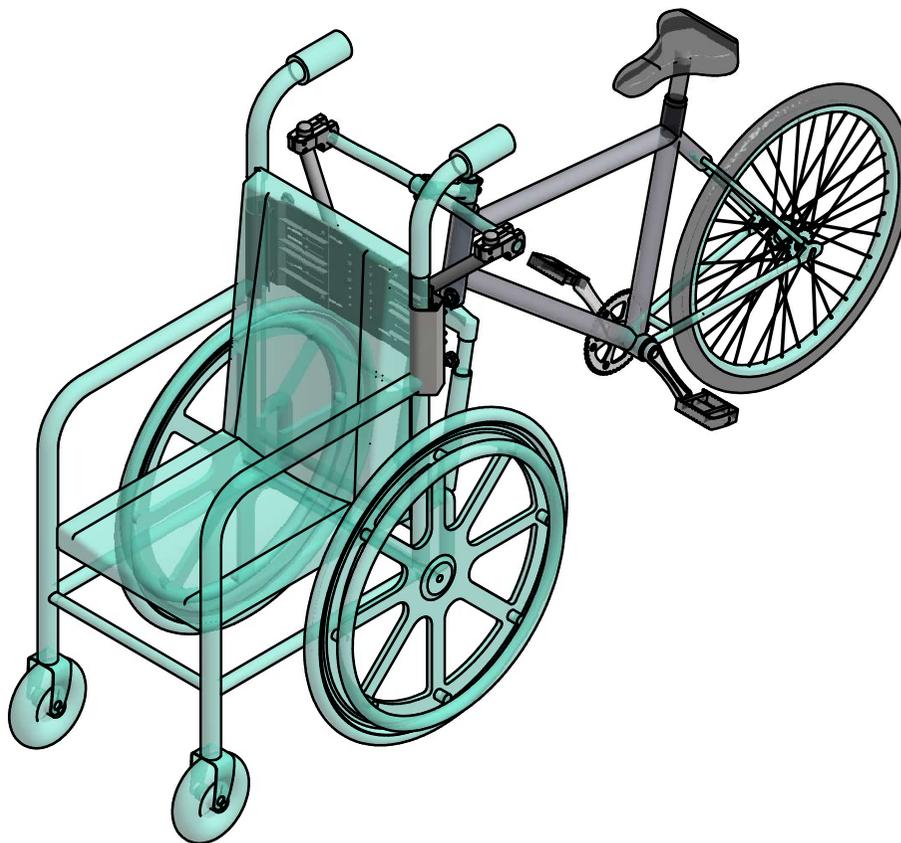
F

F

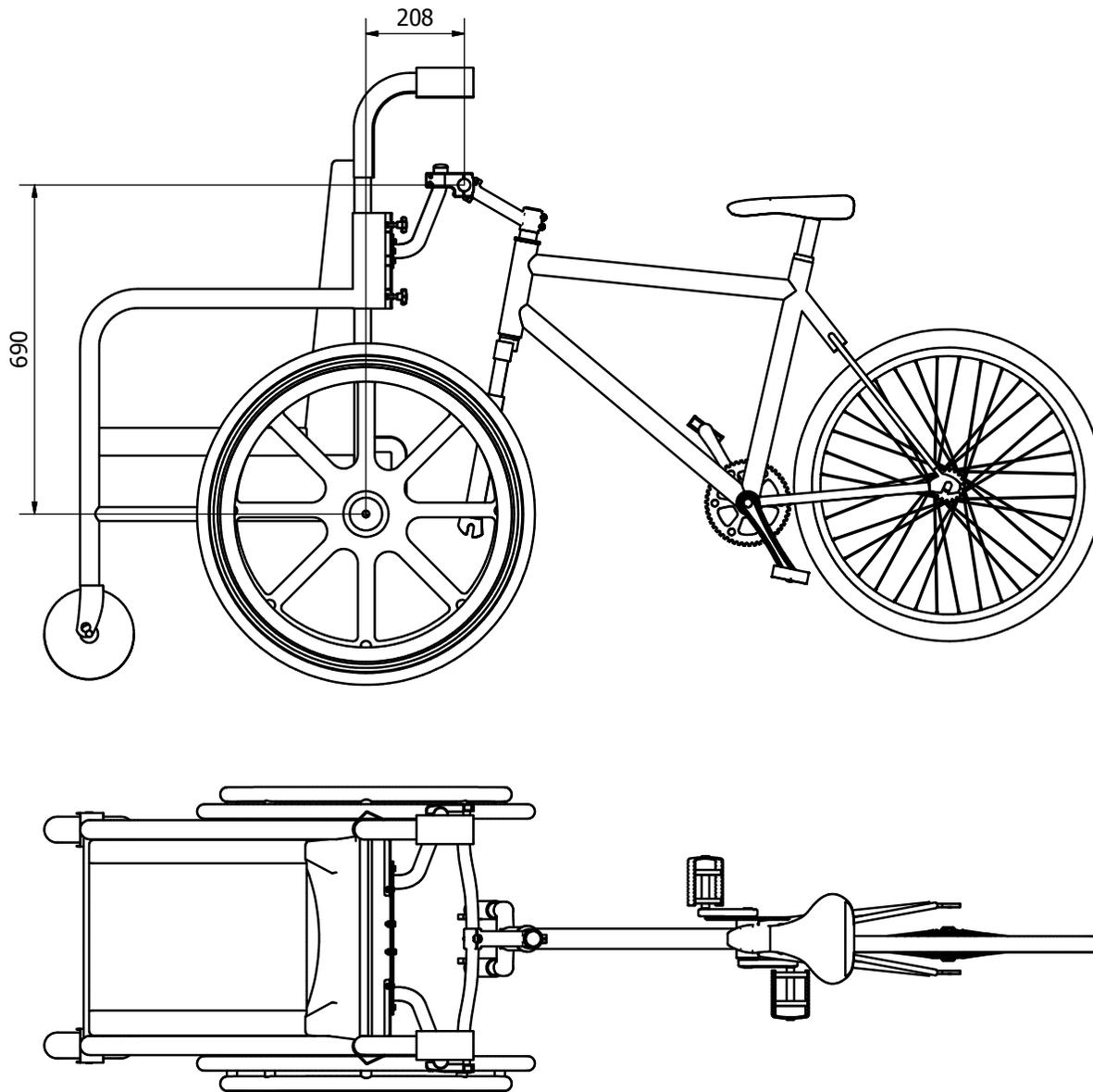
1 2 3 4 5 6 7 8 A3

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

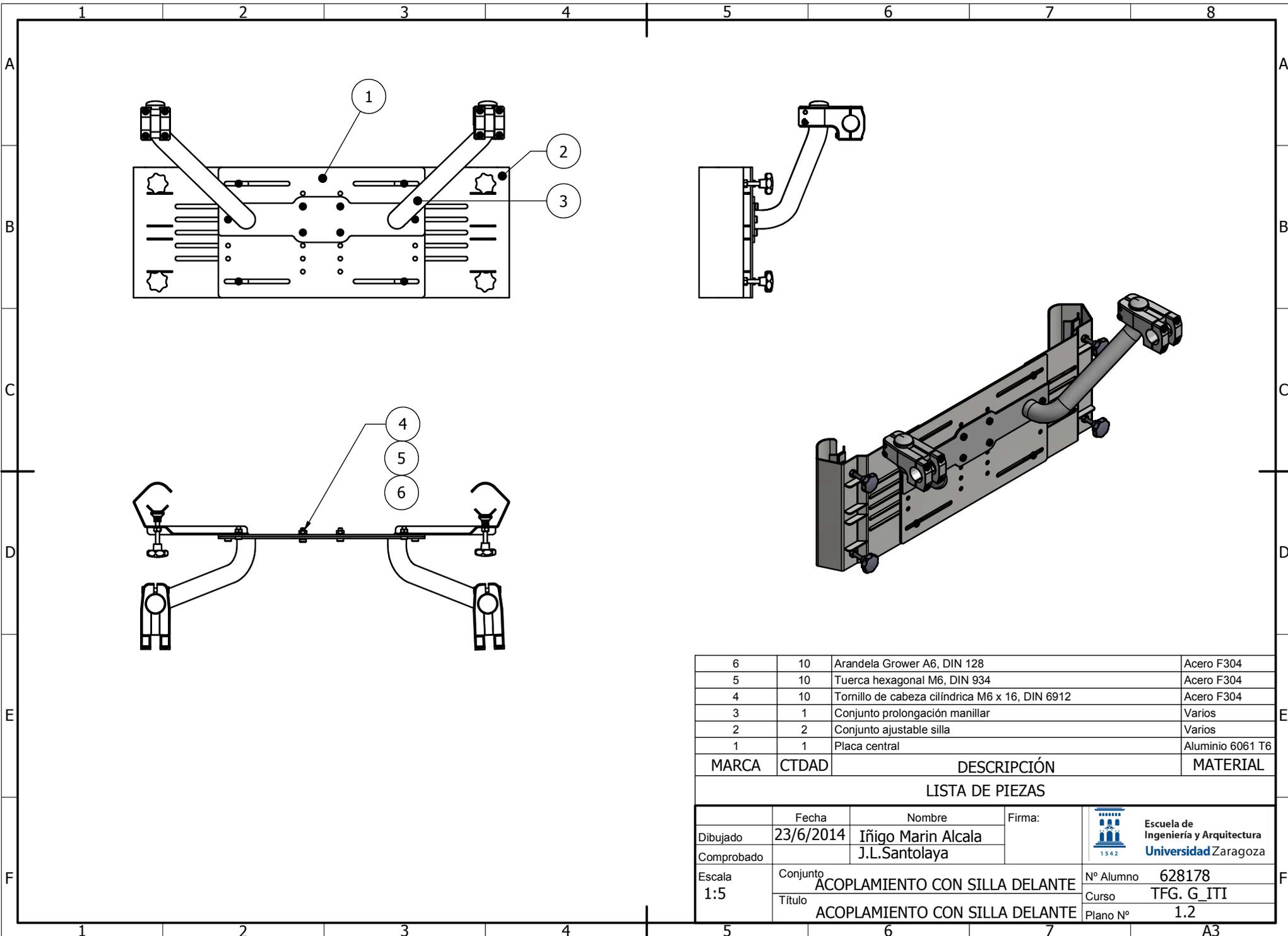
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		Nº Alumno 628178
Escala	Conjunto			Curso TFG. G ITI
1:10	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE			Plano Nº 1
	Título			
	Perspectiva Isométrica			



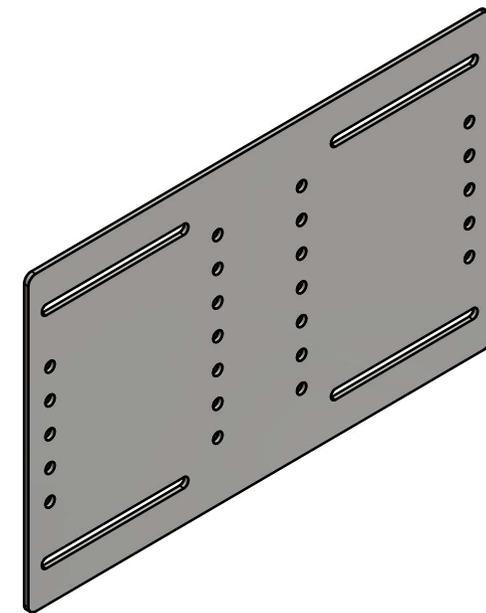
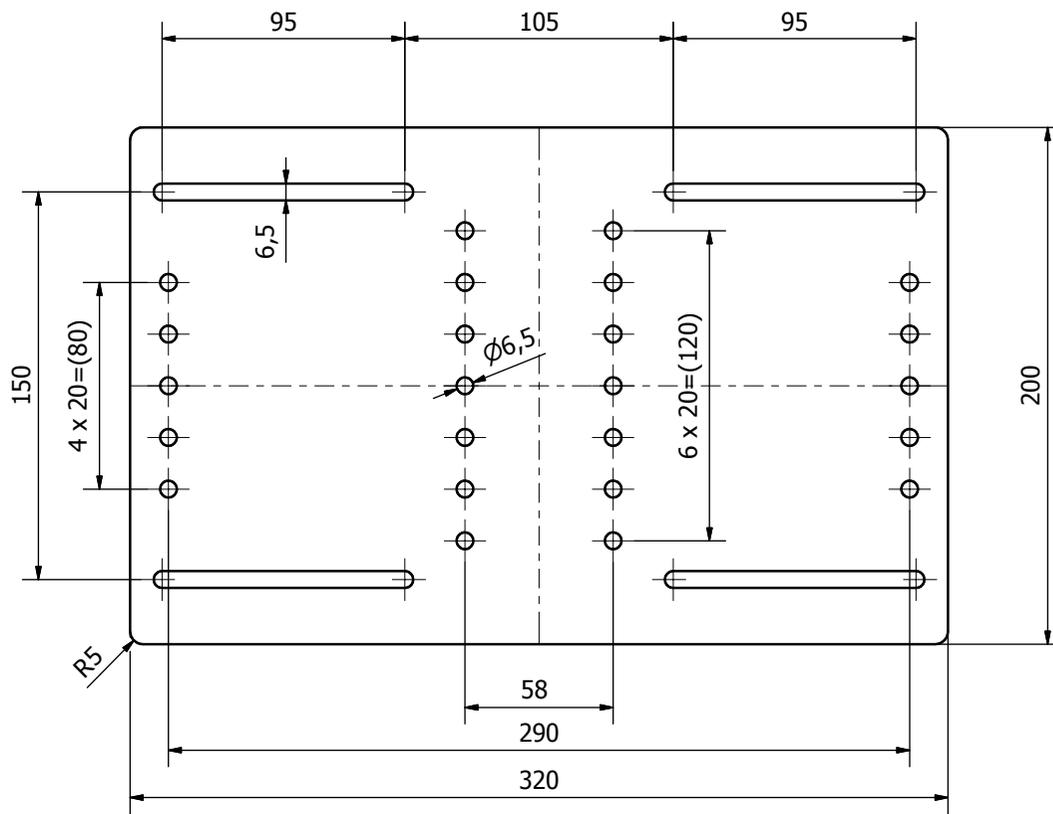
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		Nº Alumno 628178
Escala	Conjunto ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE			Curso TFG. G ITI
1:10	Título Vistas Principales			Plano Nº 1.1



6	10	Arandela Grower A6, DIN 128	Acero F304
5	10	Tuerca hexagonal M6, DIN 934	Acero F304
4	10	Tornillo de cabeza cilíndrica M6 x 16, DIN 6912	Acero F304
3	1	Conjunto prolongación manillar	Varios
2	2	Conjunto ajustable silla	Varios
1	1	Placa central	Aluminio 6061 T6
MARCA	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

LISTA DE PIEZAS

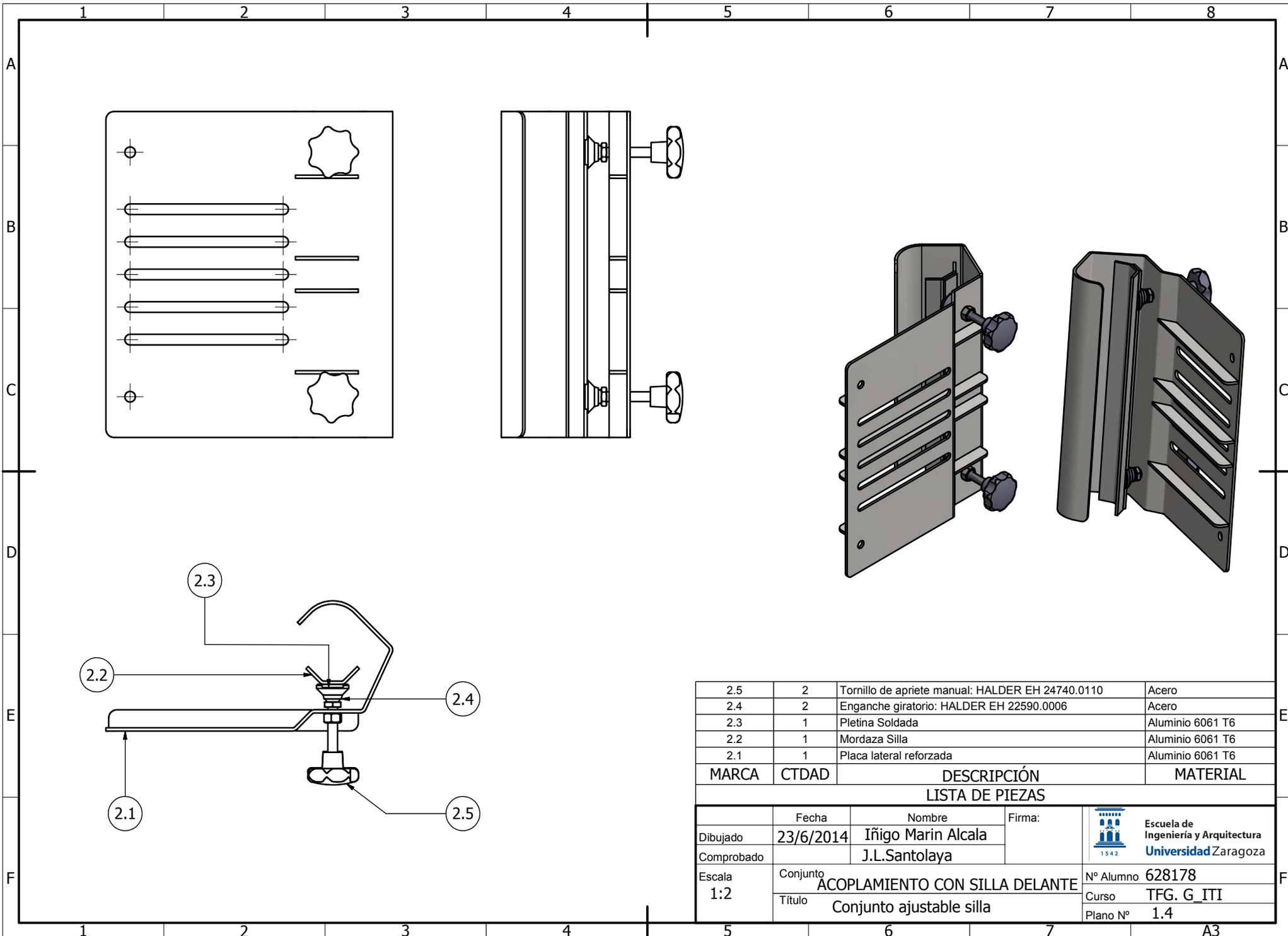
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		
Escala 1:5	Conjunto	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE		Nº Alumno 628178
	Título	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE		Curso TFG. G_ITI
				Plano Nº 1.2



Espesor: 3mm

Tolerancias no indicadas UNE EN 22768-m

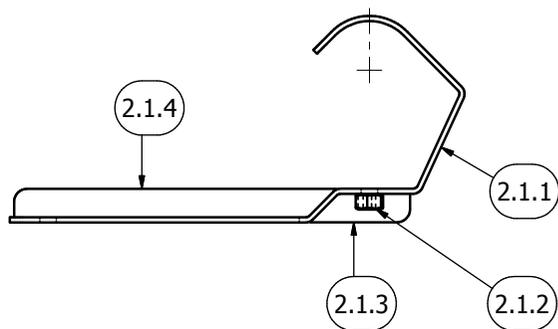
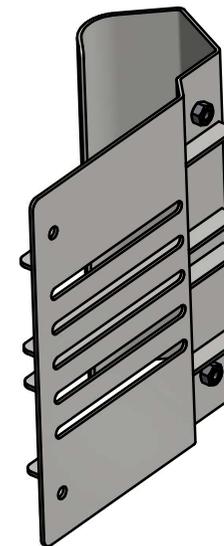
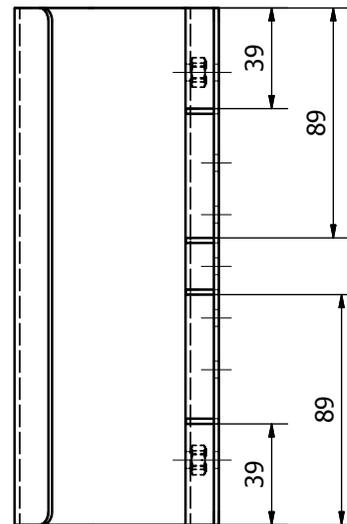
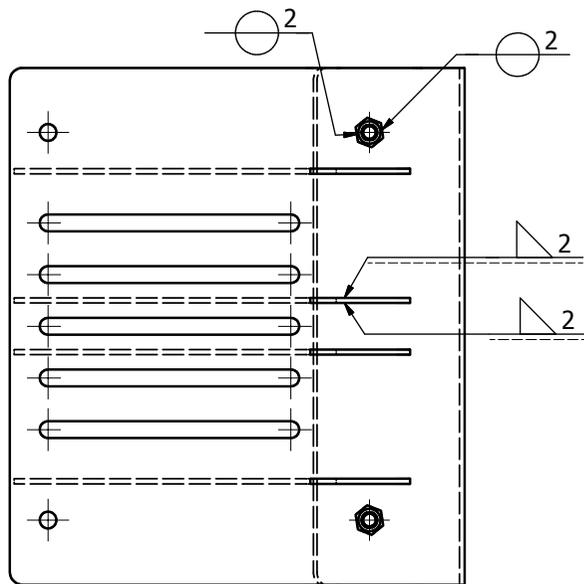
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		
Escala	Conjunto			Nº Alumno
1:2	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE			628178
	Título			Curso
	Placa central			TFG. G ITI
				Plano Nº
				1.3



2.5	2	Tornillo de apriete manual: HALDER EH 24740.0110	Acero
2.4	2	Eganche giratorio: HALDER EH 22590.0006	Acero
2.3	1	Pletina Soldada	Aluminio 6061 T6
2.2	1	Mordaza Silla	Aluminio 6061 T6
2.1	1	Placa lateral reforzada	Aluminio 6061 T6
MARCA	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

LISTA DE PIEZAS			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala	
Comprobado		J.L.Santolaya	
Escala	1:2	Conjunto ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE	
		Título Conjunto ajustable silla	
		Nº Alumno	628178
		Curso	TFG. G ITI
		Plano Nº	1.4



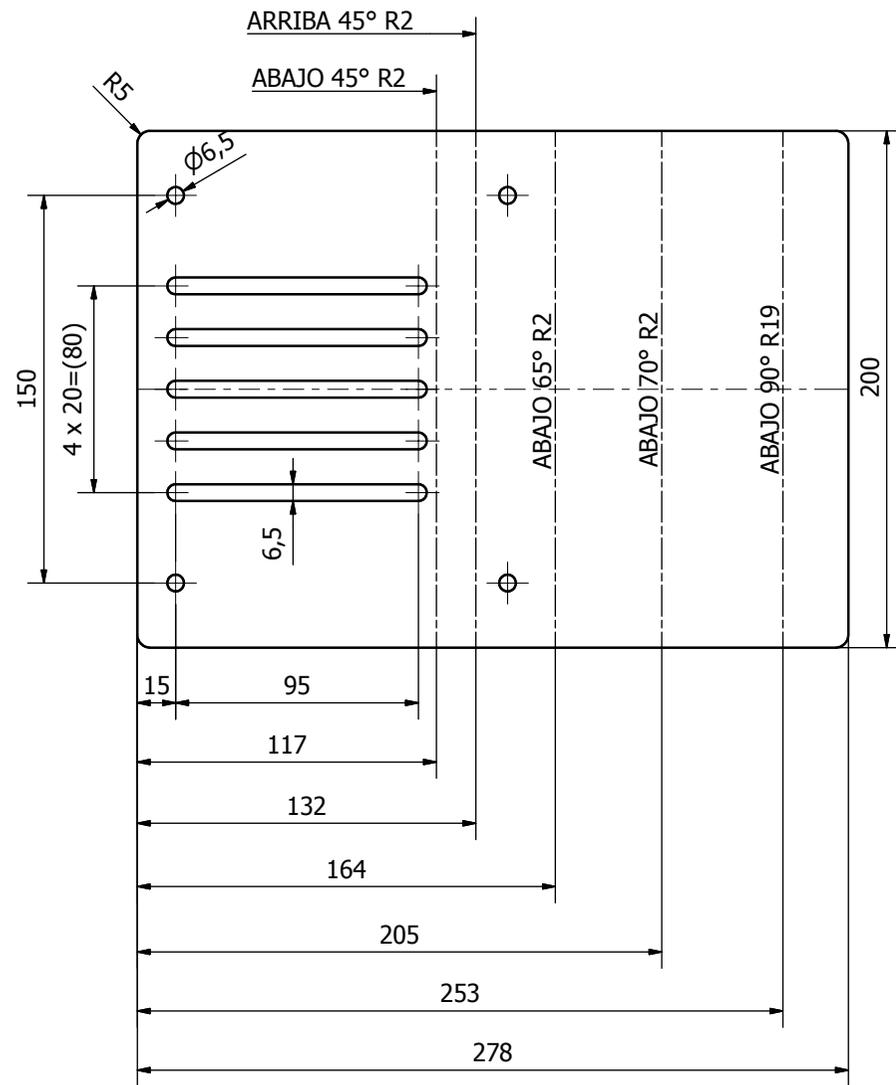


2.1.4	4	nervio largo	Aluminio 6061 T6
2.1.3	4	nervio corto	Aluminio 6061 T6
2.1.2	2	Tuercas hexagonales M6, ISO 4034	Acero
2.1.1	1	Placa lateral	Aluminio 6061 T6
MARCA	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

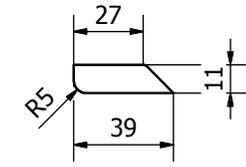
LISTA DE PIEZAS

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		
Escala	Conjunto	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE		Nº Alumno 628178
1:2	Título	Placa lateral reforzada		Curso TFG. G ITI
				Plano Nº 1.5

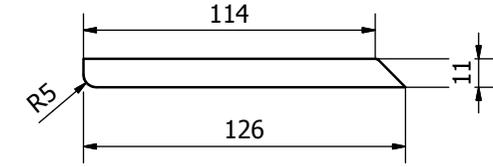
2.1.1. Placa Lateral



2.1.3. Nervio Corto



2.1.4. Nervio Largo



Espesores: 2mm

Tolerancias no indicadas UNE EN 22768-m

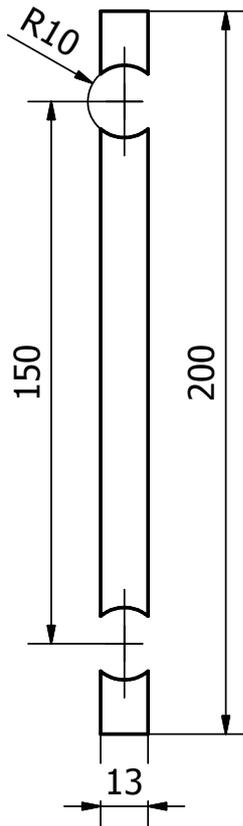
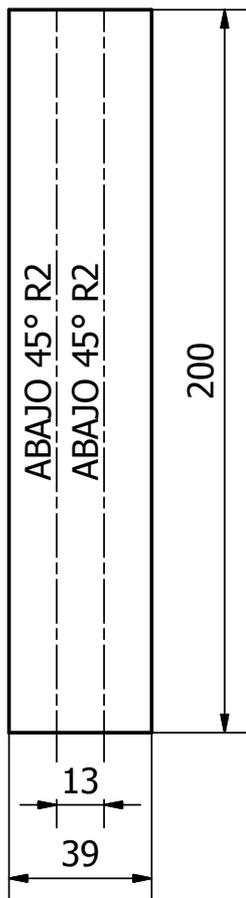
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		
Escala	Conjunto	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE		Nº Alumno 628178
1:2	Título	Placa lateral y nervios		Curso TFG. G_ITI
				Plano Nº 1.6

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

2.2. Mordaza silla

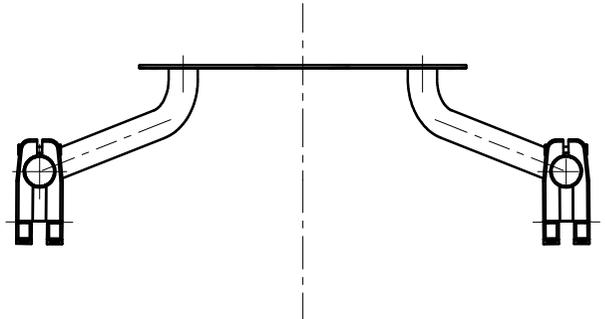
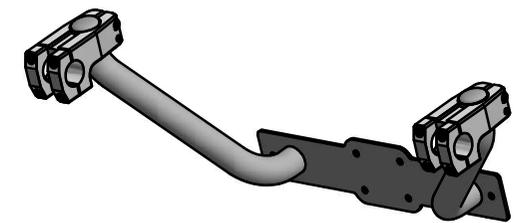
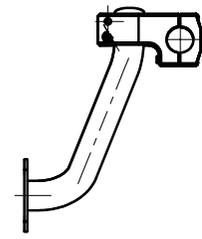
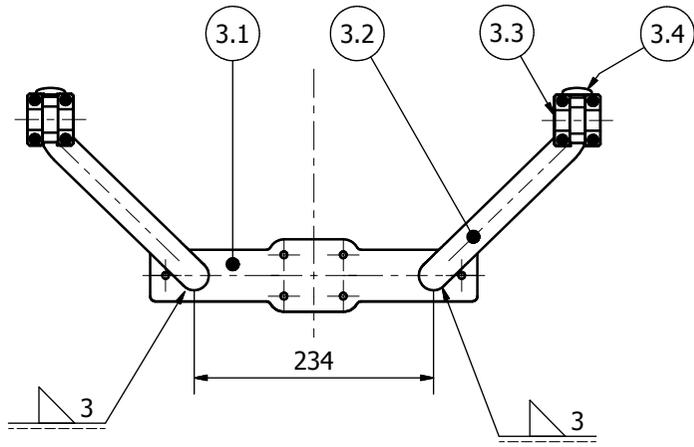
2.2. Pletina soldada



Espesores: 3mm

Tolerancias no indicadas UNE EN 22768-m

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		
Escala 1:2	Conjunto			Nº Alumno
	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE			Curso
	Título			Plano Nº
	Mordaza silla y Pletina soldada			628178 TFG. G_ITI 1.7



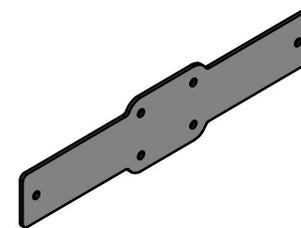
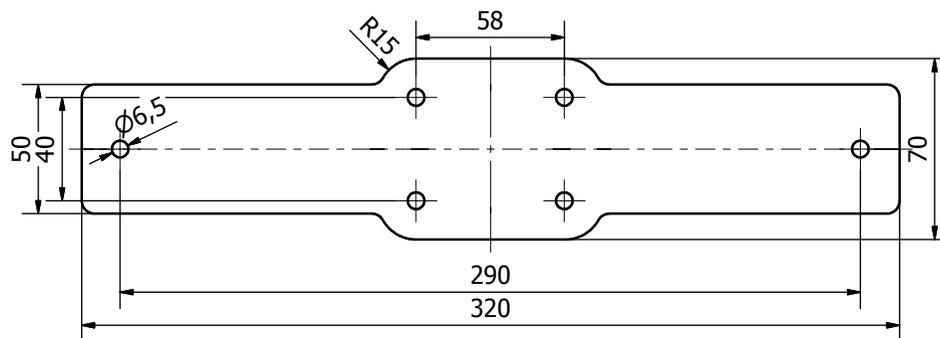
3.4	2	Araña y tapón - FSA 1" 1/8 Negro	Aluminio
3.3	2	Potencia - Eastern bikes nitrous trap negra (22,2mm - 1"1/8)	Aluminio 6061
3.2	1	Perfiles acoplamiento	Aluminio 6061 T6
3.1	1	Pletina fijación perfiles	Aluminio 6061 T6
MARCA	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

LISTA DE PIEZAS

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		
Escala 1:5	Conjunto	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE		Nº Alumno 628178
	Título	Conjunto prolongación manillar		Curso TFG. G_ITI
				Plano Nº 1.8

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

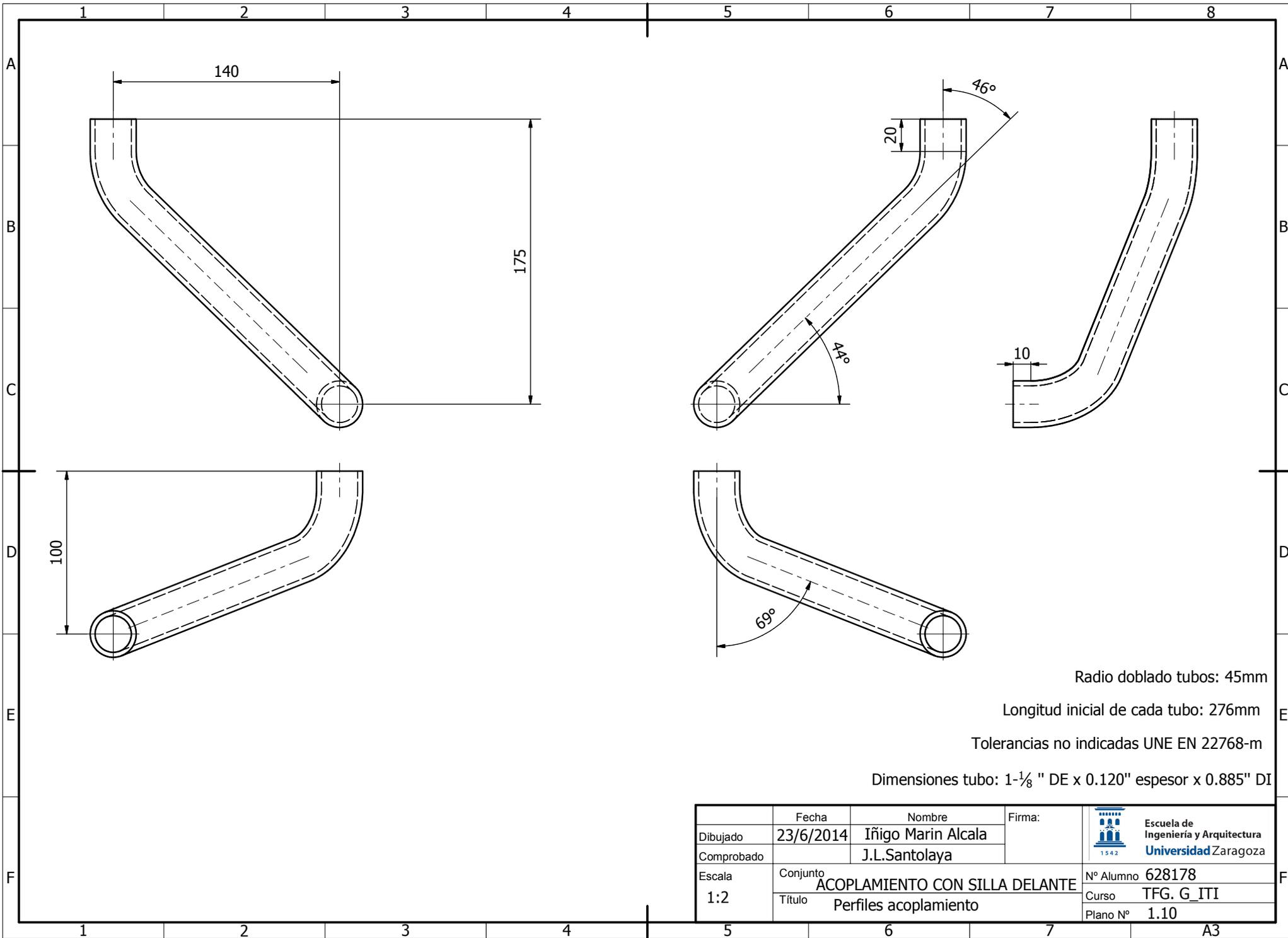


Espesor: 3mm

Redondeos no indicados: 5mm

Tolerancias no indicadas UNE EN 22768-m

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		
Escala	Conjunto			Nº Alumno
1:2	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE			628178
	Título			Curso
	Pletina fijacion perfiles			TFG. G ITI
				Plano Nº
				1.9



Radio doblado tubos: 45mm

Longitud inicial de cada tubo: 276mm

Tolerancias no indicadas UNE EN 22768-m

Dimensiones tubo: 1-1/8" DE x 0.120" espesor x 0.885" DI

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		
Escala	Conjunto			Nº Alumno
	Título			Curso
1:2	ACOPLAMIENTO CON SILLA DELANTE			628178
	Perfiles acoplamiento			TFG. G_ITI
				Plano Nº
				1.10

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

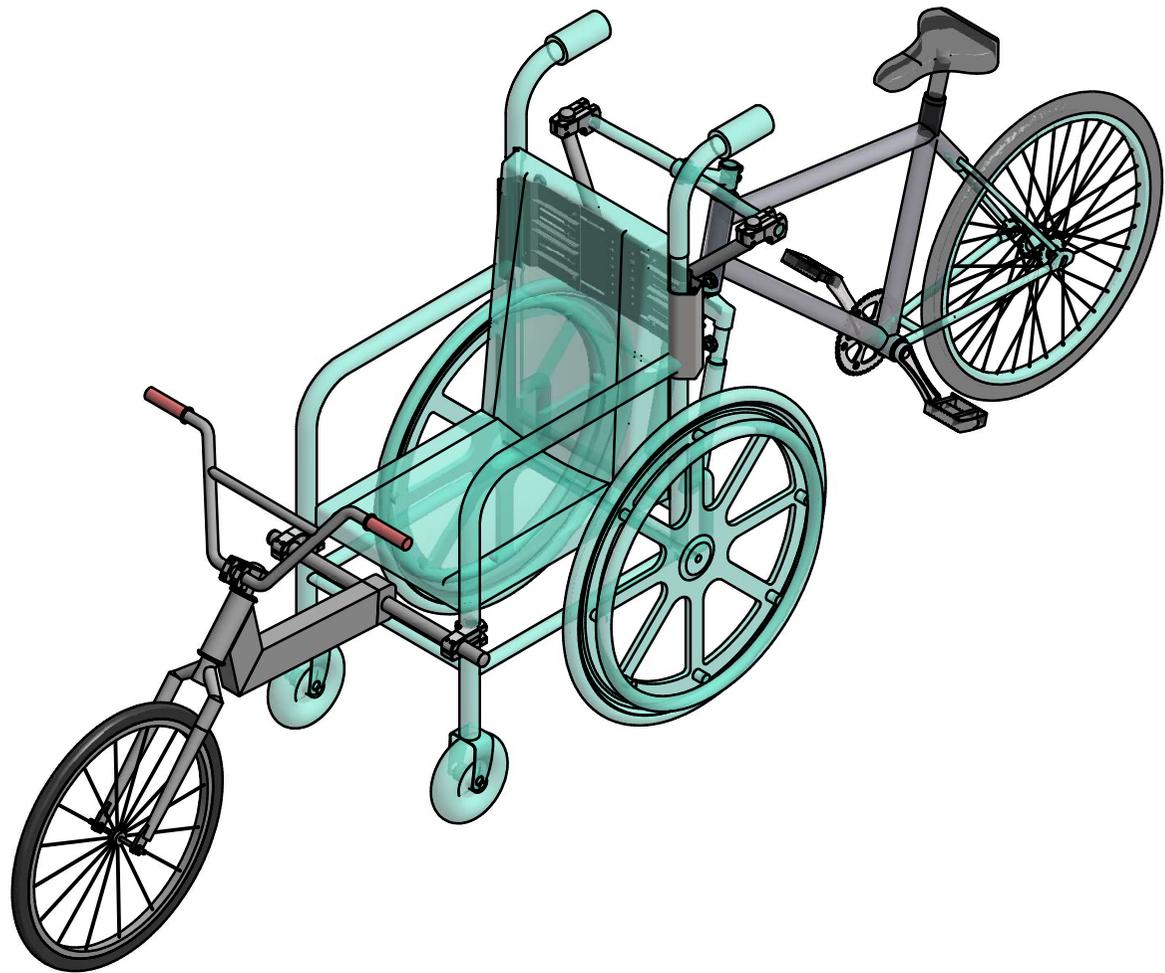
E

F

F

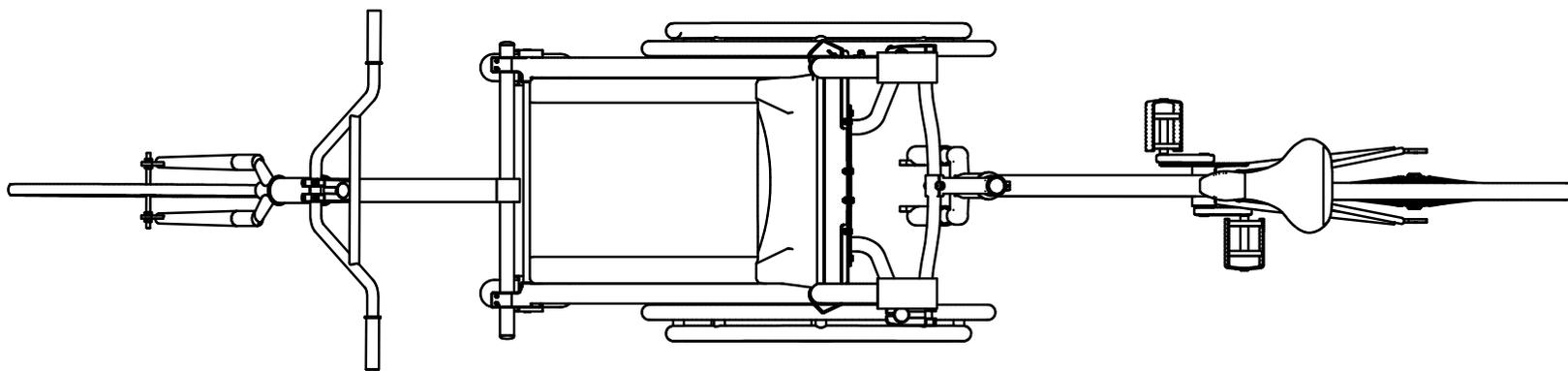
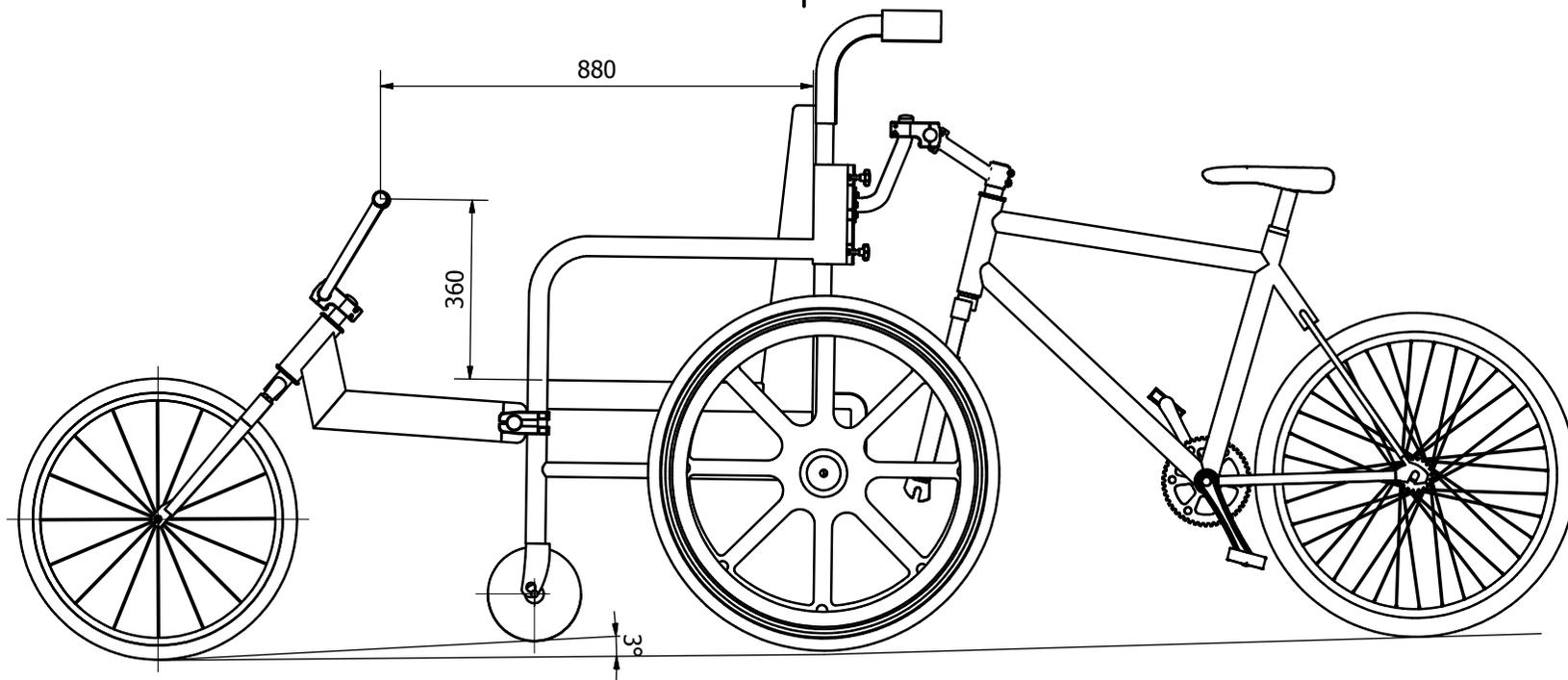
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		Nº Alumno <b>628178</b>
Escala	Conjunto <b>ACOPLAMIENTO MONOCICLO</b>		Curso <b>TFG. G ITI</b>	
<b>1:10</b>	Título <b>Perspectiva Isométrica</b>		Plano Nº <b>2</b>	
				<b>A3</b>

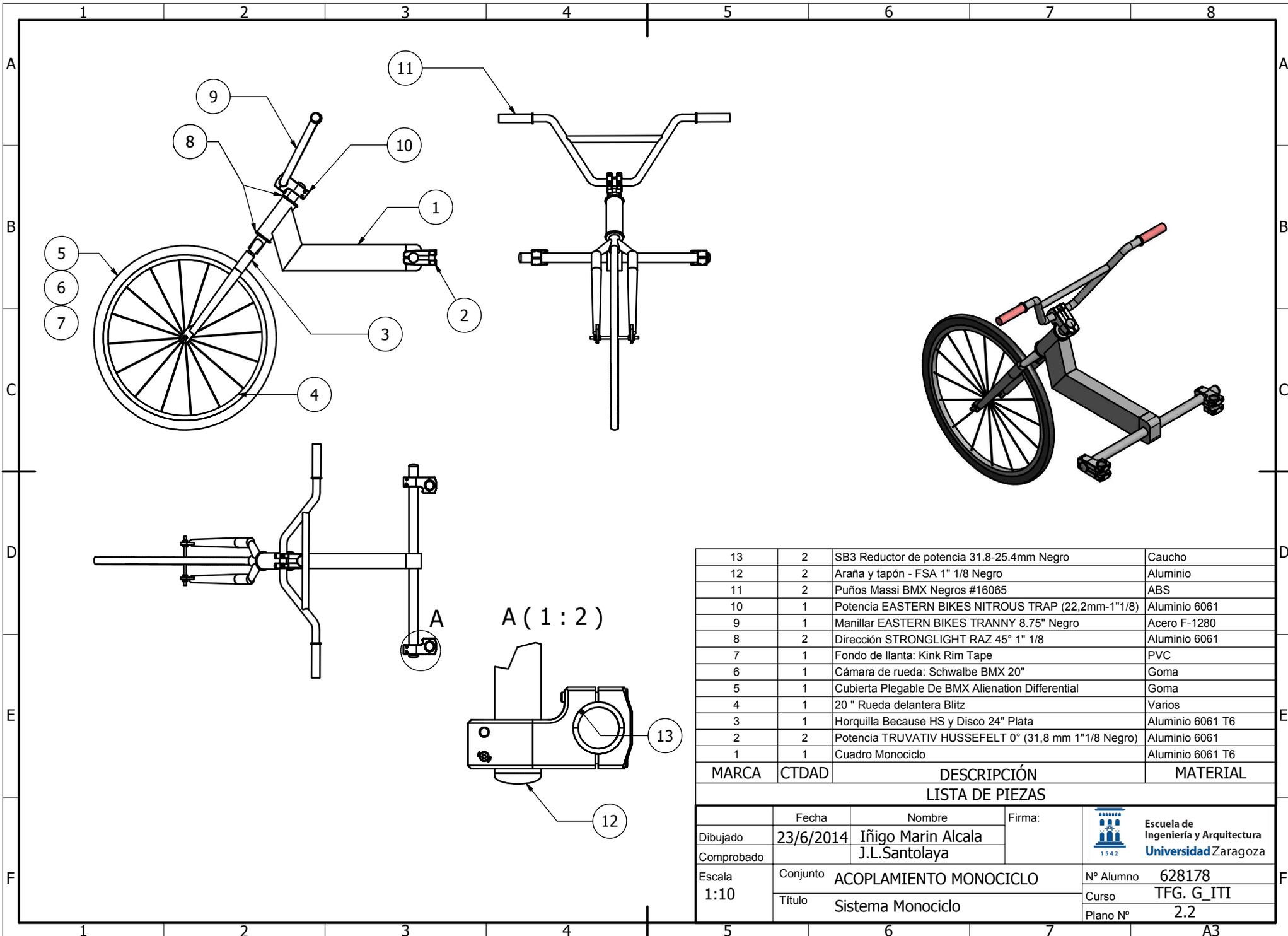
1 2 3 4 5 6 7 8



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		Nº Alumno 628178
Escala	Conjunto	ACOPLAMIENTO MONOCICLO		Curso TFG. G_ITI
1:10	Título	Vistas Principales		Plano Nº 2.1

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

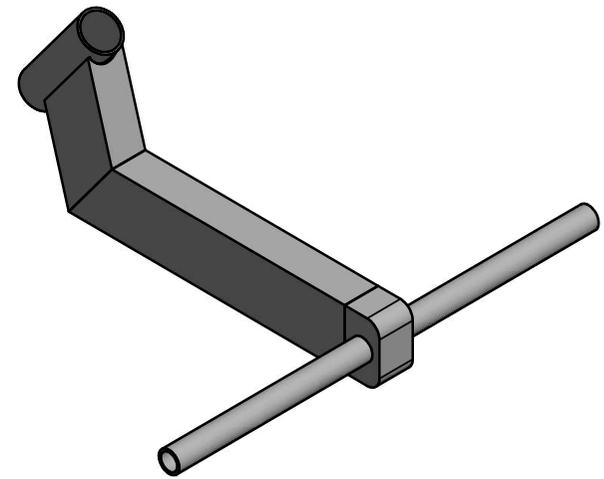
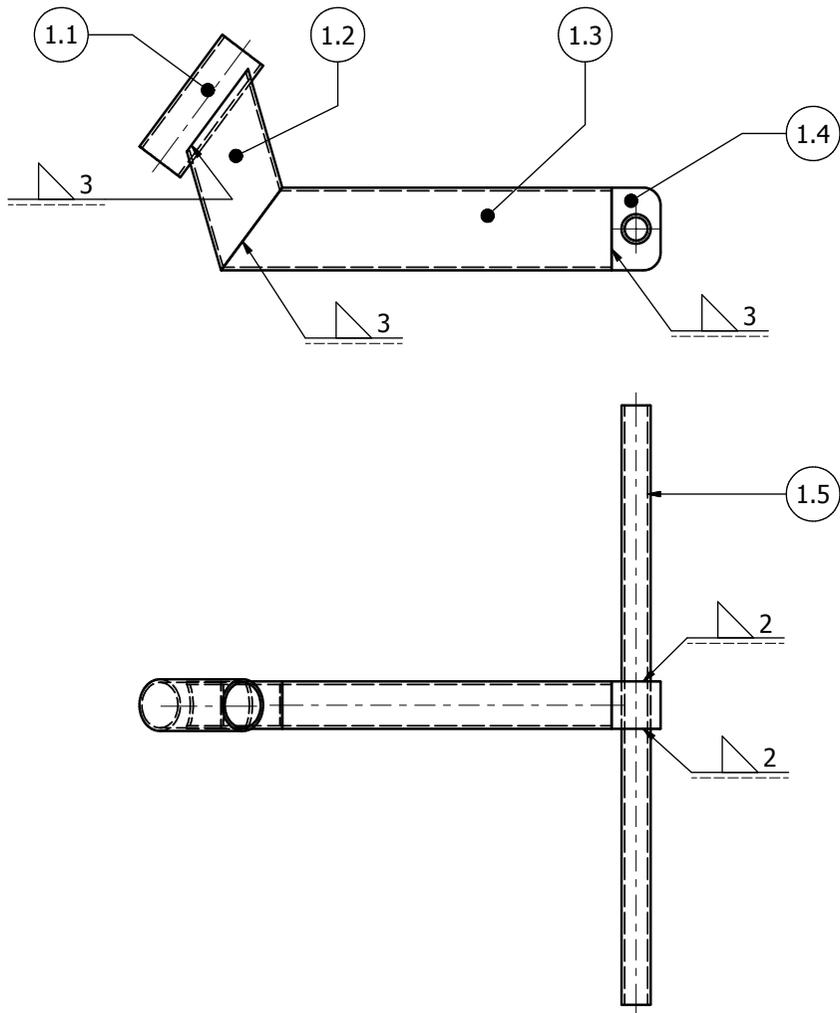
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



13	2	SB3 Reductor de potencia 31.8-25.4mm Negro	Caucho
12	2	Araña y tapón - FSA 1" 1/8 Negro	Aluminio
11	2	Puños Massi BMX Negros #16065	ABS
10	1	Potencia EASTERN BIKES NITROUS TRAP (22,2mm-1"1/8)	Aluminio 6061
9	1	Manillar EASTERN BIKES TRANNY 8.75" Negro	Acero F-1280
8	2	Dirección STRONGLIGHT RAZ 45° 1" 1/8	Aluminio 6061
7	1	Fondo de llanta: Kink Rim Tape	PVC
6	1	Cámara de rueda: Schwalbe BMX 20"	Goma
5	1	Cubierta Plegable De BMX Alienation Differential	Goma
4	1	20 " Rueda delantera Blitz	Varios
3	1	Horquilla Because HS y Disco 24" Plata	Aluminio 6061 T6
2	2	Potencia TRUVATIV HUSSEFELT 0° (31,8 mm 1"1/8 Negro)	Aluminio 6061
1	1	Cuadro Monociclo	Aluminio 6061 T6
MARCA	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

LISTA DE PIEZAS

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>	
Comprobado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcalá	J.L.Santolaya		
Escala 1:10	Conjunto	ACOPLAMIENTO MONOCICLO		Nº Alumno	628178
	Título	Sistema Monociclo		Curso	TFG. G_ITI
				Plano Nº	2.2



1.5	1	Guia Union Silla	Aluminio 6061 T6
1.4	1	Taco Refuerzo	Aluminio 6061 T6
1.3	1	Perfil union parte trasera	Aluminio 6061 T6
1.2	1	Perfil union parte delantera	Aluminio 6061 T6
1.1	1	Cuadro Exterior Horquilla	Aluminio 6061 T6
MARCA	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

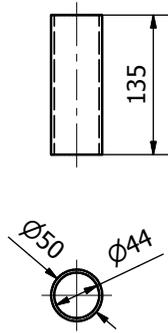
LISTA DE PIEZAS			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala	
Comprobado		J.L.Santolaya	
Escala	Conjunto	ACOPLAMIENTO MONOCICLO	
1:5	Título	Cuadro Monociclo	
	Nº Alumno	628178	
	Curso	TFG. G_ITI	
	Plano Nº	2.3	



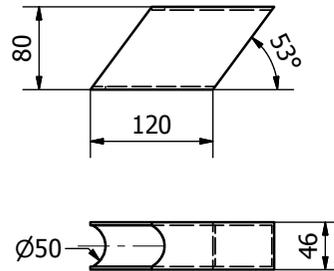
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

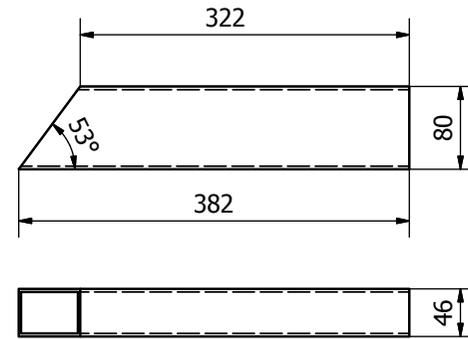
1.1. Cuadro Exterior Horquilla (e=3mm)



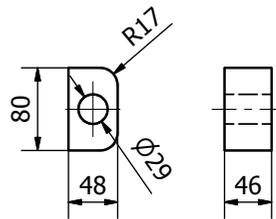
1.2. Perfil union parte delantera (e=3mm)



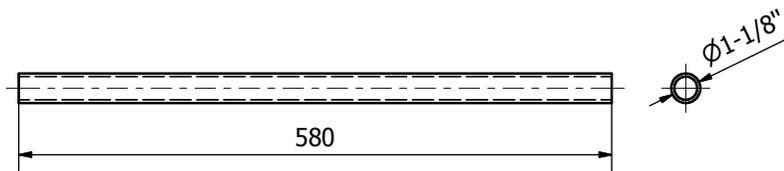
1.3. Perfil union parte trasera (e=3mm)



1.4. Taco Refuerzo

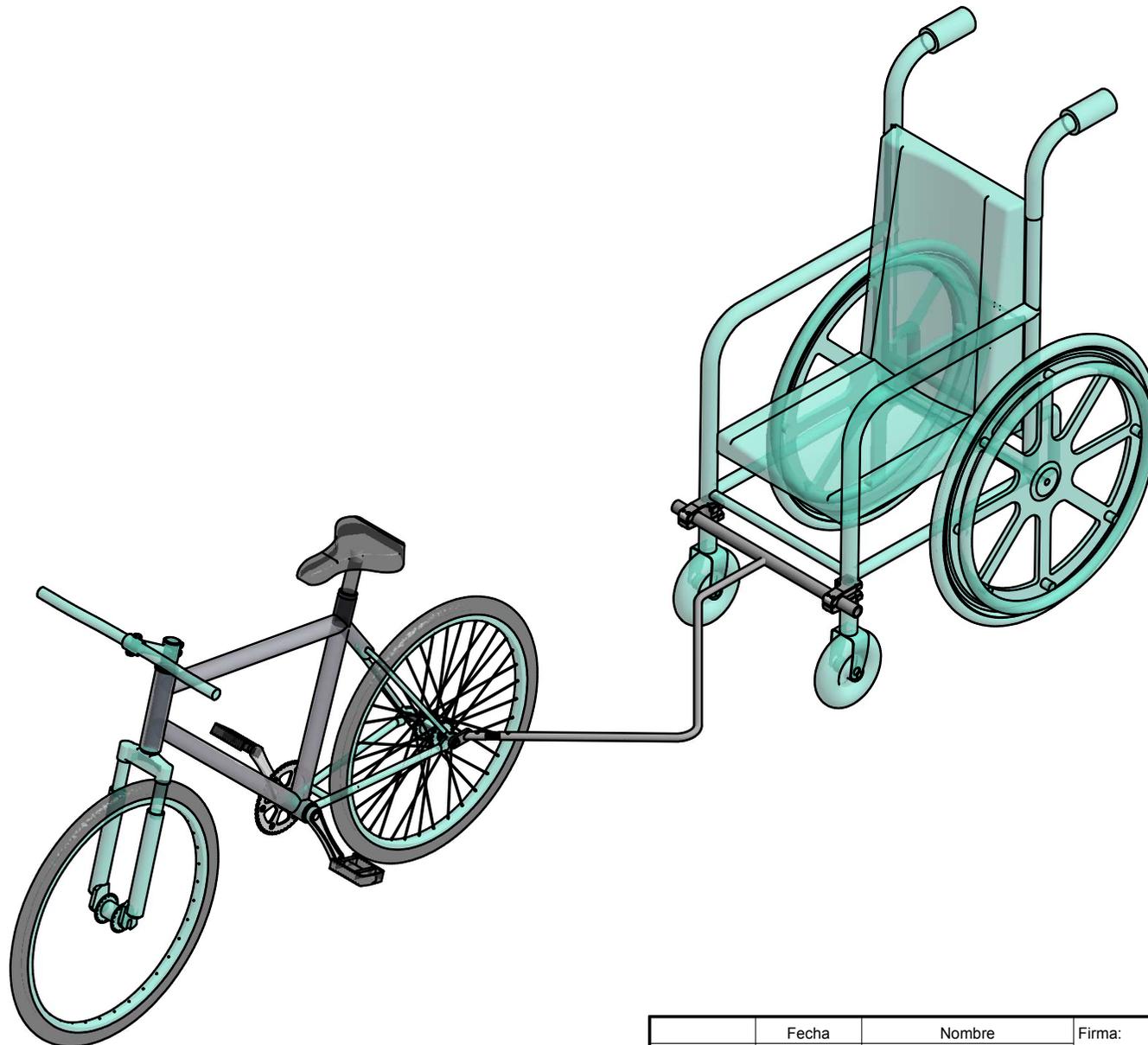


1.5. Guia Unión Silla (e=2mm)

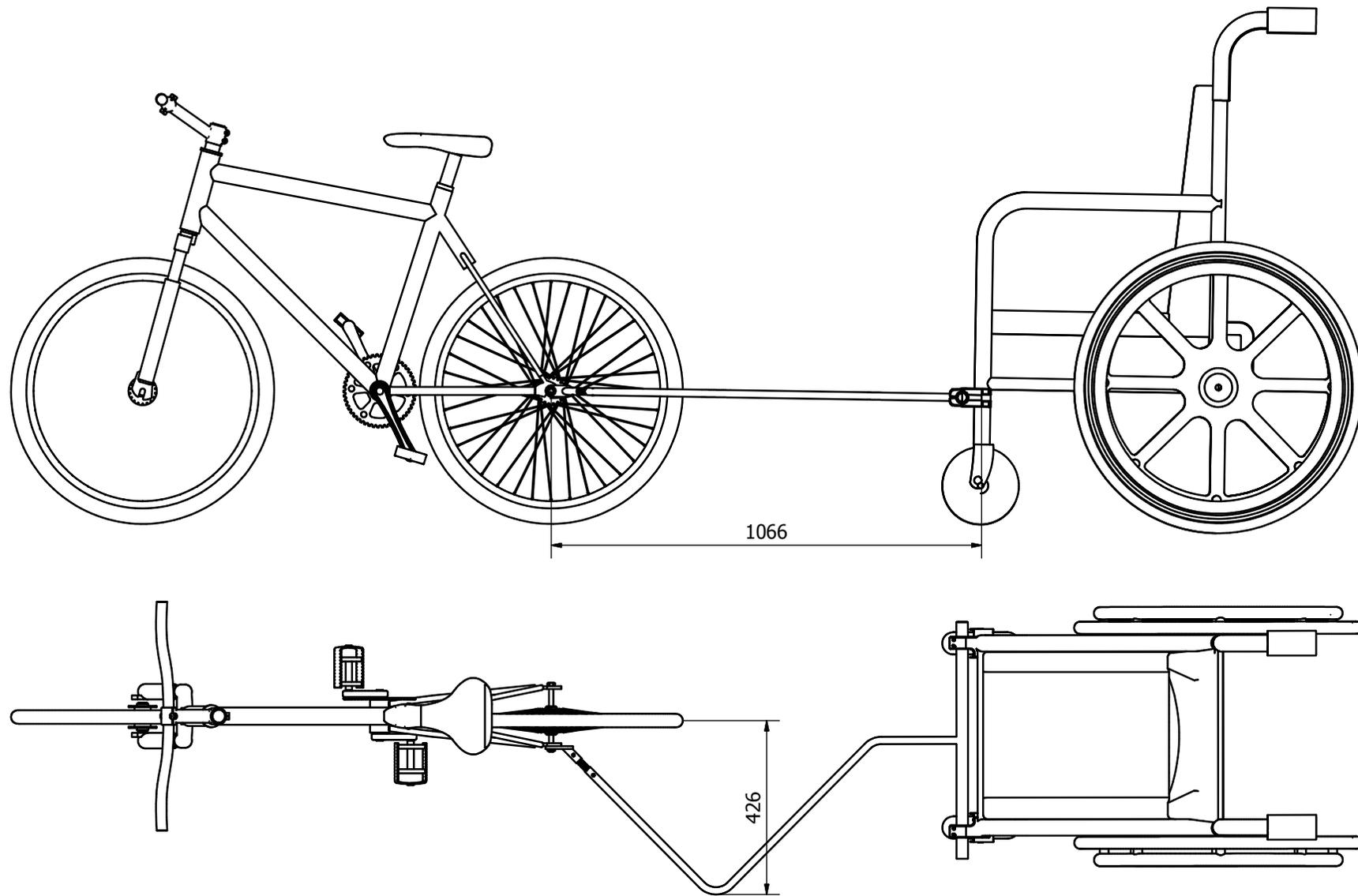


Tolerancias no indicadas UNE EN 22768-m

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		Nº Alumno 628178
Escala	Conjunto ACOPLAMIENTO MONOCICLO			Curso TFG. G_ITI
1:5	Título Piezas Cuadro Monociclo			Plano Nº 2.4



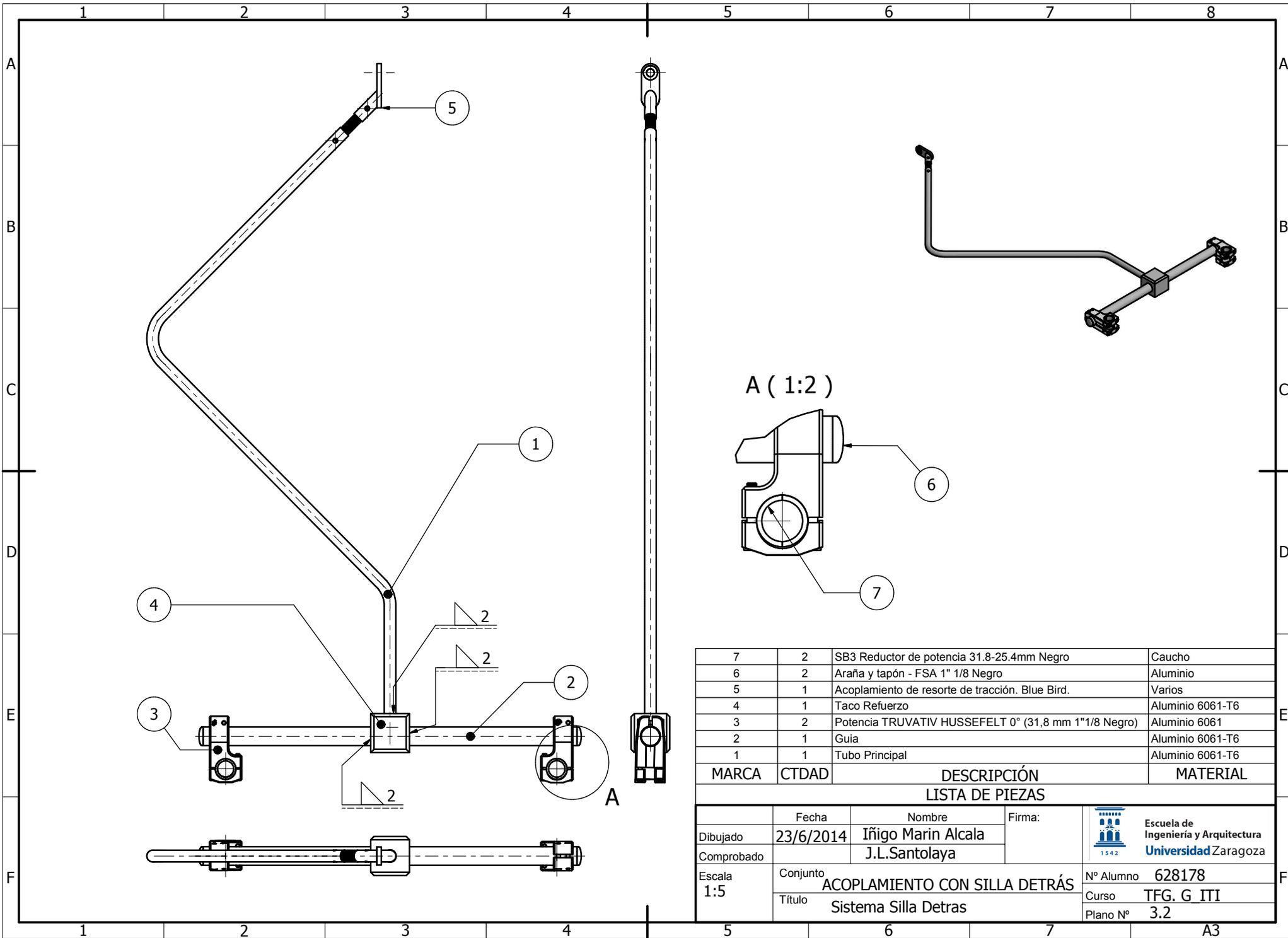
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		Nº Alumno 628178
Escala	Conjunto			Curso TFG. G_ITI
1:10	ACOPLAMIENTO CON SILLA DETRÁS			Plano Nº 3
	Título			
	Perspectiva Isométrica			



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		Nº Alumno 628178
Escala	Conjunto			Curso TFG. G ITI
1:10	Título			Plano Nº 3.1
	ACOPLAMIENTO CON SILLA DETRÁS			
	Vistas Principales			



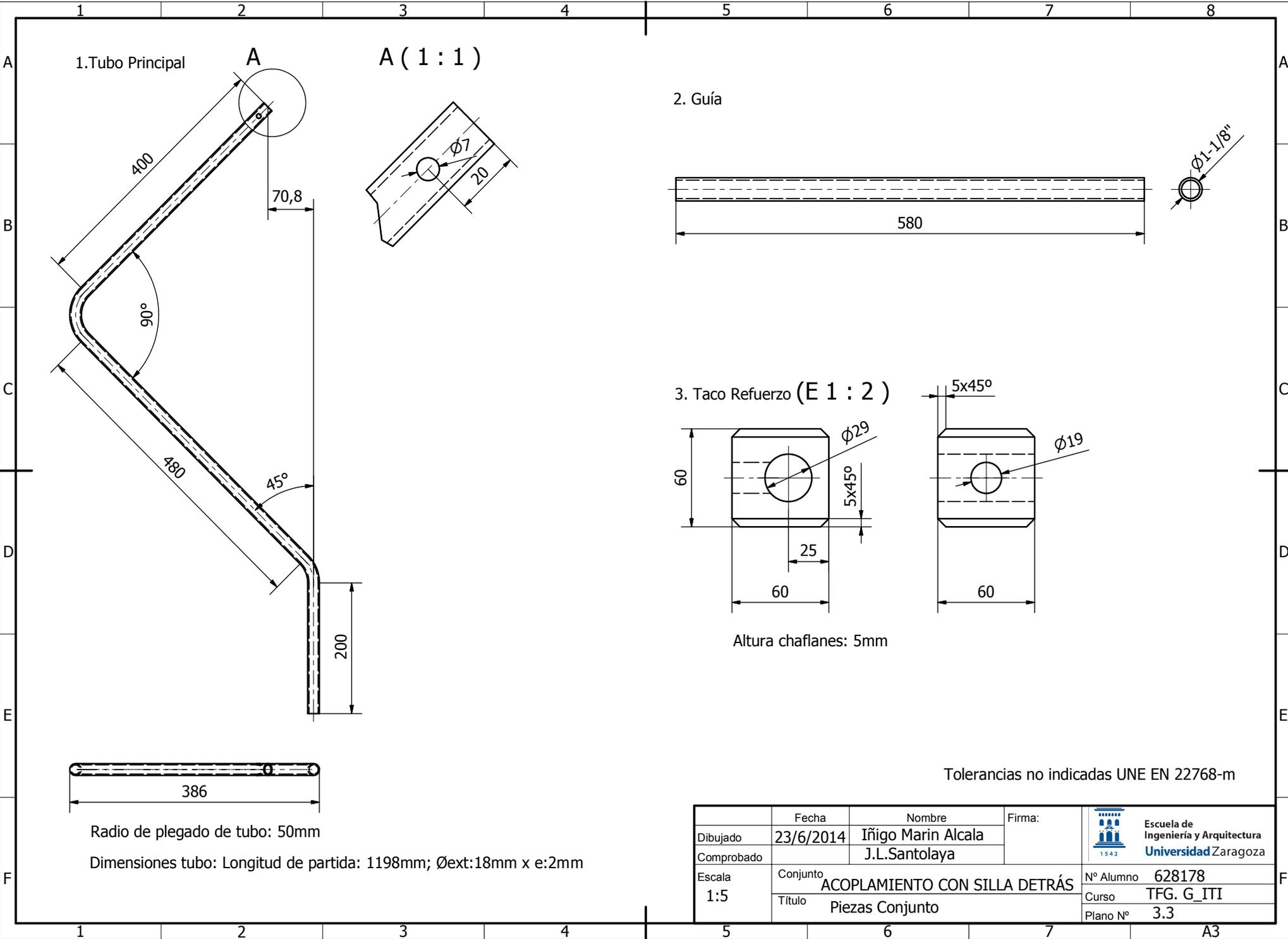
7	2	SB3 Reductor de potencia 31.8-25.4mm Negro	Caucho
6	2	Araña y tapón - FSA 1" 1/8 Negro	Aluminio
5	1	Acoplamiento de resorte de tracción. Blue Bird.	Varios
4	1	Taco Refuerzo	Aluminio 6061-T6
3	2	Potencia TRUVATIV HUSSEFELT 0° (31,8 mm 1"1/8 Negro)	Aluminio 6061
2	1	Guia	Aluminio 6061-T6
1	1	Tubo Principal	Aluminio 6061-T6
MARCA	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

LISTA DE PIEZAS			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala	
Comprobado		J.L.Santolaya	
Escala 1:5	Conjunto	ACOPLAMIENTO CON SILLA DETRÁS	
	Título	Sistema Silla Detras	
		Nº Alumno	628178
		Curso	TFG. G ITI
		Plano Nº	3.2



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	23/6/2014	Iñigo Marin Alcala		
Comprobado		J.L.Santolaya		Nº Alumno 628178
Escala 1:5	Conjunto ACOPLAMIENTO CON SILLA DETRÁS			Curso TFG. G_ITI
	Título Piezas Conjunto			Plano Nº 3.3