



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

**Diseño de un remolque de carga orientado a
países en vías de desarrollo.**

Autor: Álvaro Otero Peinador

Director: Luiz Álvarez-Cervela

Madrid

Junio 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D.ALVARO OTERO PEINADOR

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: *Diseño de un remolque orientado a países en vías de desarrollo, con el objetivo de aligerar el transporte de carga y dotar de autonomía a los usuarios en su fabricación y montaje*, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 7 de JUNIO de 2018

ACEPTA



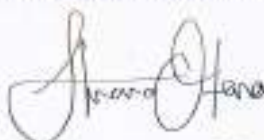
Fdo: Alvaro Otero Peinador

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título:

Diseño de un remolque orientado a países en vías de desarrollo, con el objetivo de aligerar el transporte de carga y dotar de autonomía a los usuarios en su fabricación y montaje.

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico2017-2018..... es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Álvaro Otero Peinador

Fecha: 11/ 6 / 2018

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

X 

Fdo.: Luis Álvarez Cervela

Fecha: 11/ 6 / 2018



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

**Diseño de un remolque de carga orientado a
países en vías de desarrollo.**

Autor: Álvaro Otero Peinador

Director: Luiz Álvarez-Cervela

Madrid

Junio 2018

A mis padres

Agradecimientos

Este proyecto representa el final de una etapa. Una etapa apasionante, en la que gracias al esfuerzo pero sobre todo a mis acompañantes en este camino, me he convertido en un mejor profesional y lo que es mas importante, en una mejor persona. Aunque haya costado llegar hasta aquí, todas y cada una de las veces en las que he fracasado, me han servido para descubrirme a mi mismo y para aprender que sin gente que nos cuide y a la que cuidar a nuestro alrededor, no somos nada.

En primer lugar, me gustaría agradecer a Juan Norverto Moriñigo su confianza desde el primer momento en este proyecto, por haberme dado la oportunidad de hacer realidad un trabajo que me apasionaba y por su disposición a ayudar siempre que lo he necesitado.

Quiero dar las gracias a Luis Alvarez Cervela, mi supervisor en este proyecto y un apoyo incondicional durante todo el año. Le agradezco sus respuestas inmediatas a cada duda que surgía, su facilidad para conseguir todo aquello que necesitaba para seguir adelante y su punto de vista, fundamental para darle al proyecto la dimensión que ha alcanzado. Pero sin duda, quiero agradecerle todo el animo que he recibido cuando han surgido problemas y su obsesión por hacerme disfrutar de este bonito proyecto. Gracias, porque lo has conseguido.

No quiero olvidarme de la que ha sido mi familia durante este año de Erasmus en Delft. Porque solo nosotros sabemos lo duro que se ha hecho a veces estar lejos de casa, pero también, solo nosotros sabemos la suerte que hemos tenido de contar los unos con los otros para superarlo. Gracias a Carmen, Inés y Marta por aguantarme y hacerme sentir en casa.

Quiero dar las gracias especialmente a mi novia, por haber sufrido la ingeniería industrial conmigo. Por haberme dado paz, fuerza y cariño durante estos tres años. Pero sobre todo, gracias por creer en mi cuando ni yo mismo lo hacia. Estoy seguro de que seguiremos cumpliendo sueños juntos.

Por último, no puedo olvidarme de mis padres. Puedo reconocer alto y claro, que sin vosotros llegar hasta aquí hubiera sido imposible. Gracias, no solo por el gran esfuerzo económico si no por vuestra paciencia, empatía y apoyo. Podéis estar muy orgullosos del trabajo que habéis hecho, vosotros habéis conseguido que hoy esté aquí.

Seguramente me olvide en estas líneas de muchas personas que han compartido esta etapa conmigo. Por ello, a todos aquellos que de alguna manera me hayan ayudado en este camino, gracias.

Resumen

DISEÑO DE UN REMOLQUE DE CARGA ORIENTADO A PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO.

Autor: Otero Peinador, Álvaro

Director: Álvarez-Cervela, Luis.

Entidad colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

Resumen del proyecto

Vivimos en una época de inestabilidad política, de conflictos encarnizados y en general, una época de deshumanización absoluta. El individualismo se ha apoderado de las sociedades y parece que poner el beneficio individual por encima del bienestar general, se ha convertido en moda. Es inevitable no preguntarse donde queda la empatía del ser humano en estos tiempos. Como puede ser que se cierren las puertas de Europa a familias que están siendo masacradas en su país, cuando hace apenas setenta años, durante la segunda guerra mundial, 30 millones de europeos tuvieron que hacer lo mismo para salvar sus vidas. [1] Hemos creado un mundo claramente dividido entre pobres y ricos en el que los ricos, lejos de colaborar con los pobres, en miras de una sociedad mas justa, aprovechan la situación para incrementar aún mas la brecha. En medio de todo este negativismo hay esperanza y es que es precisamente en estos contextos dramáticos, donde nacen las mejores ideas. El proyecto aquí descrito no pretende solucionar el problema por si solo, si no que busca asentar las bases para una sociedad mas justa, equitativa y solidaria.

La primera vez que se pone este proyecto encima de la mesa, el único objetivo es solucionar un problema diario para millones de familias, el transporte de carga durante largas distancias. La imagen de una señora africana transportando un bidón de agua sobre su cabeza, está en la mente de todos. Este proyecto perseguía acabar con esa imagen, terminando con esta forma de transporte dolorosa, lenta e ineficaz. Gracias al contacto con varias ONG se confirma que éste era un problema real y que como tal, necesitaba de soluciones. Es en este momento cuando surge la idea de combinar un medio de transporte emergente en África como es la bicicleta, con un remolque de carga. Era una buena solución, que terminaba con el problema inicial pero que generaba una pregunta, ¿Como puede una familia, viviendo en condiciones precarias, hacerse con un remolque de estas características?

A raíz de esta pregunta, se empieza a tirar del hilo y a indagar en la realidad que existe detrás de cada producto en África. Se descubre que la mayoría de los productos finales que se

utilizan en los países mas pobres, son importados de países más ricos y que a su vez, la mayoría de los países pobres son los mayores exportadores de materias primas. Desde un punto de vista ético resulta un sin sentido que el país que está en posesión de los recursos básicos, los venda a un precio insignificante para después comprar el producto final a un precio desorbitado. En cambio, desde el punto de vista de aquellos que manejan el mundo, tiene mucho sentido.

Esta situación, animaría a que el proyecto adquiriera una nueva dimensión. Había que conseguir que todo aquel que lo necesitara, pudiera contar con un remolque que solucionara el problema principal, pero quería llevarse un paso más allá. Si se tenían los recursos necesarios en el propio destino, solo quedaba encontrar una forma sencilla de optimizar el diseño y el remolque podría producirse íntegramente, sin necesidad de intervención exterior. De esta forma, estas comunidades conseguirían una mayor autonomía y reducirían su dependencia del exterior.

Con todo lo anterior en mente, el objetivo de este proyecto puede resumirse en las siguientes líneas: Se quiere diseñar un remolque de carga, que permita solucionar el problema del transporte de mercancías en los países mas desfavorecidos. Al mismo tiempo, el diseño será lo suficientemente sencillo como para poder ser fabricado con maquinaria y recursos limitados, por los propios ciudadanos del país. Mediante tres modelos distintos de implantación que se explicarán a continuación, se establecerá una forma de ayuda social, en la que no se cree dependencia de occidente, si no que se forme y se eduque para ser autónomos.

Una vez terminado el diseño del remolque, calculado su resistencia y optimizada su producción, se elaboran dos manuales. En el primero de ellos se describe el proceso de fabricación y en el segundo se explica el proceso de ensamblaje. Estos manuales conforman la base de este proyecto de colaboración social, el cual se pondrá en funcionamiento mediante las tres vías de trabajo que se resumen a continuación:

1. **Manual de fabricación y manual de montaje:** A través de una ONG o similar, se pondría en marcha un plan de formación para artesanos locales que permitiese ampliar sus conocimiento y el manejo de las técnicas de fabricación. Estos conocimientos se adquirirían y se pondrían en práctica siguiendo ambos manuales. Al terminar la formación los artesanos serían capaces de fabricar remolques completos de manera autónoma, pudiendo establecer un taller profesionalizado donde se comenzarían a vender remolques a los vecinos de la zona, a un precio justo y asequible. Consiguiendo hacer asequibles los remolques a la vez que se generan puestos de trabajo y se profesionaliza la mano de obra.
2. **Manual de fabricación:** Trabajando en colaboración con centros de formación orientados a adultos, en los que se forma a personas para aprender un oficio. Mediante el manual de fabricación y la formación pertinente, es posible formar a profesionales que puedan en un futuro vivir de su trabajo. Esta vía tiene una labor educativa, a través de la fabricación de las piezas, el alumno aprende la técnica pero no se encarga de su ensamblaje o de su comercialización.
3. **Manual de ensamblaje:** A través de un canal de comercialización ONG o similar, su venta estaría enfocada al cliente final, familias con necesidad de un transporte de carga mas eficiente. A estas familias se le suministraría el manual de ensamblaje, junto a las piezas que hayan sido fabricadas previamente en talleres locales. Gracias a la sencillez del manual cualquier persona podría montarlo, consiguiendo mejorar su calidad de vida, gracias a un producto fabricado por sus vecinos y ensamblado por ellos mismos.

En definitiva, este proyecto busca dar un nuevo enfoque a la ayuda social, apostando por el enseñar a hacer las cosas en vez de por el dar las cosas hechas. Es trágico ver como productos donados desde Europa cada año, al sufrir la mínima avería se convierten en inservibles, bien porque los recambios de piezas europeas no estén disponibles en el país de destino o bien porque la población local carece de los conocimientos suficientes como para repararlos. Al mismo tiempo, este trabajo propone diseñar productos que cubran necesidades básicas, siguiendo la filosofía de “Frugal Innovation” en la que se diseña centrándose únicamente en lo esencial del producto y descartando todo aquello que sea redundante. El remolque debe entenderse por tanto, como un medio para un bien mayor, el progreso de la sociedad.

Palabras clave: Innovación Frugal · Remolque de carga · Progreso y desarrollo · Fabricación y montaje · Autogestión de recursos · Transporte de Carga · Formación · Emprendimiento Social · Modelado 3D

Abstract

DESIGN OF A TRAILER ORIENTED TO COUNTRIES IN THE ROADS OF DEVELOPMENT, WITH THE OBJECTIVE OF LIGHTENING THE TRANSPORT OF LOAD AND GIVE AUTONOMY TO USERS IN ITS MANUFACTURE AND ASSEMBLY

Author: Otero Peinador, Álvaro

Supervisor: Álvarez-Cervela, Luis.

Collaborating entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

Abstract

Nowadays, we live in an era of political instability, fierce conflicts and in general, we live in an era of absolute dehumanization. The individualism is taking control over the societies and it seems like putting the individual benefit on top of the general welfare, is becoming a trend. It is impossible not to question yourself, what is happening nowadays with the empathy of the human beings. How is it possible to close the doors of Europe to families that are being slaughtered in their country, when only seventy year ago, thirty million of Europeans did the same thing to save their lives. [1] We have created a world, clearly divided between rich and poor. Richer, far from collaborating with the poor in order to create a more just society, are taking advantage of the situation to increase the difference between them. Around all this negativism, there is hope. It is exactly in this kind of dramatic situations, where the best ideas arise. This project is not aiming to solve the problem on its own, but pursues to establish the basis of a more just, fair and united.

The first time this project was discussed, the only objective was to solve a critical problem for millions of families, the transport cargo during long distances. The image of an African woman carrying a bucket of water on her head, is on everyones mind. This project aims to delete that image, putting an end to a painful, criminal and inefficient way of transport. Thanks to several NGO, it was confirmed that this was a real problem and as a consequence, solutions were required. At this moment, the idea of combining an emerging means of transport in Africa (The bicycle) with a trailer, arose. It was a good solution, that solved the problem, however, it generates a question. How will a very poor family, be able to acquire a trailer of this characteristics?

Following this question, an investigation starts around the reality that exists behind every product in Africa. Most of the final products present in the poorer countries, are imported from the rich countries. At the same time, most of the poorer countries are the greatest exporters of

raw materials. From an ethical point of view, it is nonsense that the country that is in possession of the resources, sells them for an insignificant price and after, buys the final product for an unaffordable price. However, it makes a lot of sense from the point of view of those manage the world.

This situation, encourage the project to acquire a new dimension. It was a priority to supply with a trailer to everyone who needed it, but the project went a step further. If the raw material was available in the local destination, all that remained was to find a simple way to optimize the design and the trailer could be produced entirely, without the need for outside intervention. In this way, these communities would achieve greater autonomy and reduce their dependence on the outside.

With all the above in mind, the objective of this project can be summarized in the following lines: Design a cargo trailer, which allows solving the problem of freight transport in the most disadvantaged countries. At the same time, the design will be simple enough to be able to be manufactured with machinery and limited resources, by the citizens of the country. Through three different models of implementation that will be explained below, a form of social aid will be established. It will not create dependence from the rich countries and it will focus on training and educating to be autonomus.

Once the design of the trailer is finished, its resistance calculated and its production optimized, two manuals are elaborated. The first one describes the manufacturing process and the second explains the assembly process. These manuals form the basis of this social collaboration project, which will be put into operation through the three work streams summarized below:

1. **Manual of manufacturing and manual of assembly:** Through an NGO or similar, a training plan for local artisans would be launched to expand their knowledge and control of manufacturing techniques. This knowledge would be acquired and put into practice by following both manuals. At the end of the training the craftsmen would be able to manufacture complete trailers autonomously, being able to establish a professionalized workshop where they would start selling trailers to the neighbors of the area, at a fair and affordable price. Achieving affordable trailers while generating jobs and professionalizing the workforce.
2. **Manual of manufacturing:** Working in collaboration with adult-oriented training centers, in which people are trained to learn a profession. Through the manufacturing manual and the required training, it is possible to train professionals who can in the future live from their profession. This way has an educational task, through the manufacture of the pieces, the student learns the technique but is not in charge of its assembly and commercialization.
3. **Manual of assembly:** Through an NGO or similar, it would be focused on families with a great need for more efficient cargo transport. These families would be supplied with the assembly manual, together with the pieces that have been previously manufactured in local workshops. Thanks to the simplicity of the manual anyone could assemble it, getting to improve their quality of life, thanks to a product manufactured by their neighbors and assembled by themselves.

In conclusion, this project seeks to give a new approach to social aid, focusing on teaching how to do things instead of giving things done. It is tragic to see how products donated from

Europe each year, at the moment they suffer the minimum damage become unusable, either because the spare parts of European parts are not available in the country of destination or because the local population lacks sufficient knowledge to repair them. At the same time, this project proposes designing products that cover basic needs, following the philosophy of “Frugal Innovation” in which the design focuses only on the essential of the product and discard everything that is redundant. The trailer must therefore be understood as a mean to a greater good, the progress of society.

Keywords: Frugal innovation · Cargo trailer · Progress and development · Manufacturing and assembly · Resource self-management · Cargo transport · Training · Social Entrepreneurship · 3D Modeling

Índice general

Resumen	v
Abstract	ix
1. Introducción	1
1.1. Introducción	1
1.2. Motivación	2
1.3. Estado del arte	3
1.3.1. Tipos de remolque según el número de ruedas	3
1.3.2. Materiales	4
1.3.3. Tipos de ruedas	4
1.3.4. Articulaiones	5
1.4. Objetivos	6
1.5. Impacto del proyecto en la comunidad	6
1.6. Metodología del trabajo	7
1.7. Recursos a emplear	8
2. Diseño	11
2.1. Materialización de la idea	11
2.2. Diseño del bastidor	13
2.3. Diseño del conjunto articulación-barra	20
2.4. Diseño del conjunto ensamblado	25
3. Fabricación y montaje	27
3.1. Propósito de los manuales	27
3.2. Elaboración del manual de fabricación	28
3.3. Elaboración del manual de ensamblaje	30
4. Análisis estructural	33
4.1. Análisis del bastidor	33
5. Viabilidad económica	43
5.1. Materiales necesarios y estimación de coste	43
6. Propuesta de aplicación	47
6.1. Propuesta de destino	47
6.2. Propuesta de marca	50
6.3. Propuesta de modelo	54
7. Conclusiones y propuestas de futuro	57
7.1. Conclusiones	57
7.2. Propuestas de futuro	59

Índice general

A. Manual de fabricacion	61
B. Manual de ensamblaje	93
C. Planos de piezas	111
D. Bocetos	129
Bibliografía	139

Índice de figuras

Figura 1.1. Remolque de una única rueda.	3
Figura 1.2. Remolque de dos ruedas.	3
Figura 1.3. Rueda de eje corto.	4
Figura 1.4. Horquillas exteriores.	4
Figura 1.5. Marca Hinterher.	5
Figura 1.6. Rotula y universal	5
Figura 1.7. Muelle y pasador	5
Figura 1.8. Cronograma del proyecto.	8
Figura 2.1. Boceto de la idea conceptual	11
Figura 2.2. Trailer Hinterher.	14
Figura 2.3. Boceto inspirado en Hinterher	14
Figura 2.4. Modelo CAD del prototipo del bastidor	15
Figura 2.5. Modelo CAD del bastidor de tubos de hierro	15
Figura 2.6. Modelo CAD de la modificación del bastidor de tubos de hierro	16
Figura 2.7. Prototipo de la modificación del bastidor de tubos de hierro	16
Figura 2.8. Modelo CAD del bastidor de perfiles de hierro	17
Figura 2.9. Vista explosionada de los refuerzos del bastidor	18
Figura 2.10. Conexiones de las ruedas al bastidor	18
Figura 2.11. Apoyos para las barreras del bastidor	19
Figura 2.12. Enganches para el transporte de cargas de mayor longitud	19
Figura 2.13. Soluciones de conexión entre la bicicleta y el remolque	20
Figura 2.14. Conexión del trailer a la parte trasera del cuadro	21
Figura 2.15. Boceto de la articulación para la barra de conexión trasera	21
Figura 2.16. Modelado CAD de la articulación para la barra de conexión trasera - Por Álvaro Otero	22
Figura 2.17. Primer prototipo de articulación	22
Figura 2.18. Segundo prototipo de articulación	23
Figura 2.19. Modelo CAD de la articulación definitiva	23
Figura 2.20. Vista explosionada de la articulación definitiva	24
Figura 2.21. Conexión de la articulación a la tija del sillín	24
Figura 2.22. Pieza de conexión entre la barra y el bastidor	25
Figura 2.23. Imagen (1) renderizada del diseño definitivo del conjunto	25
Figura 2.24. Imagen (2) renderizada del diseño definitivo del conjunto	26
Figura 3.1. Plancha inicial para la fabricación de las piezas de hierro	29
Figura 3.2. Ejemplo del manual de fabricación	29

Figura 3.3. Ejemplo del manual de ensamblaje: Piezas iniciales	30
Figura 3.4. Ejemplo del manual de ensamblaje: Ensamblaje	31
Figura 4.1. Bastidor	34
Figura 4.2. Malla	34
Figura 4.3. Fijaciones	35
Figura 4.4. Cargas	35
Figura 4.5. Desplazamiento vista frontal	36
Figura 4.6. Desplazamiento vista trasera	36
Figura 4.7. Desplazamiento x159	37
Figura 4.8. Deformación	37
Figura 4.9. Gráfico de tensiones por von Mises	37
Figura 4.10. Detalle de la tensión máxima	38
Figura 4.11. Limite elástico de los materiales.	38
Figura 4.12. Factor de seguridad mínimo.	38
Figura 4.13. Gráfica de Factor de seguridad	39
Figura 4.14. Detalle del Factor de seguridad mínimo	39
Figura 6.1. Gráfico relativo a la distribución de la edad en Mozambique.	48
Figura 6.2. Mapa de Mozambique	49
Figura 6.3. Bicicleta de la empresa social Mozambikes	50
Figura 6.4. Propuesta de logotipo	51
Figura 6.5. Propuesta de papelería corporativa	52
Figura 6.6. Aplicación de marca sobre una imagen	52
Figura 6.7. Aplicación de marca en exteriores	53
Figura 6.8. Aplicación de marca en el remolque	53
Figura 6.9. Detalle de la aplicación de marca en el remolque	54
Figura 7.1. Articulación simple con rotula.	60

1

Introducción

1.1. Introducción

En el proyecto recogido en la próximas páginas, se muestra el proceso seguido para desarrollar desde cero, un remolque de carga viable desde un punto de vista económico, de fabricación y de disponibilidad de recursos en el lugar de destino. Es muy importante destacar, que el objetivo no es el suministro de remolques fabricados desde Europa, lo cual generaría una dependencia a estas comunidades. El fin último de este proyecto, es analizar los recursos materiales y productivos de la zona, para en función de estos, diseñar el remolque óptimo y que posteriormente pueda ser fabricado íntegramente por los talleres locales gracias a un manual de fabricación, que se desarrollará en este proyecto. Mediante este proceso, se pretende dotar de una mayor autonomía a las regiones del mundo mas desfavorecidas y contribuir de forma activa a su progreso y desarrollo.

El proyecto está enfocado directamente al desarrollo sostenible de las comunidades más necesitadas. Entendiendo la palabra desarrollo como, *“Progresar o crecer, especialmente en el ámbito económico, social o cultural.”* [2] Y la palabra sostenible como, *“Desarrollo o evolución que es compatible con los recursos de que dispone una región, una sociedad, etc.”* [3] Es decir, el remolque pretende cubrir una necesidad existente, como es el transporte de carga durante largas distancias de una forma mas cómoda y eficiente, pero sin depender de ayuda exterior. Todas las decisiones se han tomado desde dos claros puntos de vista. En primer lugar, un punto de vista práctico, debe ser resistente, debe necesitar poco mantenimiento, debe permitir diversos tipos de cargas, etc. En segundo lugar, desde el punto de vista de la viabilidad, los recambios deben ser fáciles de encontrar, los procesos de fabricación deben requerir poca formación y poca maquinaria, los materiales deben ser abundantes en la región y accesibles económicamente, etc.

El siguiente trabajo se engloba dentro de la categoría conocida en inglés como, Frugal Innovation *“es un tipo de innovación que se centra en lo esencial, una innovación basada en el desarrollo de nuevos productos y servicios con restricciones de recursos y en un entorno de cierta urgencia que obtiene por tanto productos a precios ajustados.”* [4] Con el diseño de este remolque se pretende reducir a la mínima expresión cada elemento, eliminando todo aquello que sea redundante y simplificando tanto los materiales como las técnicas de fabricación a utilizar.

Se busca establecer un modelo de colaboración solidaria, basado principalmente en la formación y en el aprendizaje. Se concibe el producto, en este caso el remolque, como un medio para un beneficio mayor y no un fin en si mismo. Este enfoque se resume a la perfección en la frase: *Dale un pez a un hombre y comerá un día, enséñale a pescar y comerá siempre*

1.2. Motivación

La idea de este proyecto, nace de mi afán personal por intentar trasladar mis conocimientos de ingeniería a mejorar la vida de aquellas personas más desfavorecidas. Considero que es fundamental el avance, la sofisticación y el refinamiento de la tecnología presente en las sociedades mas desarrolladas pero al mismo tiempo creo firmemente que es crucial mirar más allá de nuestras fronteras y comprobar de que forma es posible desarrollar nuestra carrera colaborando con los que menos tienen.

Durante el cuarto curso del grado en ingeniería electromecánica, decidí realizar un intercambio en el extranjero en la universidades holandesa de TU Delft. Durante mi estancia allí, no pare de sorprenderme con las posibilidades que ofrece una bicicleta. Día a día la gente transporta a sus hijos, la compra, muebles, etc. Al mismo tiempo siempre he tenido muy presente, la imagen de miles de personas que a diario recorren a pie decenas de kilómetros para obtener agua potable. El tercer elemento que me motivó a realizar este proyecto, fue el descubrimiento de ONG especializadas en el suministro de bicicletas donadas a los países más necesitados. A partir de estos tres factores se deriva una pregunta, ¿Por qué no aplicar un modelo que funciona diariamente en países como Holanda, para cubrir una necesidad que existe en muchos países del mundo?

A día de hoy miles de personas recorren decenas kilómetros a pie, cargados con mercancías, comida o agua. Esta forma de transporte no solo no es eficiente en cuanto al tiempo que pierden en el trayecto y en cuanto a la pequeña cantidad de carga que pueden transportar, si no que es el causante de numerosos daños físicos. El acceso de estas personas a medios de transporte motorizados es muy limitado y en muchas ocasiones imposible. Muchos de estos recorridos discurren por caminos sin apenas desnivel y que podrían ser salvados fácilmente en bicicleta. Este medio de transporte, aunque mas económico que los vehículos a motor, también tiene un coste y cuenta con la desventaja de no poder transportar grandes cargas cómodamente. Sin embargo, como se ha comentado previamente, varias ONG se dedican a la recolecta de bicicletas usadas y donadas por la gente, lo que reduciría el coste del elemento principal (la bicicleta) a cero. El como transportar la carga en estas bicicletas donadas, es precisamente el objeto de este Trabajo Fin de Grado.

Esta situación dramática, genera la oportunidad de aplicar muchos de los conocimientos adquiridos durante los cuatro años de grado, para tratar de solventar un problema latente y al mismo tiempo conseguir dotar de mayor autonomía a las comunidades mas afectadas. Como previamente se ha explicado en la introducción, este proyecto de “Frugal Innovation” utiliza un remolque para bicicletas como elemento que contribuya al desarrollo económico, al aprendizaje de nuevas técnicas, a la profesionalización de oficios, etc. En definitiva, no busca limitarse a proporcionar un remolque producido en Europa, si no que busca conseguir, un progreso integral de la sociedad.

1.3. Estado del arte

Con el objetivo de aumentar la capacidad de carga de una bicicleta, se han desarrollado muchas y muy diversas soluciones. En este apartado se mostrarán los distintos modelos de remolques que existen en el mercado y las distintas soluciones que existen para las cuestiones más críticas.

A lo largo de las primeras semanas se han analizado las diversas opciones que existen en el mercado y se ha tratado de combinar lo mejor de cada una de ellas, pero donde se han centrado los esfuerzos principalmente ha sido en convertir el producto en un ejemplo de “Frugal Innovation”. Detectar la esencia e intentar eliminar o simplificar todo aquello que no es necesario y encarece y dificulta la producción del producto.

1.3.1. Tipos de remolque según el número de ruedas

- Una rueda: Estos remolques son más ligeros y más económicos, pero su capacidad de carga es más reducida. Suelen utilizarse para transportar poco peso y permiten al ciclista alcanzar velocidades mas altas y una mayor maniobrabilidad. La conexión con la bicicleta es mas sencilla, no requiere una articulación de “tipo rotula”. Figura 1.1



Figura 1.1. Remolque de una única rueda.

- Dos ruedas: Aumentan notablemente la carga que es posible transportar, pero sin embargo reduce la maniobrabilidad y la velocidad. Se trata de la opción mas común ya que al tratarse de un elemento de carga, suele ser mas habitual renunciar a altas velocidades a cambio de mejorar su capacidad.??



Figura 1.2. Remolque de dos ruedas.

1.3.2. Materiales

La mayoría de los remolques comerciales están realizados en aluminio y plástico, ya que son materiales ligeros y resistentes. La elección del material para este proyecto es una decisión crítica, ya que condiciona todo el diseño. Para una mayor fiabilidad se ha contactado con organizaciones como “Bicicletas sin fronteras” [5] que actualmente se encuentran trabajando en Senegal, con la “Fundación ICAI” que colaboran en proyectos en Camerún o Zimbabue e incluso con contactos que actualmente, viven en Mozambique. [6] Todos ellos coinciden en que el éxito del proyecto reside en la sencillez y destacan que los materiales más abundantes y que mejor se saben trabajar en estas comunidades, son el hierro y la madera. La mayor densidad de estos materiales, supondrá un notable aumento del peso que deberá ser compensado con el diseño.

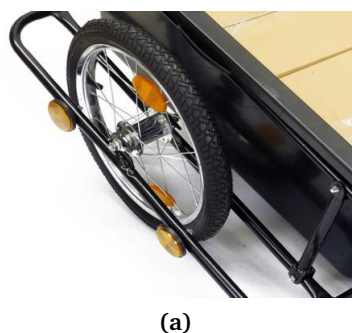
1.3.3. Tipos de ruedas

En los remolques actuales se está tendiendo al uso de ruedas especiales. Son de un tamaño reducido (16” o 20”) en comparación a las ruedas de bicicletas tradicionales y además cuentan con un eje corto en uno de los lados. Este sistema (Figura 1.3) permite retirar y colocar la rueda rápidamente con solo apretar un botón. Además, el únicamente tener un eje por un lado no hace necesario tener una estructura exterior.



Figura 1.3. Rueda de eje corto.

Gracias a las conversaciones con las organizaciones mencionadas anteriormente, se ha decidido que para que el remolque sea útil, debe utilizar ruedas de bicicleta convencionales (26”) Para poder usar este tiempo de ruedas, con eje a ambos lados, existen varias soluciones en el mercado. Figura 1.4



(a)



(b)

Figura 1.4. Horquillas exteriores.

1.3.4. Articulaciones

Un aspecto fundamental y mas complicado de simplificar es el enganche articulado entre el remolque y la bicicleta. Para este propósito también existen varias soluciones. Se muestran algunas de ellas, ordenadas de mayor a menor complejidad.

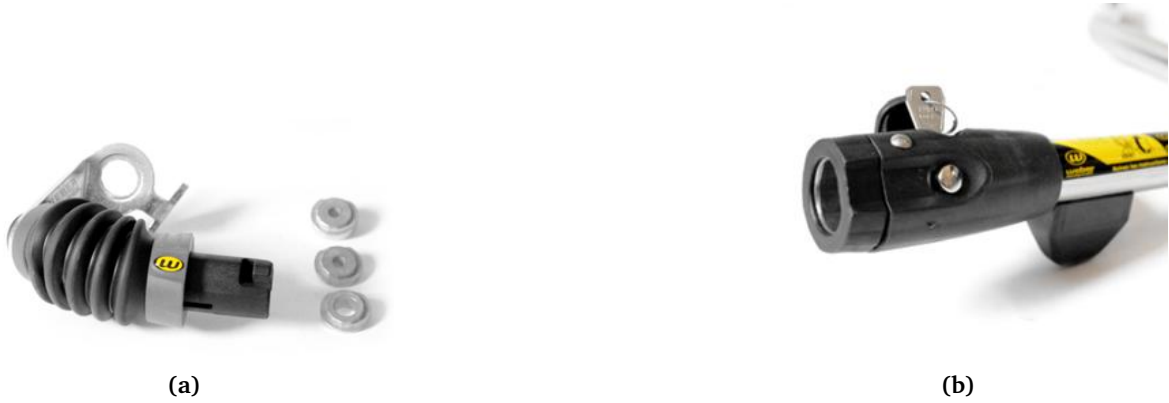


Figura 1.5. Marca Hinterher.



Figura 1.6. Rotula y universal



Figura 1.7. Muelle y pasador

Cualquiera de estas soluciones, ofrece en definitiva una articulación capaz de permitir el giro en cualquier dirección (360 grados) salvo en el caso del pasador. Este es un requisito indispensable. Por un lado, debe estar liberado el giro entorno a un eje perpendicular al suelo para que el remolque sea capaz de tomar las curvas y al mismo tiempo debe estar liberado el giro entorno a un eje paralelo al suelo para evitar que la unión sufra demasiado cuando exista alguna irregularidad en el terreno.

1.4. Objetivos

Los objetivos que pretenden cumplirse con el desarrollo de este trabajo son los siguientes:

1. Realizar el diseño integro de un remolque de carga.
2. Realizar un estudio estructural del bastidor, con el método de los elementos finitos (FEM)
3. Elaboración de un manual de fabricación y un manual de montaje que permitan producir el remolque íntegramente en el lugar de destino.
4. Desarrollar un modelo de aplicación, en el que se defina una localización, se realice una propuesta de marca y se describa el procedimiento de trabajo.

1.5. Impacto del proyecto en la comunidad

Este proyecto se espera que tenga un impacto real en las comunidades mas desfavorecidas. A continuación se presentan varias formas en las que se espera que este trabajo beneficie a la sociedad:

1. El trailer para bicicletas que se deriva de este proyecto **pretende satisfacer una necesidad básica para un ser humano como es el transporte de carga**. Se pretende facilitar el día a día tanto a mercaderes que necesiten transportar sus productos de una población a otra, como a agricultores que transporten sus útiles de labranza o a ciudadanos que necesiten recoger agua potable o víveres en un lugar alejado de su vivienda. En definitiva **agilizar e incrementar la capacidad de carga de miles de personas que a diario lo necesitan**.
2. Las funciones de carga, sobre todo las referidas al transporte de agua, en su mayoría son realizadas por mujeres y/o niños, esta realidad de los países más desfavorecidos, en donde se sufre de una latente desigualdad de género, los sectores más perjudicados son la infancia y la mujer. Es una realidad que la introducción de un elemento como el propuesto no va a eliminar esta injusta realidad, si bien ayudará a paliarla ya que la utilización de un remolque, permite reducir los tiempos de transporte y **evitar las cargas excesivas y con ello posibles lesiones o malformaciones**. Es por ello que se insiste en resaltar que si bien no se pretende solucionar un **problema endémico de los países del tercer mundo, la desigualdad y preponderancia del hombre sobre la mujer e infantes, la propuesta intenta asimismo reflexionar sobre esta cruda realidad e intenta de alguna forma mitigar los efectos colaterales que esta injusta situación provoca en los sectores mas débiles de estas sociedades**.
3. Una vez terminado el proceso de diseño y elaborado el manual de fabricación y montaje, serán los propios talleres locales o alumnos de formación profesional quienes produzcan el

remolque. Con este enfoque, se pretende mejorar sus habilidades y ampliar las técnicas de fabricación. En definitiva busca **formar a profesionales más completos que a posteriori puedan utilizar los conocimientos aprendidos para continuar contribuyendo al desarrollo de su comunidad.**

4. Como se ha comentado anteriormente, este elemento tendría un gran impacto en muchos ámbitos de la sociedad. **Uno de los grandes sectores que se verá notablemente beneficiado será la economía.** En primer lugar, los mecánicos a los que se enseñe lo necesario para la fabricación del trailer, podrían emplear este conocimiento para emprender, creando un taller en su localidad donde se produjeran los remolques y gracias a la experiencia adquirida, fueran creciendo. La economía también se vería reforzada, gracias a todos aquellos mercaderes que sin un remolque solo podían acudir a unas pocas comunidades cercanas, con apenas productos y que con la disponibilidad de un remolque y una bicicleta, podrían ampliar notablemente su red de ventas y su oferta de productos.
5. En su fin último, este trabajo pretende **ser un modelo de ayuda social responsable, que pueda ser aplicable a muchos otros productos.** En este modelo, el máximo beneficio no es la disponibilidad de estos países de el elemento en si mismo (En este caso, que los ciudadanos puedan contar con remolques) si no que el gran impacto es el aprendizaje y la formación. En definitiva, este modelo contribuye a conseguir que las comunidades más desfavorecidas sean cada vez mas autosuficientes e independientes de la ayuda exterior. Cabe destacar en este momento una cita ya mencionada previamente pero que ilustra este objetivo a la perfección. “Dale un pez a un hombre y comerá un día; enséñale a pescar y comerá siempre.”

1.6. Metodología del trabajo

Con el objetivo de asegurar el éxito del proyecto, se han analizado las tareas necesarias a desarrollar y colocado en un cronograma (Figura 1.8).

- Desarrollo de la idea del proyecto (Top-level) , explicación de la misma y contacto con coordinador y director.
- Análisis y clasificación de los distintos modelos de remolques para bicicletas que se comercializan actualmente.
- Croquizado del primer concepto de remolque.
- Diseño y bocetos de distintas soluciones para cada parte crítica del remolque.
- Modelado 3D de un primer remolque.
- Toma de decisiones: Elección del diseño definitivo de cada pieza.
- Anexo B.
- Modelado final 3D:
 1. Bastidor.
 2. Barra.
 3. Placa soporte.
 4. Unión articulada.

5. Conexión Barra-Remolque.

- Ensamblaje final 3D del conjunto.
- Análisis FEM (Elementos finitos) del bastidor.
- Elaboración de los planos de cada pieza.
- Elaboración del Manual de fabricación y montaje.
- Fabricación del prototipo
- Redacción de la memoria.



Figura 1.8. Cronograma del proyecto.

1.7. Recursos a emplear

Para la consecución de estos objetivos y por consiguiente del trabajo final se requerirán los siguientes recursos. Se han dividido según su utilidad en: Recursos para el diseño y recursos para la fabricación del prototipo.

- Recursos para el diseño:
 1. Solid Works 2017 (Modelados 3D, Planos)
 2. SOLIDWORKS VISUALIZE 2017 (Imagenes renderizadas)
 3. Adobe InDesign (Manual de fabricación y manual de ensamblaje)
 4. Adobe Photoshop (Creación de Mockups para la propuesta de marca)
 5. Adobe Illustrator (Creación del logotipo)
 6. LaTeX (Redacción de la memoria)
- Recursos para la fabricación del prototipo
 - Hierro (En forma de perfiles y pletinas)
 - Madera ligera (En forma de plataformas)
 - Elementos de unión (Tornillos, pasadores)
 - Dos Ruedas de Bicicleta 26"
 - Taller de fabricación:

- Máquina de doblado de tubos.
- Solador de hierro.
- Taladradora.
- Herramientas básicas.

2

Diseño

En este capítulo se describe el proceso de diseño llevado a cabo desde la conceptualización de la idea, hasta el producto final.

2.1. Materialización de la idea

En un primer momento, la idea se limita a mejorar el transporte de carga en países en vías de desarrollo por medio de la bicicleta. Existía una aparente necesidad, que aun tenía que ser corroborada por gente con experiencia en los destinos, pero la solución era todavía difusa. La primera propuesta de diseño no contemplaba el uso de elementos externos a la bicicleta, se incluirían ‘cestas’ en la parte frontal, trasera y lateral, como se muestra en Figura 2.1. La principal ventaja de esta solución era su sencilla y económica fabricación, pero contaba con muchas desventajas. Las bicicletas se comportan relativamente bien cuando la carga se transporta en la parte trasera pero cuando se añade peso en la parte delantera (dirección) y en los laterales, se hace muy complicado mantener el equilibrio. No resulta cómodo manejar una bicicleta con excesiva carga y más aun si se trata de largos trayectos por terrenos en malas condiciones. Por último, con la solución de las cestas, la capacidad de carga seguía siendo muy limitada, mejoraría la situación pero no lo suficiente, se hace muy complicado cargar bidones de 20 litros en cestas de bicicleta.

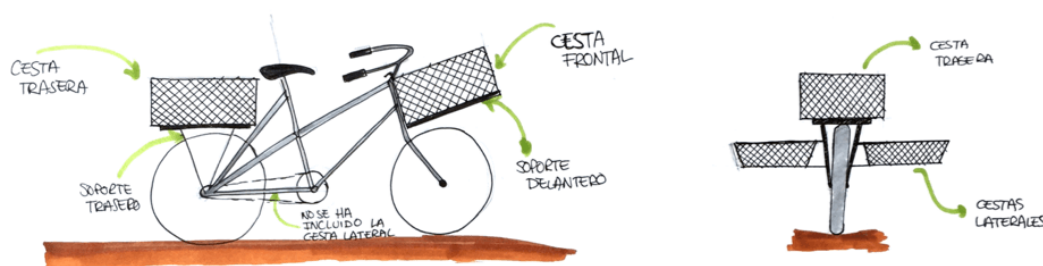


Figura 2.1. Boceto de la idea conceptual - Creado por Álvaro Otero.

Esta solución era viable pero sin embargo su practicidad era dudosa. Durante la celebración del evento “Unibike” de la feria de Madrid en Septiembre de 2017, se realizó un primer acercamiento a las ONG con el objetivo de obtener información sobre el problema de primera mano y bajar a la tierra la idea. La primera ONG de contacto fue “Bicicletas sin fronteras” [5], una organización especializada en la recogida de bicicletas donadas en España, en su reparación y en su posterior entrega en los países mas necesitados. Romà Boule, fundador y presidente de la ONG, no dudó en confirmar que era una buena idea y que efectivamente existía un gran problema en cuanto al transporte en general y en concreto en cuanto al transporte de carga. El hecho de que existan organizaciones dedicadas al suministro de bicicletas, hace que la idea de incorporar un dispositivo a este elemento de transporte, sea mas viable, ya que el elemento principal (la bicicleta) ya se encuentra disponible en el destino. Romà, en concordancia con lo que ya se había pensado, confirmó que la solución de los soportes y las cestas no era suficientemente práctica.

Fue en este momento cuando surge la idea de diseñar un remolque o tráiler de carga que pudiera ser arrastrado por la bicicleta. Esta nueva perspectiva, abría nuevas posibilidades que hasta entonces no eran posibles. En primer lugar, el limite de peso que se podría transportar sería muy superior ya que únicamente iría enganchado a la parte trasera de la bicicleta y no disminuiría la estabilidad del vehículo. Por otro lado, con un diseño sencillo de conexión entre remolque y bicicleta, esta solución permite una mayor versatilidad. Cuando no se necesite transportar carga, el remolque se desconecta, dejando libre la bicicleta para desplazarse de forma mas cómoda y rápida.

Aunque el producto a diseñar estaba claro, faltaba definir el enfoque del proyecto. ¿Se iban a producir los remolques en Europa y después iban a ser enviados al país de destino para únicamente ser ensamblados? o ¿Se iban a producir íntegramente en las comunidades de destino, por trabajadores locales y utilizando materiales de la zona? Ésta decisión fue un momento clave en el proyecto, ya que condicionaba todo en su conjunto. La primera opción desde el punto de vista ingenieril parecía más interesante ya que podría diseñarse el remolque para ser fabricado con las técnicas más modernas de manufactura, podrían emplearse materiales ligeros y resistentes y probablemente el acabado seria más profesional. Sin embargo, este planteamiento chocaba de frente con la idea de conseguir el desarrollo y el progreso de las comunidades más desfavorecidas. Es posible que se consiguiera financiación por parte de las ONG para poder producir estos remolque y poder enviarlos. Sin duda, disponer de estos remolques, les facilitaría el día a día, pero al mismo tiempo les estaría creando una dependencia absoluta. En algún momento estos remolques se romperían y necesitarían ser reparados, sin embargo, no podrían hacerlo ellos mismos ya que no han sido formados para ello. En algún momento habría que sustituir alguna pieza, pero muy probablemente estas piezas que vienen de Europa no estarían disponibles en el destino. En definitiva este enfoque no contribuye a la formación ni a la educación y al fin y al cabo, estos son los pilares para el desarrollo de las sociedades. Por estos motivos, se descartó la idea primera y se apostó por la segunda opción. Como se dice coloquialmente, la primera solución era, “Pan para hoy y hambre para mañana”.

Una vez tomada la decisión se pasó a definir el nuevo objetivo del proyecto. Como resultado de este trabajo se obtendrían los planos del remolque con todas las dimensiones previamente seleccionadas tras un proceso de diseño y de análisis estructural de elementos finitos y un manual de fabricación y ensamblaje que pudiera ser interpretado por los talleres locales. Este nuevo enfoque, ampliaba la dimensión del proyecto, ya no era solo una solución para poder transportar mas carga de forma mas cómoda si no que ahora, este remolque además de su

función de carga, se convertía en elemento que contribuiría a profesionalizar los talleres locales, a formar a nuevos profesionales y en definitiva a dotar de una mayor autonomía a estas comunidades para acelerar su progreso. Con este giro, el remolque se convertía en un ejemplo de “Frugal Innovation” la dificultad ahora radicaba en la simplicidad y en la adaptación a los conocimientos y a los recursos disponibles en la zona. Había que desprenderse de todo lo innecesario e intentar conseguir una solución óptima teniendo en cuenta todas las limitaciones existentes.

Con el enfoque del proyecto claro, el contacto con “Bicicletas sin fronteras” también sirvió para definir unos límites y unos requisitos que han estado presentes durante todo el proyecto y que sin duda han condicionado cada aspecto del diseño. En este proceso de investigación, también resultó fundamental la colaboración de Joaquín Romero de Tejada [7], que actualmente vive y trabaja en Mozambique intentando mejorar la movilidad en este país. Algunos de los requisitos que desde su experiencia nos sugirieron fueron:

1. Emplear materiales muy abundantes y sencillos de encontrar en la zona, principalmente madera y hierro. El aluminio no es sencillo de encontrar además de ser costoso y muy complicado de soldar.
2. Diseñar el remolque para ruedas comunes de bicicleta 26”, descartar el uso de las ruedas pequeñas de eje lateral, habituales en los remolques comerciales europeos.
3. Diseñar una conexión entre el remolque y la bicicleta extremadamente sencilla, que pueda conectarse y desconectarse en segundos.
4. Evitar al máximo procesos de fabricación que requieran mayor formación como la soldadura.
5. Diseñar el remolque con un alto factor de seguridad ya que el límite de carga calculado puede variar mucho dependiendo de si se ha respetado todo lo establecido en el manual de fabricación. Por otro lado, cuando hay necesidad, normalmente, suele tratarse de cargar la mayor cantidad de bienes posibles sin medir el peso que se está cargando.

El diseño del tráiler a grandes rasgos se divide en dos conjuntos. Por un lado el bastidor y por otro lado la articulación junto a la barra. Ambos conjuntos se han diseñado por separado y han seguido procesos de evolución diferentes pero inevitablemente el uno influye en el otro. En la Sección 2.2 se describe el proceso de diseño que se ha seguido en el bastidor y en la Sección 2.3 se detallan los pasos que se han ido dando hasta obtener la barra y la articulación definitiva.

2.2. Diseño del bastidor

Con el objetivo claro, comienza la investigación y el estudio de mercado. Se analizan los remolques comerciales, las diferencias existentes entre ellos y se va definiendo las líneas del producto, recopilando las características que mejor se adaptan al objetivo del proyecto.

El primer referente en el que se centró la investigación, fue el remolque producido íntegramente en Munich, por la marca hinterher [8]. El rasgo más característico de este remolque, es su sencillez (Figura 2.2) rápidamente llama la atención el número de piezas que conforman este producto, en comparación con el resto de marcas. Dada su sencillez permite transportar una gran variedad de cargas y resulta más improbable que ocurran fallos. En la Figura 2.3 se muestra uno de los bocetos.



Figura 2.2. Trailer Hinterher.

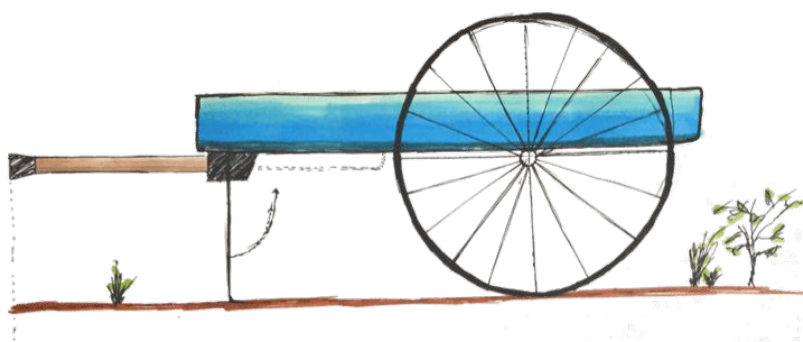


Figura 2.3. Boceto inspirado en Hinterher - Creado por Álvaro Otero.

Este diseño, resultaba muy compacto y de sencilla fabricación pero existían dos elementos condicionantes que terminaron posicionándolo como una opción inviable.

En primer lugar, se analizó el diseño de la marca alemana y se buscó simplificar y adaptar cada elemento a los requisitos establecidos previamente. El uso del aluminio no era una opción, y este cambio, suponía un notable incremento del peso del remolque con respecto al “hinterher”. Se debe tener en cuenta que la densidad del aluminio se encuentra entorno a 2.7g/cm^3 y la densidad del hierro aumenta hasta los 7.78g/cm^3 . La necesidad de adaptarse a las materias primas disponibles en el lugar de destino, supone un aumento del peso del 65 %, un gran impedimento teniendo en cuenta lo importante de reducir el peso en un producto como un trailer para bicicletas. El segundo impedimento para la consolidación de este diseño fue el tipo de ruedas requeridas. Anteriormente se especificó como uno de los requisitos indispensables, el uso de ruedas convencionales de bicicleta. El diseño mostrado en la Figura 2.3, únicamente es viable con ruedas de eje lateral.

El requisito de ruedas de 26” y de doble eje, convierte el diseño en una opción pésima. La solución complicaría de tal manera la producción del remolque que perdería su principal ventaja, la sencillez. Debe tenerse en cuenta que la base del bastidor en este diseño, consiste en una lamina doblada en forma de caja (Figura 2.4), con unas conexiones en la parte inferior para las ruedas de eje lateral. Para poder utilizar las ruedas convencionales, se necesitaría soldar

una estructura exterior, complicando el proceso de fabricación y por tanto yendo en contra del objetivo principal del proyecto, "hacer más, con menos".



Figura 2.4. Modelo CAD del prototipo del bastidor - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

En este momento, hubo que asumir que no era posible simplificar tanto el diseño y la producción sin contradecir alguno de los requisitos fijados en un principio. Lógicamente, el uso de materiales y piezas mas complejas permiten diseños mas sencillos y prácticos, pero para que el resultado de este trabajo sea útil, se debe evitar tomar decisiones de las que se dude si va a ser viable o no, ya que muy probablemente, no lo sea.

Partiendo del aspecto que supuso el rechazo del primer modelo, se diseña el segundo modelo. En este caso se decide crear una estructura de tubos de hierro como se muestra en la Figura 2.5. Este diseño aporta la suficiente resistencia y admite perfectamente ruedas de doble eje pero como se puede apreciar, complica notablemente la fabricación. Los tubos forman la base del bastidor mediante numerosas soldaduras, lo que supone un gran riesgo cuando la idea es que sea fabricado por operarios con poca preparación y en proceso de aprendizaje.



Figura 2.5. Modelo CAD del bastidor de tubos de hierro - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

En el diseño de la Figura 2.5, se observa que no solo es compleja la fabricación de este trailer si no que se puede predecir una deformación importante en el centro de la estructura al tratarse de largos tubos con el único soporte de la soldadura en los extremos. Se decide mejorar este aspecto con una modificación del diseño. Se mantienen los tubos como unidad estructural pero se cambia la disposición, con el propósito de mejorar la distribución de la carga por el bastidor. La Figura 2.6 y la Figura 2.7 muestran dos estructuras rectangulares entrecruzadas y soldadas una encima de otra. Con esta propuesta existe una gran dificultad en la soldadura entre ambas estructuras al tratarse de caras cilíndricas, el contacto entre ellas es mínimo y la concentración de esfuerzos en estos puntos, sería muy elevada.

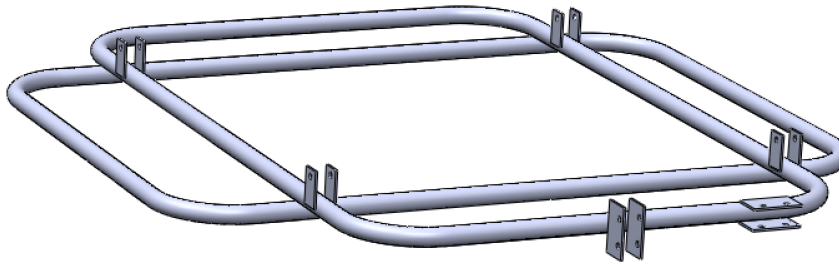


Figura 2.6. Modelo CAD de la modificación del bastidor de tubos de hierro - Creado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

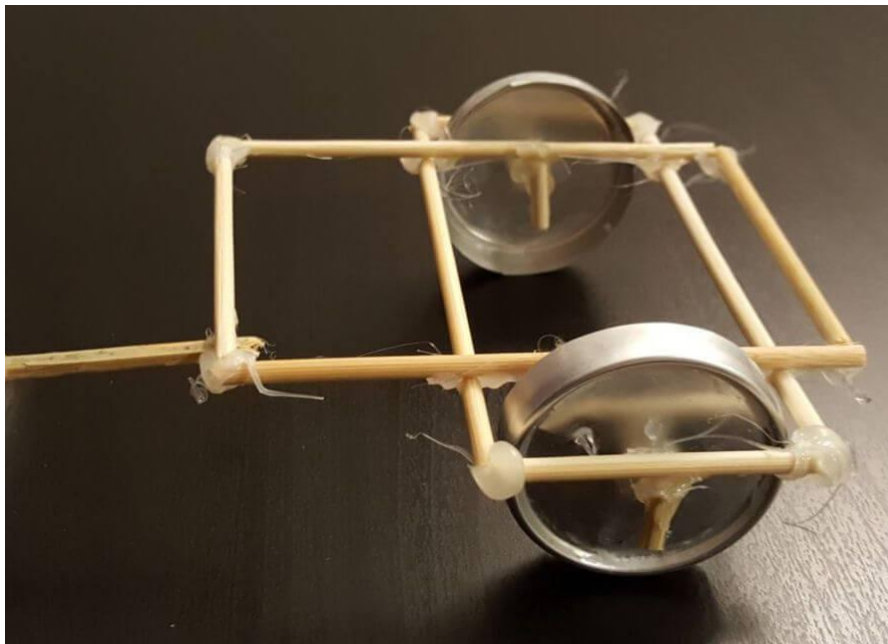


Figura 2.7. Prototipo de la modificación del bastidor de tubos de hierro - Fabricado por Álvaro Otero.

Sin embargo, la complejidad de fabricación de estos diseño, deriva en la necesidad de encontrar una nueva solución, con la que conseguir un diseño óptimo en todos los aspectos. Se decidió mantener la estructura de la base del bastidor, pero se da un giro al tipo de unidad estructural. En el último gran cambio, se decide sustituir los tubos, por perfiles rectangulares de hierro. Con este cambio, se buscaba simplificar el proceso de ensamblaje y de forma indirecta, también simplificaba la fabricación.

El hecho de utilizar perfiles rectangulares, permite conseguir un contacto perfecto y en 90 grados entre los perfiles verticales y los perfiles horizontales de la base. En el diseño de

la Figura 2.6 era necesario doblar grandes tubos para dar forma a la base. Con este nuevo enfoque se eliminan por completo las operaciones de doblado y de soldadura, las piezas se conectarán mediante tornillos siguiendo el manual de ensamblaje. Con este tipo de uniones se simplifica el montaje y existen menos posibilidades de errores que puedan variar la resistencia del trailer en comparación con la simulación que se realizará en este trabajo. En la Figura 2.8 se destaca en azul los tornillos que conectarán los perfiles y darán forma al bastidor. Se muestra todo el conjunto para ofrecer una visión general del diseño, a continuación se profundizará en los detalles y los motivos que se han tenido en cuenta a la hora de decidir los refuerzos, las conexiones para las ruedas o la forma de la placa soporte.

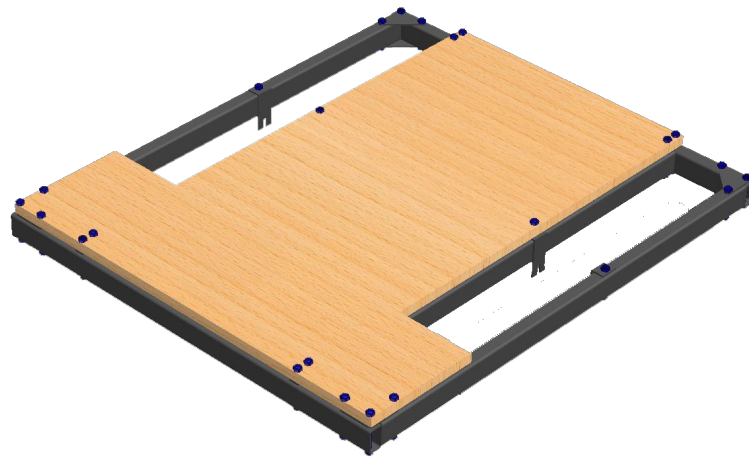


Figura 2.8. Modelo CAD del bastidor de perfiles de hierro - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

Una vez decidida la unidad estructural, se hacía necesario incorporar algunas piezas claves que terminaran por dar forma al remolque final. Se comenzó con el refuerzo de la estructura. Para poder conectar los perfiles entre ellos, se decidió emplear pletinas de hierro de distinta forma pero con un mismo grosor, con el propósito de facilitar la fabricación y el recambio de piezas. Se muestra en la Figura 2.9 una vista explosionada de como irían conectados los triángulos en las esquinas y las pletinas de unión para conectar el perfil vertical interior y el perfil horizontal. Éstas piezas se han resaltado en amarillo y permiten conectar los perfiles de forma sencilla a la vez que se incrementa la rigidez de la estructura

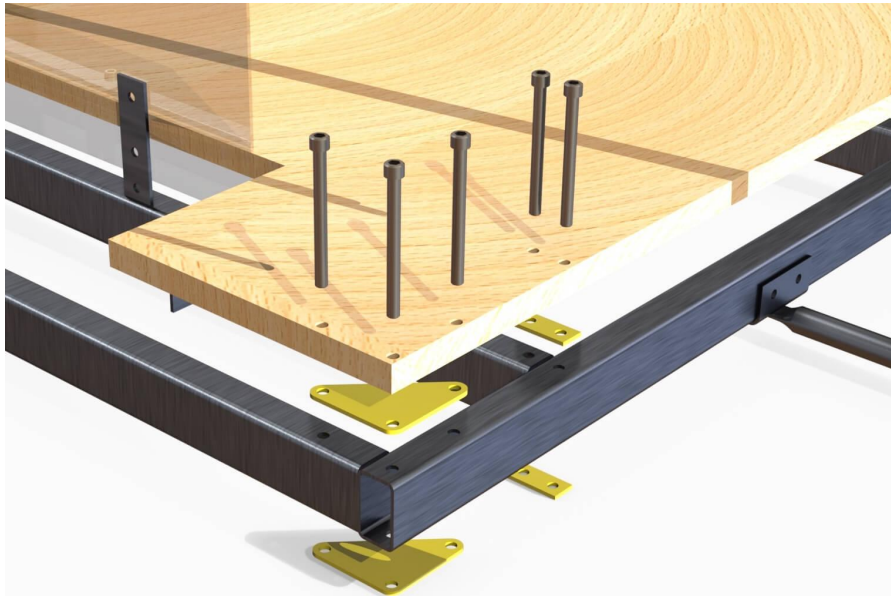


Figura 2.9. Vista explosionada de los refuerzos del bastidor - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

Otro aspecto clave en bastidor, son las conexiones para las ruedas. Dado que los requisitos de diseño, establecen el uso de ruedas convencionales de bicicleta, se ha buscado imitar la horquilla de una bicicleta. El diseño, de nuevo, es sencillo para facilitar la fabricación. Partiendo de una pletina de hierro de las mismas características que los refuerzos, después de un proceso de doblado y corte se obtienen unas conexiones sencillas y prácticas. En la Figura 2.10 se han destacado en amarillo estos soportes. La forma en L, permite conectarlos al perfil mediante un tornillo que lo atraviesa verticalmente. En la parte inferior se coloca una pletina de refuerzo (también en amarillo) para no atornillar directamente a la estructura.



Figura 2.10. Conexiones de las ruedas al bastidor - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

Por último, un aspecto básico en el diseño de un remolque debe ser conseguir que el espacio dedicado al transporte de la carga sea lo más versátil posible. En primer lugar, parece lógico pensar que se requieren unas barreras que impidan el desplazamiento de la carga y eviten que pueda desprenderse durante el trayecto. En un principio, se pensó en construir una estructura con el mismo concepto que la estructura de la base, como puede apreciarse en la Figura 2.5.

Esta idea se descartó, pensando en reducir el peso lo máximo posible y se optó por atornillar unos apoyos (elementos amarillos) a la placa de soporte, como se muestra en la Figura 2.11 y posteriormente conectar unas barreras de un material lo mas ligero posible. En caso de dañarse estas barreras, su recambio es muy sencillo, ya que únicamente habría que desconectarlas de los apoyos de hierro y colocar las nuevas.

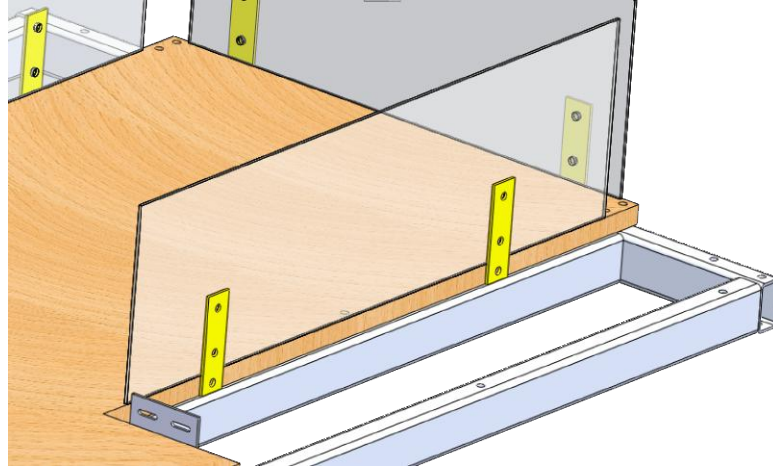


Figura 2.11. Apoyos para las barreras del bastidor - Creado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

Continuando con el transporte de la carga, cabe destacar la forma tan característica y diferente de la placa soporte de este tráiler. En vez de tomar una forma rectangular como la mayoría, se ha decidido diseñar en forma de T. El propósito de este diseño es conseguir una mayor versatilidad. Con la ayuda de las tres barreras en la parte trasera, se podrán transportar cajas, bidones o cualquier elemento voluminoso pero sin embargo, no se podrían transportar elementos de gran longitud como podrían ser las varas de una plantación de judías. Si se tratara de una remolque con forma rectangular, se estaría limitando la carga únicamente a aquello que tuviera una longitud máxima, igual al largo del remolque. Gracias a mantener la parte frontal abierta y a los enganches que se muestran en amarillo en la Figura 2.12 se podrán transportar objetos de mayor longitud que se asegurarán mediante gomas o cuerdas a los enganches anteriormente mencionados. Siempre se debe tener en consideración que si la carga sobresaliera mucho por los laterales se podría poner en riesgo tanto al usuario como al resto de individuos y por tanto deberá señalarse debidamente.

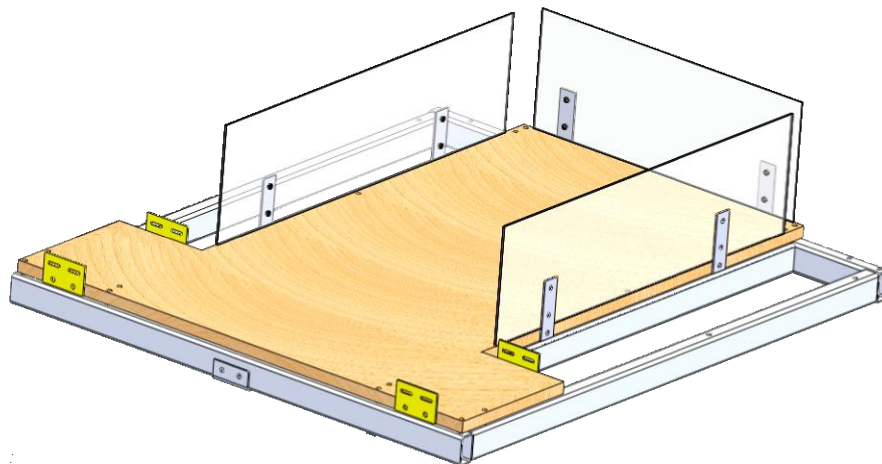


Figura 2.12. Enganches para el transporte de cargas de mayor longitud - Creado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

2.3. Diseño del conjunto articulación-barra

En esta sección se detallará el proceso de diseño seguido para el desarrollo del conjunto articulación-barra que junto con el bastidor, formarán el remolque. Quizás sea esta, la parte del proyecto, donde más complicado ha sido mantenerse fiel al concepto de simplificar todo a su mínima expresión. Si se investiga un poco acerca de los remolques existentes en el mercado, puede verse que las partes más complejas de todo el producto se encuentran en la barra. Sin duda, las partes más críticas en un remolque, son la articulación y la conexión entre barra y bastidor. En estas partes, se requiere que los materiales tengan mejores acabados superficiales para que funcione con suavidad, se requieren elementos mas complejos como muelles o rótulas, etc. Pueden verse algunos ejemplos de articulaciones en la Sección 1.3.4. Dado que se trataba de una tarea compleja, se han buscado y tanteado muchas opciones, se pueden encontrar bocetos de éstas en el Apéndice D.

En primer lugar se debe elegir entre las dos soluciones mas comunes de barra que existen en el mercado y que pueden verse en la Figura 2.13. Una de las opciones es que el remolque se conecte al cuadro en el mismo punto que se conecta la rueda trasera. La segunda opción, consiste en conectar el remolque a la tija del sillín.



Figura 2.13. Soluciones de conexión entre la bicicleta y el remolque

En un primer lugar se apostó por la configuración que conecta la barra a la rueda trasera, ya que la mayoría de los remolques “premium” se decantan por esta opción y en principio parecía más apropiada. Siguiendo esta línea, se propuso la configuración de la Figura 2.14

Este diseño se llevó hasta el final, llegando incluso a diseñar la articulación correspondiente a este tipo de barra. La propuesta se puede ver en Figura 2.15. La idea es mantener la pieza anclada al cuadro (Pieza 3) fija y unida a la pieza 2. Al mismo tiempo la pieza 1 iría soldada a la barra. Gracias a que el taladro en la base de la pieza 2 es ligeramente superior al diámetro del pasador, se genera una holgura que permite liberar el movimiento tanto en el eje perpendicular al suelo como en el eje paralelo al suelo.

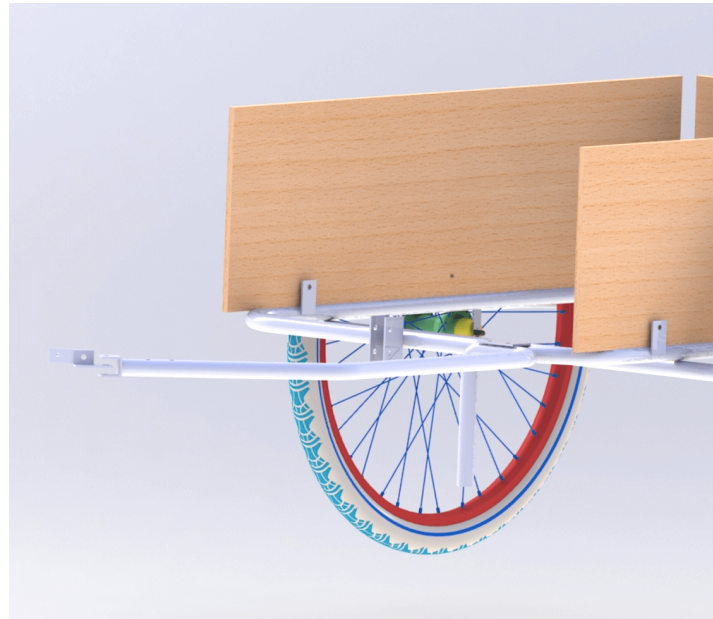


Figura 2.14. Conexión del trailer a la parte trasera del cuadro - Creado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

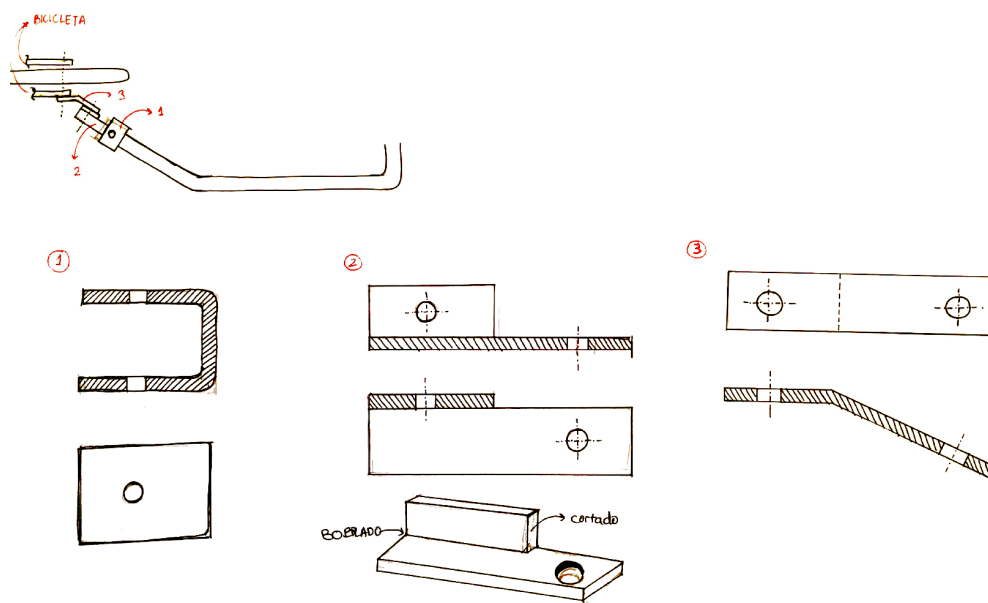


Figura 2.15. Boceto de la articulación para la barra de conexión trasera - Creado por Álvaro Otero.

En la Figura 2.16 se observa el modelado CAD de ésta pieza.

Llegado este punto, surgió una duda en cuanto a la solución de conexión elegida. Si bien se ha comentado antes que la conexión a la parte trasera del cuadro es la opción preferida por muchos fabricantes premium, es una solución arriesgada y debe tenerse muy en cuenta. El hecho de utilizar el mismo punto de conexión de la rueda trasera, implica que de no comprobarse a menudo que la conexión está bien apretada, la rueda podría aflojarse y podría producirse un grave accidente. Los remolques comerciales que utilizan esta conexión, normalmente están limitados a 50 kg. Cuanto menor sea la carga a transportar menos posibilidades habrá de que los tornillos se aflojen y por tanto, menos posibilidades de que se produzca un accidente. En el caso del remolque que se está diseñando, uno de los requisitos es que pudieran transportarse grandes

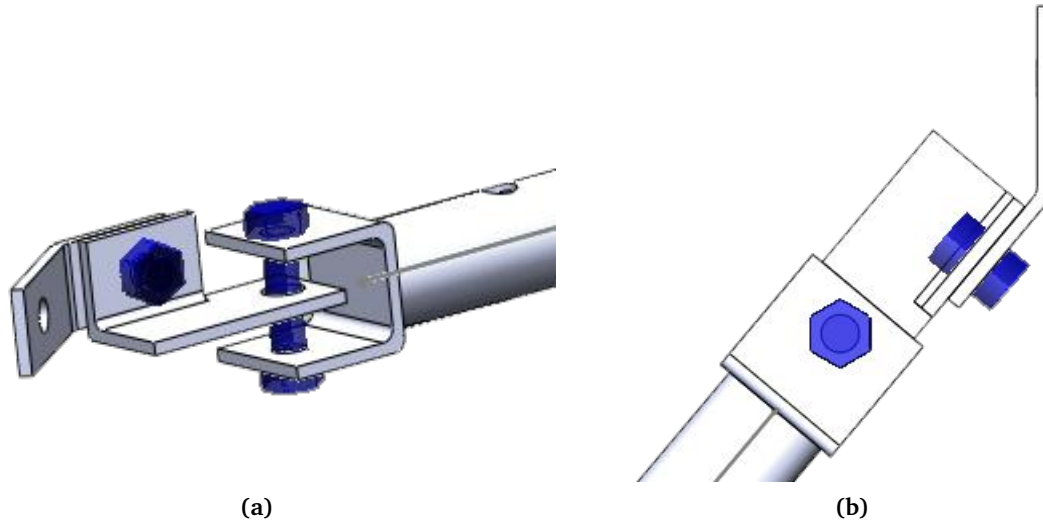


Figura 2.16. Modelado CAD de la articulación para la barra de conexión trasera - Por Álvaro Otero

cargas y por tanto, la conexión a la rueda trasera era un riesgo. Por último, cabe destacar que dicha conexión se comporta muy bien en terreno uniforme como puede ser el asfalto de una ciudad, pero no resulta tan conveniente en terrenos irregulares.

Por estos motivos, se decidió dar un paso atrás y corregir el rumbo. Comenzó a desarrollarse la barra con conexión a la tija del sillín. La barra toma una forma de “S” para evitar tocar la rueda trasera como se muestra en la Figura 2.23. Para la articulación se decidió fabricar varios prototipos para comprobar si lo que se estaba diseñando en SOLIDWORKS de verdad se comportaba de la forma esperada. La Figura 2.17 muestra una opción basada en una goma elástica y un pasador, lo que permitía el juego en todas las direcciones, funcionando como una rótula. Sin embargo, no se quería depender de gomas elásticas o componentes que sufrieran un gran desgaste ya que se quería evitar las reparaciones, por todos los medios.



Figura 2.17. Primer prototipo de articulación - Fabricado por Álvaro Otero.

El segundo prototipo y sobre el cual se ha basado la articulación definitiva, se basa en un tornillo con apriete en la pieza fija a la barra y que pasa con holgura por el taladro de la

pieza fija a la tija del sillín. El concepto es el mismo que el comentando en la Figura 2.15 y la Figura 2.16. Puede verse el prototipo fabricado en hierro, en la Figura 2.18



Figura 2.18. Segundo prototipo de articulación - Fabricado por Álvaro Otero.

En el prototipo de la Figura 2.18 se apostó por un enganche libre a la tija, sin embargo ésta solución era muy arriesgada y se modificó. Otra modificación en el diseño de la articulación, fue la conexión entre la barra y la propia articulación. En un primer momento se decidió que irían soldadas pero teniendo presente siempre la sencillez de fabricación y ensamblaje, se optó por un enganche mecánico con tornillos. Para aportar una mejor descripción de la pieza en concreto, se adjunta en la Figura 2.19 una imagen renderizada de la articulación y su correspondiente vista explosionada en la Figura 2.20

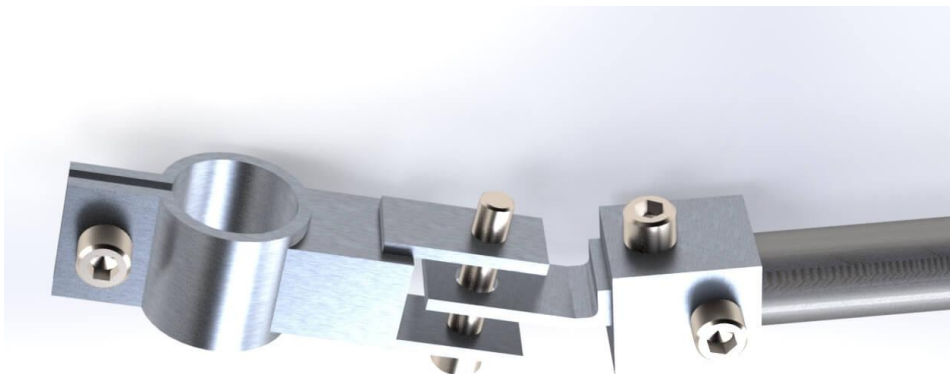


Figura 2.19. Modelo CAD de la articulación definitiva - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

Se ha diseñado la articulación de tal forma que partiendo de formas sencillas, como pletinas o cilindros, puedan fabricarse todas las piezas. El resultado de la barra conectada a la tija del sillín se muestra en la Figura 2.21

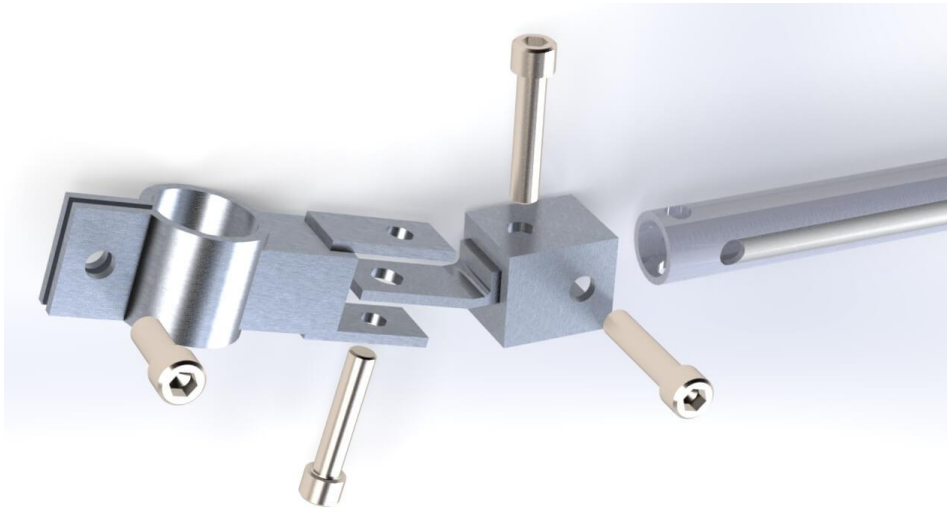


Figura 2.20. Vista explosionada de la articulación definitiva - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.



Figura 2.21. Conexión de la articulación a la tija del sillín - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

Decidido el diseño de la articulación, el segundo y último elemento a tener en cuenta, es la conexión entre la barra y el bastidor. En ésta parte, se concentrarán muchos esfuerzos, por lo que debe ser suficientemente robusta. La conexión debe ser una conexión mecánica, que permita separar los dos conjuntos cuando sea necesario. El hecho de poder desconectar la barra del bastidor, supone una ventaja enorme a la hora de transportarlo o almacenarlo. La pieza diseñada, tras muchas propuestas, es una pletina de hierro doblada en forma de “U” que encaja en la parte inferior del perfil horizontal. Mediante dos taladros que atraviesan en dirección horizontal la estructura, se asegura la barra al bastidor. Ésta pieza en “U” que se muestra en la Figura 2.22 se suelda a la barra en el extremo.



Figura 2.22. Pieza de conexión entre la barra y el bastidor - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

Con estas tres piezas ensambladas se obtiene el conjunto articulación-barra.

2.4. Diseño del conjunto ensamblado

Como se ha mencionado previamente, el tráiler puede dividirse en dos grandes partes, que se diseñan de manera independiente, siguiendo los procesos desarrollados en la Sección 2.2 y en la Sección 2.3. Una vez terminados los dos diseños, hay que ver si las dos partes en conjunto tienen sentido y si el resultado obtenido es el esperado. Como el objeto de este capítulo es el diseño del remolque, a continuación se adjuntan varias imágenes del diseño definitivo. Las herramientas de renderizado y de diseño CAD en general, nos permiten obtener una visión muy precisa del aspecto que tendrá el producto, después de su fabricación. (Figura 2.23 y Figura 2.24)

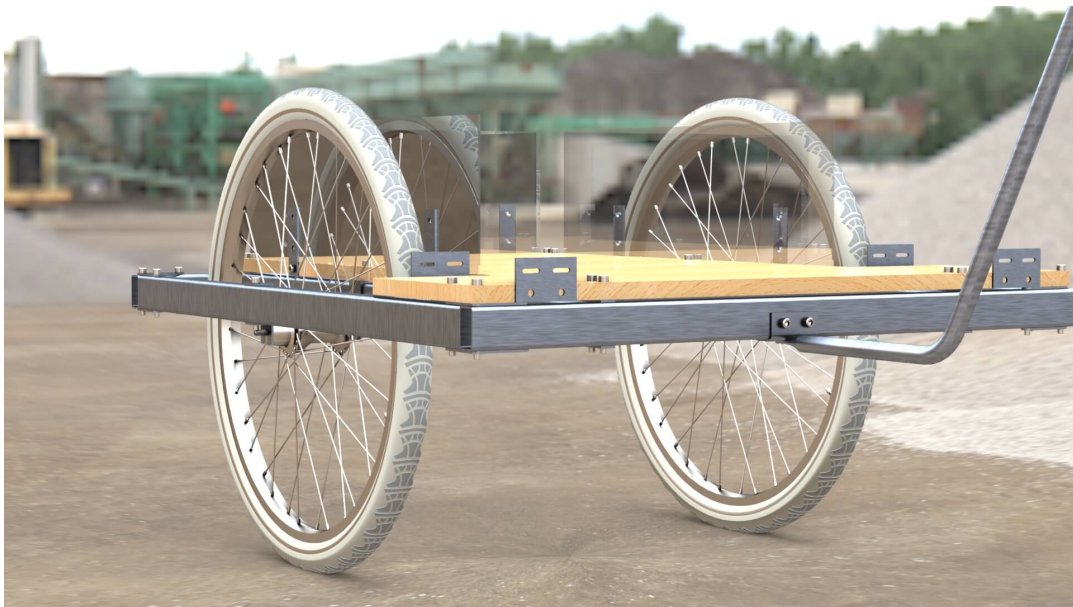


Figura 2.23. Imagen (1) renderizada del diseño definitivo del conjunto - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.



Figura 2.24. Imagen (2) renderizada del diseño definitivo del conjunto - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

3

Fabricación y montaje

En este capítulo, se describe el trabajo realizado para la creación del manual de fabricación y el manual de ensamblaje. Se explicará el propósito que hay detrás de cada uno de ellos y como se desea implantarlos.

3.1. Propósito de los manuales

Como ya se ha mencionado anteriormente en esta memoria, el fin último del proyecto, era generar dos manuales que permitieran producir el remolque desde cero. Para llegar a obtener el producto final, es necesario fabricar las piezas y posteriormente ensamblarlas.

Mientras se desarrollaba el proyecto, surge la idea de utilizar los manuales con tres propósitos diferentes en función de la necesidad. Con la creación de dos manuales, uno de fabricación y otro de ensamblaje, pueden darse las tres situaciones siguientes.

Existe la posibilidad de hacer uso de ambos manuales, esta solución se presenta como una oportunidad de negocio para pequeños emprendedores. En esta situación, a través de una ONG o similar, se formará a uno o varios individuos para que sean capaces de realizar la fabricación de las piezas y posteriormente, sean ellos mismos quienes las ensamblen y lo comercialicen. El caso ideal sería colaborar con un pequeño taller, presente en la comunidad de destino. En un primer lugar, se realizaría una labor formativa, ampliando los conocimientos y el manejo de las técnicas de fabricación de los empleados del taller. Con los conocimientos adquiridos y puestos en práctica a través del manual de fabricación, empezarían a ensamblarse las primeras unidades del remolque. Una vez controlada la producción, la idea es que ambos manuales sirvan de base para el crecimiento de un taller más profesionalizado, donde cada vez se generen más puestos de trabajo para los habitantes locales y donde se empiecen a fabricar más productos que puedan facilitar la vida de los individuos de la comunidad. El taller, comenzaría a vender los remolques (necesarios para las tareas cotidianas) a sus vecinos, a un precio justo y asequible, de forma que el dinero se reinvierta en la comunidad y se reduzcan las importaciones y la dependencia de los países más poderosos.

Puede darse un segundo escenario. Existen multitud de centros educativos en aquellos países más necesitados, que día tras día realizan una labor increíble. Existen centro de formación

para niños recién nacidos, adolescentes o incluso adultos. En los centros orientados a personas cercanas a la edad adulta, se trata de formarlos en un oficio, de tal forma que puedan valerse por si mismos en un futuro. Una de las opciones que se han barajado en este proyecto, es la posibilidad de colaborar con estos centros en su labor formativa. Se cree que mediante el manual de fabricación y la formación pertinente, es posible formar a profesionales que puedan en un futuro vivir de su profesión. En este caso, este proyecto se orienta únicamente a su labor educativa, a través de la fabricación de las piezas, el alumno aprende la técnica pero no se encarga de su ensamblaje o de su comercialización.

Por último, se plantea la situación en la que únicamente se hace uso del manual de ensamblaje. Para que se comprenda mejor, se expone un ejemplo. Una familia de agricultores vive en sus plantaciones, las cuales están situadas a una distancia de la comunidad más próxima, insalvable a pie. Desde hace unos meses han recibido bicicletas por parte de una ONG, las cuales les permiten reducir los tiempos de transporte notablemente. Sin embargo, cuando necesitan transportar algún producto, no pueden hacerlo con la bicicleta. En esta situación, el uso del manual de ensamblaje por separado, es lo ideal. Con la piezas previamente fabricadas por algún taller de formación de la zona, como los expuestos en la situación anterior, y con la colaboración de una ONG, únicamente hay que hacerles llegar las piezas junto al manual, para cambiarles la vida. Gracias a la forma en la que ha sido pensada el manual de ensamblaje, cualquier persona puede montar el remolque sin necesidad de ayuda. En este escenario y al contrario que en el anterior, el proyecto se orienta a su labor humanitaria. En este caso existe una familia en una situación complicada y gracias a este proyecto se mejora su calidad de vida.

3.2. Elaboración del manual de fabricación

Este documento(el cual puede encontrarse en el Apéndice A), recoge los pasos que se han de seguir para a partir de los recursos iniciales más simples posibles, obtener todas y cada una de las piezas requeridas para la producción del remolque.

El manual, está pensado para poder ser comprendido por el mayor número de gente posible, es por ello que se ha tratado de simplificar la notación y las indicaciones, lo máximo posible. Se ha querido evitar utilizar un lenguaje muy técnico y se ha seguido el concepto de "menos es más". El exceso de información, paradójicamente, en ocasiones puede dificultar la comprensión.

Se ha seguido una estructura cronológica. El documento, comienza con la presentación de los recursos iniciales necesarios para comenzar la fabricación. Estas 4 páginas, son el resultado de una costosa labor de optimización, gracias a la cual se ha conseguido dotar al proyecto de un valor añadido. El objetivo de este apartado, ha sido conseguir reducir las piezas más complejas del remolque, a su forma más primaria y sencilla. De esta forma, se consigue que el remolque pueda empezar a producirse con recursos muy sencillos y presentes en casi cualquier lugar del mundo. Con este trabajo, no solo se consigue que las piezas iniciales sean muy sencillas, si no que se hace un uso más responsable de los materiales. Como se puede comprobar en la Figura 3.1 a partir de una única plancha de hierro de 3 mm, se pueden obtener todas las piezas de hierro necesarias. Gracias a la distribución de las piezas, la plancha se aprovecha al máximo, reduciendo el desperdicio de material.

Una vez presentados los recursos iniciales, se pasa a la fabricación propiamente dicha. Pieza por pieza, se adjunta su plano simplificado y en aquellas que se requiere alguna operación complementaria, se especifica. Desde el primer momento, este proyecto se ha concebido como un proyecto profesional, un proyecto que trascendiera el ámbito académico. Por este motivo, se

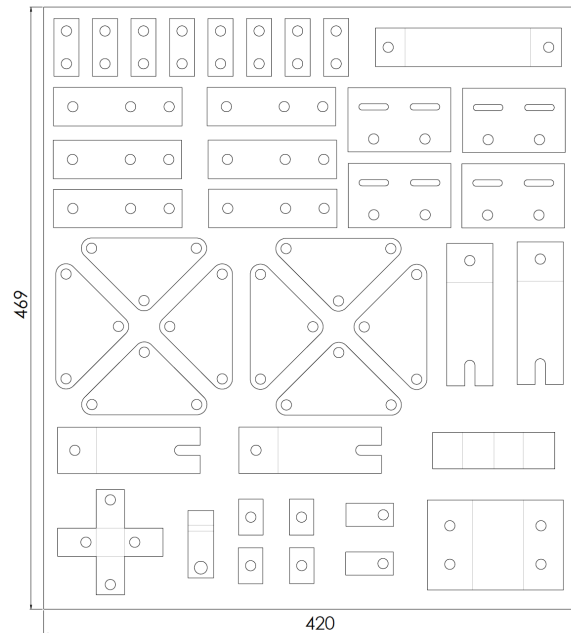


Figura 3.1. Plancha inicial para la fabricación de las piezas de hierro - Creado con InDesign por Álvaro Otero.

han cuidado todos los detalles y se ha buscado darle una apariencia, lo más profesional posible. Para maquetar el manual se ha utilizado el software número uno en el sector, Adobe InDesign, y se ha puesto mucho énfasis, no solo en conseguir una buena apariencia si no sobre todo en que el manual fuera útil. Se han incluido una serie de detalles que ayudarán al usuario. En cada una de las paginas se ha indicado en la esquina superior derecha, cual es la pieza concreta que se describe en el plano. En este pequeño gráfico que se puede ver en la Figura 3.2 se indica con color cual es la pieza que se va a fabricar, cuantas hay y donde se encuentra localizada en la plancha inicial.

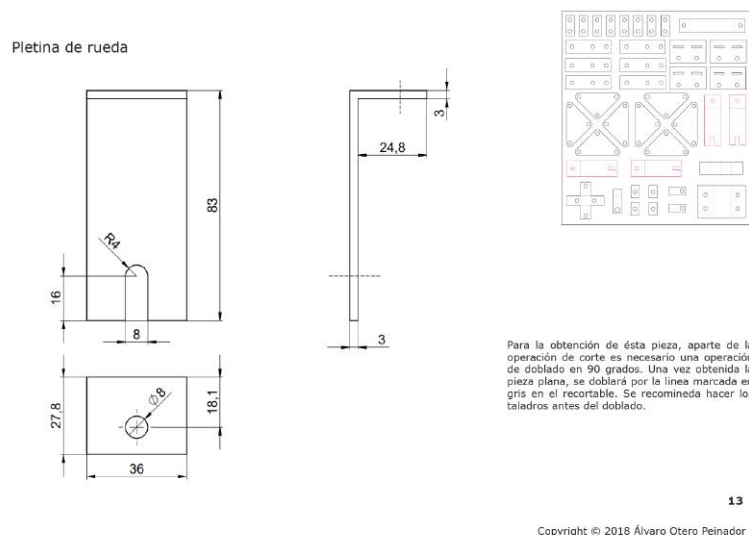


Figura 3.2. Ejemplo del manual de fabricación - Creado con InDesign por Álvaro Otero.

Siguiendo todos y cada uno de los pasos del manual, en el orden indicado, se obtendrán las piezas necesarias para ensamblar el remolque. Llegados a este punto y clasificando cada pieza como es debido, se pondría punto y final a la fase de fabricación.

3.3. Elaboración del manual de ensamblaje

El manual de ensamblaje, es el segundo de los manuales elaborados en este proyecto y describe el último proceso para la obtención del remolque completo. Puede encontrarse en el Apéndice B. Del mismo modo que con el manual de fabricación, se ha seguido la línea del minimalismo y la sencillez, tratando de hacerlo asequible para todo el mundo. El manual comienza con una serie de advertencias y consejos de seguridad, que al igual que en el manual previo, deberán respetarse en todo momento. A continuación se presentan todas las piezas que se requerirán para poder realizar el montaje. A partir de los planos generados con SOLIDWORKS se han ido sacando las vistas mas representativas de cada pieza, para que con una simple vista en 2D, el usuario sea capaz de reconocer todas las piezas. Un ejemplo de estas primeras paginas se muestra en la Figura 3.3

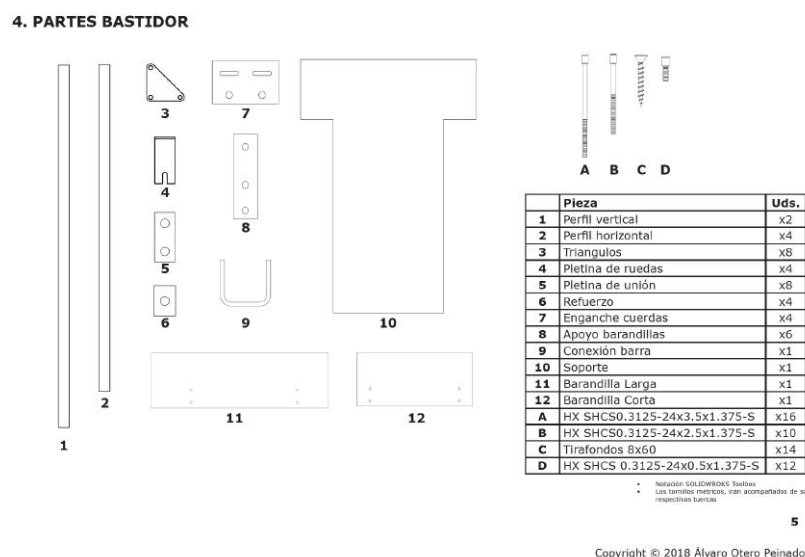


Figura 3.3. Ejemplo del manual de ensamblaje: Piezas iniciales - Creado con InDesign por Álvaro Otero.

Una vez presentadas las piezas, se indica paso a paso como han de ensamblarse. En este manual el orden cronológico, es si cabe mas importante que en el anterior manual ya que hay muchas piezas que no podrán ensamblarse si alguno de los pasos no se respeta. Por este motivo se ha indicado con números cada paso. El formato empleado ha sido el mismo para todas las páginas. En la parte central, se sitúa el modelo 3D con la forma que debe tomar el conjunto al terminar ese paso y mediante flechas a color se indica que parte del conjunto es la que se está ensamblando. La flecha dirige al usuario hasta una vista de detalle explosionada, que muestra como se debe proceder. Un ejemplo de estas páginas se puede ver en la Figura 3.4

En este manual se ha puesto especial interés en la facilidad para su comprensión, como se explica en la Sección 3.1, este manual puede entregarse junto a las piezas fabricadas a una familia necesitada. Es muy probable que la formación técnica de esta familia se inferior a los usuarios del manual de fabricación. Por este motivo se ha evitado incluir planos y se ha optado por una solución muy gráfica. Se puede observar que la inmensa mayoría de las figuras que se han incluido, son vistas en 3D, facilitando mucho su visualización y evitando que se requiera una buena visión espacial.

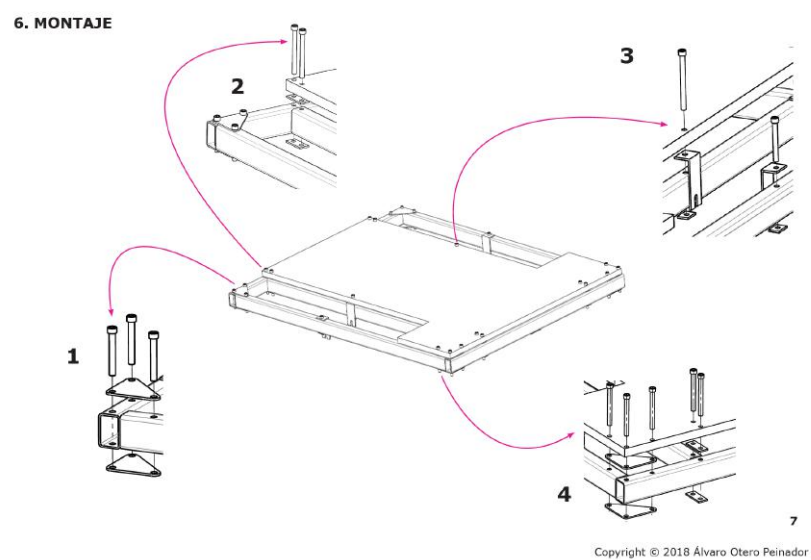


Figura 3.4. Ejemplo del manual de ensamblaje: Ensamblaje - Creado con InDesign por Álvaro Otero.

4

Análisis estructural

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de las simulaciones estructurales, por el método de elementos finitos.

4.1. Análisis del bastidor

Con el diseño definido se consideró necesario el modelado de un estudio estructural, con el objetivo de determinar la viabilidad del diseño. Mediante este estudio se analizaría la resistencia del tráiler a la carga de diseño y su comportamiento. Con esta simulación se pretendía determinar la carga máxima y la resistencia sin necesidad de recurrir a ensayos experimentales, reduciendo los gastos de producción.

Este paso era crucial, ya que mediante los resultados obtenidos se decidiría si se continuaba con el diseño estudiado, si era necesario cambiar la dimensiones de alguna de las piezas o si por el contrario, debía ser rediseñado por completo.

Existen diversas formas de estudiar la resistencia de una estructura. En primer lugar se podría recurrir a la resistencia de materiales tradicional, donde mediante un modelo simplificado de la estructura, aplicando los soportes y las cargas, se podría obtener los valores de los esfuerzos y las tensiones para posteriormente compararlos con los límites de los materiales empleados. Sin embargo, para poder aplicar este método de manera sencilla, sería necesario simplificar demasiado la estructura y por lo tanto, reducir la precisión del estudio.

La segunda opción es la realización de un análisis de elementos finitos con la herramienta de simulación que proporciona SOLIDWORKS. Esta herramienta, permite analizar el modelo previamente diseñado con la máxima precisión. Este tipo de simulaciones, dan la oportunidad de establecer directamente las propiedades de los materiales, detectar interferencias y en definitiva predecir de una manera muy precisa el comportamiento del producto final en la realidad. Se ha consultado durante este proceso la información disponible al respecto en la plataforma online del propio software [9]. Una vez terminado el ensamblaje 3D del conjunto, se pasó a simplificar el modelo y a aislar el bastidor para preparar la simulación. El modelo estudiado fue el que se muestra a continuación en la Figura 4.1

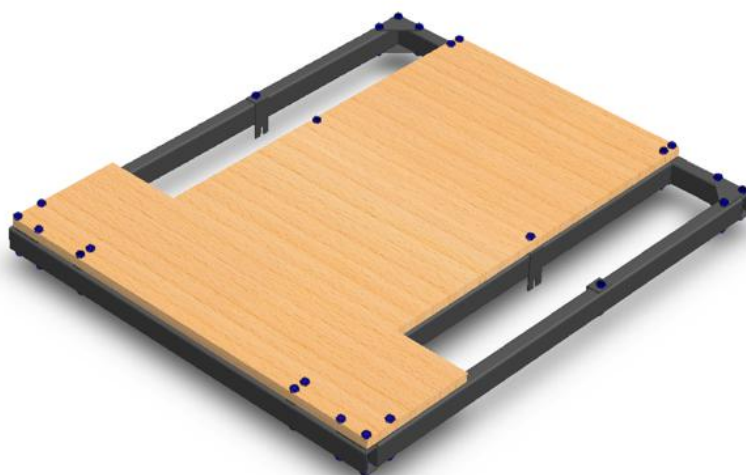


Figura 4.1. Bastidor - Creado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

El primer paso para la realización de una simulación basada en elementos finitos, es construir una malla. La construcción de una buena malla es fundamental para conseguir una buena simulación con resultados fiables. Con la construcción de la malla se divide la estructura estudiada en elementos de pequeño tamaño, cuanto más densa sea, mejor serán los cálculos pero más tiempo consumirá. Pueden utilizarse tanto elementos rectangulares como triangulares, sin embargo los triangulares permiten definir mejor la geometría en las zonas curvas. Resulta interesante reducir el tamaño de los elementos en las zonas donde se espera una mayor concentración de tensiones (Conexiones, zonas mas débiles, etc) Estas zonas serán mas propensas al fallo y se quiere obtener mayor información sobre ellas. En la figura Figura 4.2 Se muestra la malla generada para la simulación.

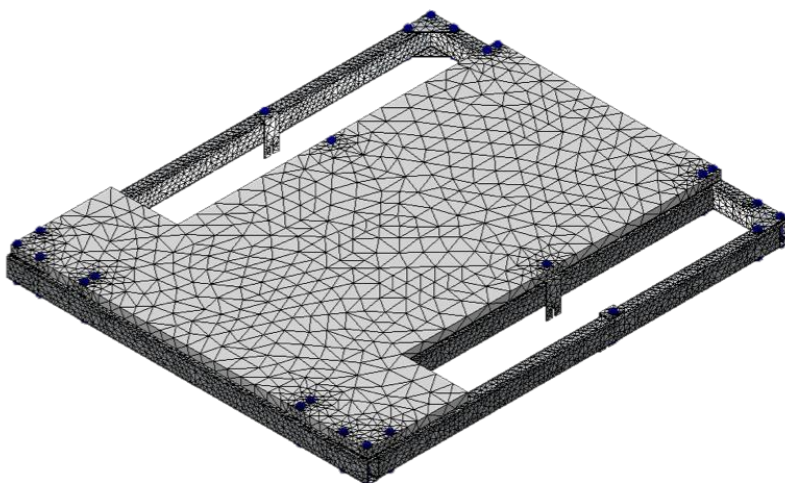


Figura 4.2. Malla - Creado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

El siguiente paso es establecer las condiciones de contorno. Se deben añadir los apoyos de tal forma que el bastidor se comporte igual que si el remolque estuviera completo. Se fijan las pletinas donde irán conectadas las ruedas y la parte delantera donde se conectará la barra. Al

mismo tiempo, se aplica una carga uniforme a todo el tablón. Para esta simulación se eligió un peso de 200 Kg equivalente a 1962N. A continuación se muestra la carga y las fijaciones.

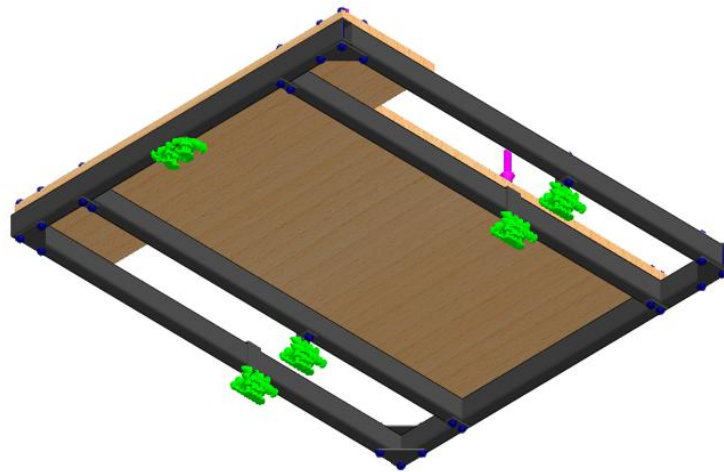


Figura 4.3. Fijaciones - Creado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

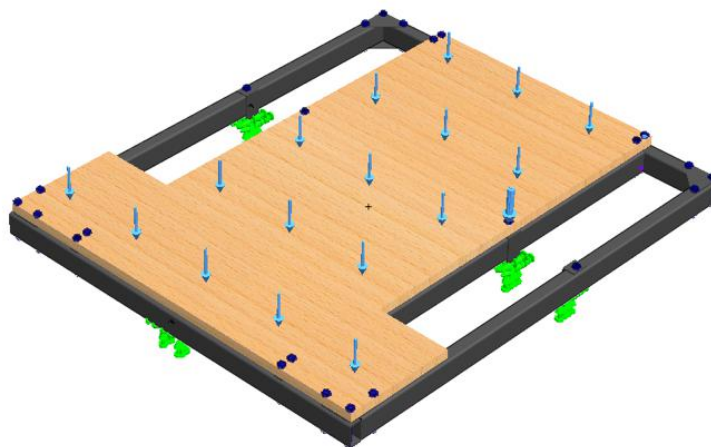


Figura 4.4. Cargas - Creado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

Por último, se deben definir los materiales de cada elemento. Como se ha comentado previamente, una de las mayores dificultades de este proyecto, reside en la adaptación a las posibilidades del lugar de implantación. Entre estas limitaciones se encuentra el uso de materiales abundantes y económicos. Para la simulación se han definido las pletinas y los perfiles como hierro dúctil (podría haberse elegido acero) y el tablón como madera de balsa.

Con la malla, las condiciones de contorno, las cargas y los materiales, se puede comenzar la simulación. En este momento se debe tener en cuenta que si los perfiles de hierro han sido modelados como vigas, pueden detectarse errores a la hora de definir la relaciones de no penetración entre el tablón y los perfiles. Cuando se trabaja con vigas, el software únicamente coloca dos nodos en los extremos del perfil y según la teoría de cálculo por elementos finitos, las cargas y las restricciones se aplican únicamente a los nodos. Para resolver este problema, resulta una buena solución indicar a SOLIDWORKS que trate las vigas como sólidos. Esta decisión no

afectará a los resultados aunque si incrementará el tiempo de simulación, ya que el número de nodos incrementa notablemente.

Siguiendo estos pasos y después del tiempo de simulación se obtienen los resultados. El software muestra por defecto el desplazamiento, la tensión de von Mises y la deformación. En la Figura 4.5 y en la Figura 4.6 se muestra el desplazamiento sufrido a escala real, debido a la carga especificada previamente.

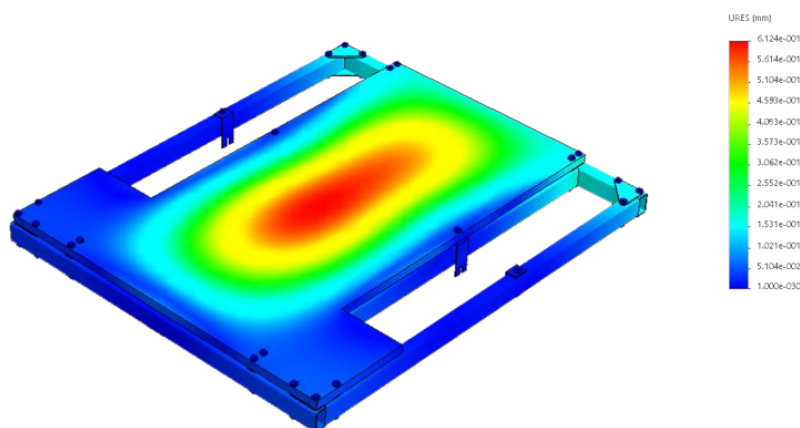


Figura 4.5. Desplazamiento vista frontal - Simulado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

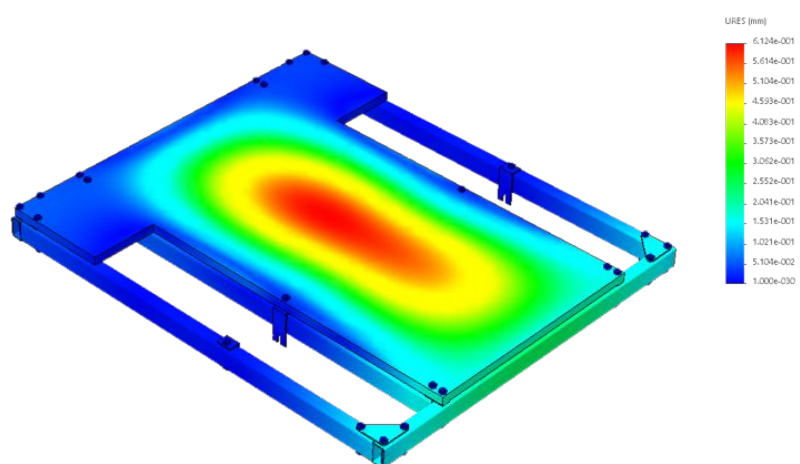


Figura 4.6. Desplazamiento vista trasera - Simulado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

Para ilustrar la forma hacia la que tenderá el desplazamiento y por lo tanto visualizar las zonas que más sufrirán de manera más obvia, se puede mostrar el resultado del análisis a diferente escala, exagerando el desplazamiento. En este caso se ha multiplicado por 159. Dando como resultado la Figura 4.7.

De estos gráficos se pueden obtener conclusiones muy positivas. El desplazamiento máximo, tiene lugar en la parte central del tablón como era de esperar ya que es la zona más alejada de los soportes. El desplazamiento en esta zona es de 0.6124 mm para la carga de diseño máxima. También resulta interesante destacar el comportamiento de la parte frontal y periférica, donde el desplazamiento es totalmente nulo. Se puede asegurar mediante este gráfico que el diseño es suficientemente robusto para la carga requerida.

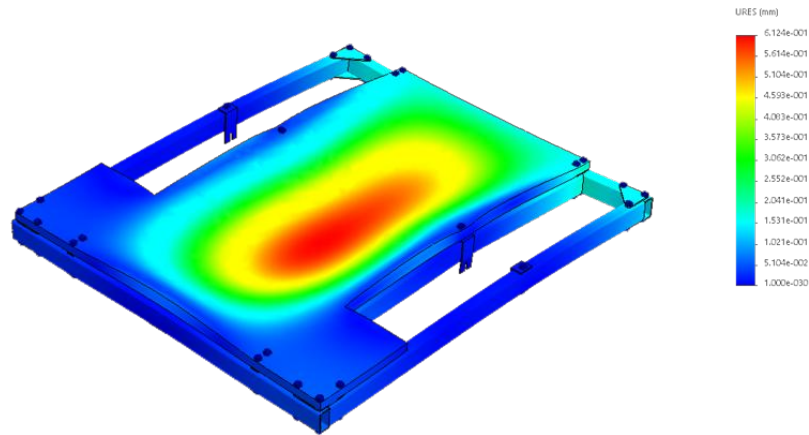


Figura 4.7. Desplazamiento x159 - Simulado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

En cuanto a la deformación, en la Figura 4.8 puede observarse la vista isométrica del resultado.

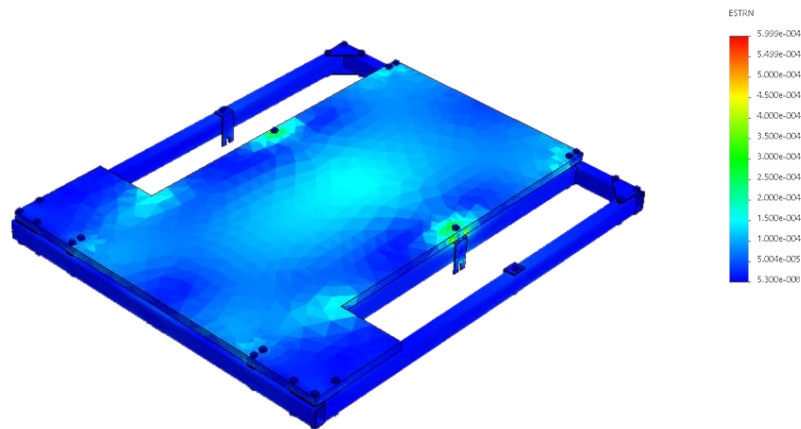


Figura 4.8. Deformación - Simulado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

Un punto clave de la simulación es el estudio de las tensiones en la estructura. La herramienta de simulación, genera el gráfico de tensiones por von Mises que se muestra en la Figura 4.9.

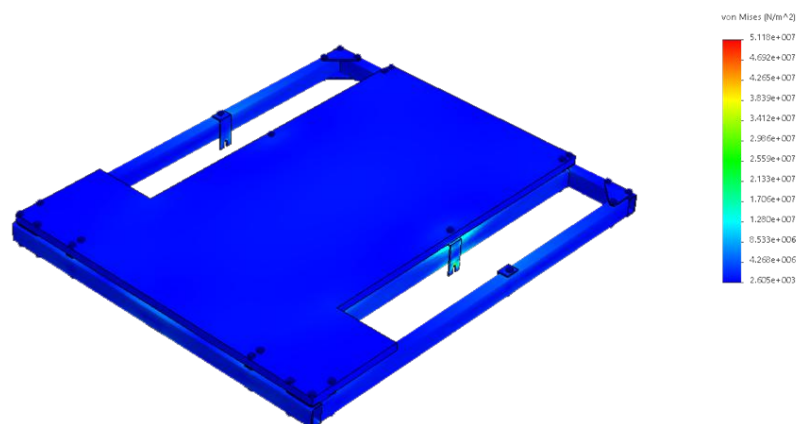


Figura 4.9. Gráfico de tensiones por von Mises - Simulado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

En la Figura 4.9 puede apreciarse como la tensión se mantiene bastante uniforme pero cabe destacar la pletina interior de conexión de la rueda.

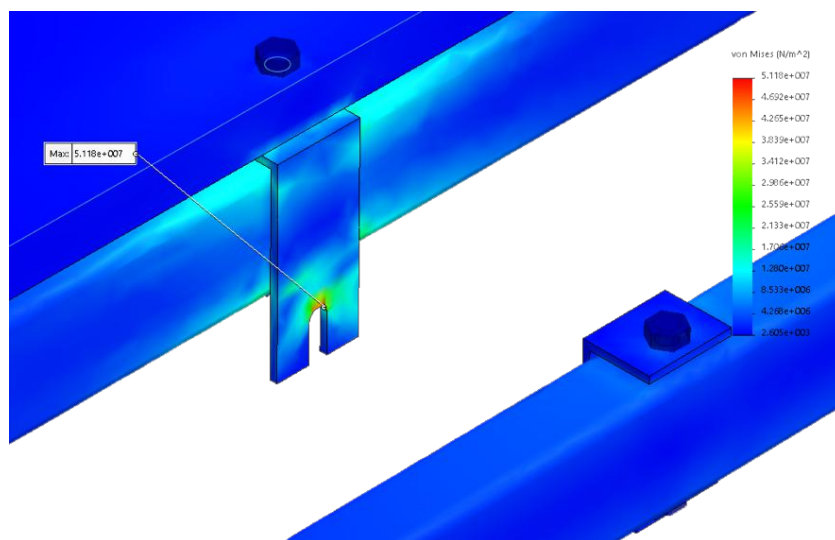


Figura 4.10. Detalle de la tensión máxima - Simulado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

Como puede verse en la Figura 4.10, el punto de concentración máxima de tensiones tiene lugar en en las pletinas interiores. En este punto se alcanza un valor de $5.118 \cdot 10^7$ N/m². Para poder obtener conclusiones de estos resultados, es necesario tener en cuenta las propiedades de los materiales ya que el valor de las tensiones, será muy elevado o aceptable en función del material y la estructura sobre la que se aplique.

Para obtener una visión de la resistencia real del conjunto y decidir si la estructura está sobredimensionada o si se necesita reforzar alguna zona, se genera el gráfico de factor de seguridad. Para este propósito se utiliza el criterio de seguridad de von Mises ya que se están empleado materiales dúctiles. Los valores del limite elástico para cada material son los de la Figura 4.11

Material	Limite elástico
Madera de balsa	$1,21 \cdot 10^7$ N/m ²
Hierro dúctil	$5,5149 \cdot 10^8$ N/m ²

Figura 4.11. Limite elástico de los materiales.

Fijando esto y teniendo en cuenta la tensión máxima de von Mises, el software calcula un factor de seguridad mínimo (Figura 4.12) en toda la estructura de:

Factor de seguridad mínimo	4,955
----------------------------	-------

Figura 4.12. Factor de seguridad mínimo.

Si se muestra el modelo de tal forma que las zonas que se encuentren por debajo de un factor de seguridad de 5 se marquen en rojo y las que se encuentren por encima, en verde. Se obtiene la Figura 4.13

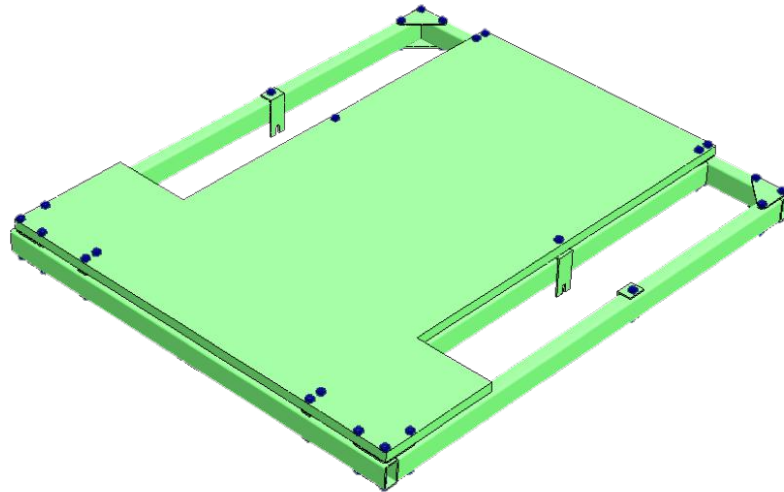


Figura 4.13. Gráfica de Factor de seguridad - Simulado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

Efectivamente, como era de esperar, todo el ensamblaje tiene un factor de seguridad por encima de 5. Con el objetivo de observar cuales serán los puntos mas críticos, donde el tráiler fallará primero se aumenta el mínimo factor de seguridad a 5,5. Con este cambio se obtiene la Figura 4.14

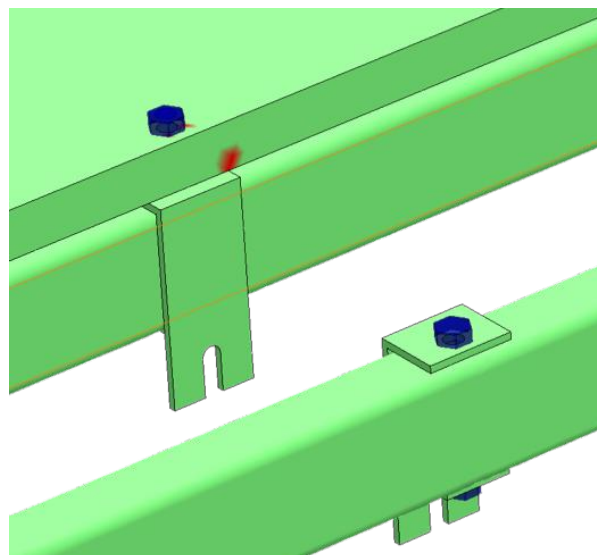


Figura 4.14. Detalle del Factor de seguridad mínimo - Simulado con SOLIDWORKS por Álvaro Otero.

Los puntos en rojo indican las regiones donde el factor de seguridad es menor. Cabe destacar que como se ha visto en el gráfico de la distribución de tensiones, éste no es el punto de máxima tensión. Sin embargo, el limite elástico del hierro es mayor que el de la madera, es lógico que el fallo se produzca antes en el tablón que en los perfiles o las pletinas.

Debe hacerse una mención aparte al análisis del factor de seguridad. La determinación de un factor de seguridad adecuado es algo crucial. Si el elegido es demasiado alto, la estructura estará sobredimensionada y se estará incrementando el peso y el coste sin mejorar las propiedades. Del mismo modo, si el factor es demasiado bajo, puede que la estructura falle inesperadamente. El rango de valores es muy amplio y se debe principalmente a la aplicación. Mientras que en aeronáutica se trabaja con factores de seguridad entre 1,5 y 2,5 en estructuras de acero para puentes se trabaja con valores entre 5 y 7. [10]

Otros de los factores que determinan el factor de seguridad, es por ejemplo, la exactitud del material. En industrias con mucho capital de inversión donde la calidad es fundamental (aeronáutica, vehículos de competición, etc) es muy probable que el material empleado sea idéntico al empleado durante la simulación y esto permite reducir el factor de seguridad. Otra consideración es la importancia del peso, cada gramo extra cuando hablamos de la industria aeroespacial supone un coste muy elevado. En estos casos se diseña muy al límite para evitar añadir peso. Por último un elemento condicionante en el diseño es la dureza de las condiciones climatológicas.

En el caso del producto que se está desarrollando en este proyecto, podría considerarse como una aplicación completamente opuesta a la aeroespacial en términos de factor de seguridad. Los materiales que se emplearán variarán continuamente y la producción tendrá que adaptarse a la disponibilidad y la capacidad económica de la zona. Aunque la simulación se haya realizado con un hierro con un determinado límite elástico, es muy probable que a la hora de la producción, no pueda conseguirse este material y haya que conformarse con un hierro de menor calidad. En la misma línea, la mayoría de los países africanos tienen un clima muy adverso, este es el caso de Mozambique, estos remolques pasarán mucho tiempo en el exterior donde la humedad y las altas temperaturas atacan duramente a los materiales. Las condiciones adversas reducen las propiedades de los materiales con el tiempo y por tanto su resistencia se ve afectada.

En cuanto a la producción de los tráilers se espera que sea llevada a cabo por operarios con escasa formación lo que fácilmente puede derivar en errores en la fabricación. Cualquier cambio en el montaje con respecto a la simulación supondrá una alteración de la resistencia estructural.

Por último, al tratarse de un elemento destinado al transporte de carga, resulta lógico pensar que el usuario tratará de transportar la máxima carga posible con el objetivo de optimizar su viaje. Es muy posible que el remolque se cargue con un peso superior al especificado, no solo por el motivo anterior, si no porque en general no es fácil determinar cual es el peso real de la carga que se está transportando.

Por todos los motivos anteriores, se considera que un factor de seguridad de aproximadamente 5, como el calculado mediante la simulación, es un valor adecuado.

Antes de concluir con este capítulo, quiere recordarse que el análisis aquí desarrollado es una estimación muy conservadora y que no pretende realizar una representación extremadamente veraz de la realidad. Como se ha comentado antes, este proyecto describe un proceso de fabricación con unos materiales recomendados pero al mismo tiempo se es muy consciente de que dependiendo del lugar de destino, los materiales deberán adaptarse a la disponibilidad. Por ello es probable que el comportamiento del producto final, varíe con respecto a la simulación.

Por último quiere hacerse una aclaración en cuanto al material usado para la placa soporte. En la simulación se ha empleado madera de balsa ya que su ligereza y notable resistencia, la hacen ideal para este propósito. Sin embargo, se es consciente de que no es una madera barata y abundante en muchos países (A excepción de Ecuador, líder mundial en exportaciones de madera de Balsa) y por tanto es muy probable que en la practica se utilice otro tipo de madera. Una de las opciones podría ser el pino, una madera mucho mas abundante y económica. El efecto que tendría en el remolque seria un notable incremento de peso, ya que la densidad de la madera de balsa es de 100-150 Kg/m³ y la del pino de 500-540 Kg/m³. En resumen el peso de la placa aumentaría entorno a 6 Kg y la resistencia seguiría siendo suficientemente buena.

5

Viabilidad económica

En este capítulo se analizan todos los recursos que serán necesarios para la producción del remolque y su coste.

5.1. Materiales necesarios y estimación de coste

Para la fabricación del remolque se necesitan una serie de recursos iniciales entre los que destacan los materiales. En la Sección 3.2 se explica como se han reducido todas las partes necesarias a sus formas más básicas y en el primer capítulo del Apéndice A se detallan los materiales y las piezas necesarias para empezar con la fabricación. A continuación se desglosa brevemente los recursos materiales necesarios:

Todas las medidas están dadas en milímetros

- Plancha de hierro: 469x420x3.
- Tabla de madera: 1100x945x20.
- 4 perfiles de hierro de sección rectangular (50x30x2,6) y longitud 1000.
- 2 perfiles de hierro de sección rectangular (50x30x2,6) y longitud 900.
- Tubo de hierro de sección (21,3x2,3) y longitud 1220.
- Plancha de un material ligero (p.ej: Polipropileno): 452x730x3

Gracias a la optimización de las piezas, resulta más sencillo realizar una estimación del coste que podría tener la materia prima y por consiguiente, un calculo del coste de gran parte del producto final. Sin embargo, debe recordarse que hasta este capítulo, el diseño y desarrollo de este remolque se ha hecho de forma genérica y sin especificar una región de implantación. Realizar una estimación genérica del coste, no tendría sentido, ya que los recursos disponibles en cada región del mundo son completamente diferentes y lo que en África es muy económico, puede que en Asia no lo sea. Por este motivo, la elección de los materiales deberá ser acorde a la disponibilidad del país, siempre dentro del marco propuesto en este proyecto.

En este capítulo, se propone una estimación de lo que podrían costar estos productos en Mozambique ya que como se desarrollará en el Capítulo 6 es una de las opciones que se han valorado para la aplicación del proyecto. Para realizar esta estimación se ha realizado una investigación y contactado con talleres locales, con el objetivo de obtener unos valores lo más reales posibles. Aun así, los precios se reducirían mucho en el momento en el que la producción se pusiera en marcha y el volumen de compra fuera mucho mayor, el precio de la primera unidad siempre es mucho más elevado. Tendiendo siempre en cuenta que el producto debe ser viable desde el punto de vista económico, no se puede olvidar que se trata de un proyecto de ayuda social y que por lo tanto no tiene un fin lucrativo sino de progreso y desarrollo.

Se comienza calculando lo que podría costar la placa soporte de madera. En los últimos años, el mercado maderero de Mozambique se encuentra inmerso en una crisis, debido a la inversión exterior, las explotaciones ilegales y la especulación. Aunque la cantidad de madera disponible se ha reducido notablemente, también se han puesto en marcha numerosos proyectos de replantación, especialmente de pinos. Actualmente aunque varía notablemente, el precio del metro cúbico de pino se encuentra entorno a 21.000 MT/m³ transformando esta cifra a euros, se obtiene un precio de 302€/m³ [11]. Las dimensiones del tablero son de 0,0208 m³ y por tanto el coste rondaría los 6,3€.

En cuanto a las barreras del remolque, se propone el uso de un material ligero ya que no necesitará soportar grandes cargas. Se propone una plancha de polipropileno celular, que con las medidas especificadas previamente, tendría un precio aproximado de 2,5€ [12].

Se tiene que evaluar el precio de las piezas de hierro. En este caso se ha contactado con un fabricante local que ha podido facilitar los precios de las piezas para acero [13]. El acero no está galvanizado y necesitaría una capa de pintura para protegerlo. Los precios están en “Rand sudafricano” :

- Plancha de 469x420x3: 621 Rand.
- 6 perfiles de sección rectangular (50x38x2,5) y longitud 1000: 6 x 11,16 Rand.
- Tubo de sección (21,3x2,3) y longitud 1220: 6 Rand

En total el coste de estas piezas asciende a 693,96 Rand que en euros serán aproximadamente 44 €.

Otros elementos importante del remolque son las ruedas. Para conseguir información acerca del precio que tienen en Mozambique, se ha contactado con el presidente y fundador de la empresa **Mozambikes** , Rui Mesquita [6]. El modelo de rueda que montan en sus bicicletas, pertenece a la marca KENDA, unas ruedas muy resistente ideales para terrenos difíciles [14]. Después de informarle sobre el proyecto de este trabajo, se obtuvo el precio que ellos como proveedores tienen:

- Llanta y radios: 12,36 USD.
- Cámara: 5,15 USD.
- Cubierta: 25,75 USD.

Sumando un total de: 43,26 USD que en euros supone un precio de 37,33 €

Teniendo en cuenta que normalmente los proveedores, cuentan con un beneficio de entorno al 50 % en los componentes, si se compraran directamente en fábrica, el precio se reduciría

hasta los 18,66 €. Comprándolas nuevas el precio de ambas ruedas sería de 37,33 €. Al mismo tiempo existe otra posibilidad y es que los remolques se fabriquen con ruedas de segunda mano. De esta forma, el coste sería aun menor y si necesitaran algún tipo de reparación previa, esto también podría ser parte de la formación técnica. En definitiva se estima, que ambas ruedas se montarían por un precio de 30 €.

Es necesario también realizar una estimación del coste de la tornillería. Para este cálculo, se realiza una media entre las medidas de los tornillos. Como todos los tornillos tienen el mismo diámetro y distinta longitud, se hace una media y se calcula como si todos los tornillos midieran lo mismo. La media es de 60 mm de longitud y tienen un diámetro de 8 mm. El tornillo elegido es “M8-1.25 x 60MM Metric Socket Head Cap Screws Stainless Steel Din 912” [15]. En total en el remolque hay 52 tornillos. De nuevo, hay que tener en cuenta que como en el caso de las ruedas, el precio que se obtiene es el precio con el margen de proveedor. Teniendo en cuenta que se comprara en fábrica y que se trata de un proyecto solidario, el precio por cada 10 tornillos, sería de 4,31 €. En total el coste en tornillería asciende a 22,41 €.

Para terminar con la estimación del coste, habría que tener en cuenta el coste de la mano de obra. A través de la pagina web WageIndicator [16], se calcula que el precio por hora de trabajo en la fabricación industrial, es de 0,46€/h. Teniendo en cuenta que el remolque podría tardar en fabricarse por una persona, 5 días con una jornada laboral de 8 horas, el coste sería de 18€aproximadamente.

Sumando todos los gastos, y sin tener en cuenta los costes de mantenimiento de la instalación, ya que dependerán mucho de donde decida fabricarse, el coste de producir el primer remolque sería aproximadamente de 123 €. Como se ha mencionado antes, esto es únicamente una estimación, centrando el cálculo en Mozambique. Existen muchos factores que pueden alterar mucho el precio. Distintos materiales, coste de la mano de obra, etc.

Cabe recalcar, que el precio de los 123 euros se ha calculado como si el remolque se produjera con un fin comercial. Sin embargo, el proyecto está enfocado a la formación y por tanto la mano de obra no sería un coste ya que sería tiempo de su enseñanza y por otro lado es muy probable que se llegara a acuerdos con los proveedores para obtener mejores precios, al tratarse de un proyecto social.

Sin embargo, se quiere recalcar que este capítulo, únicamente se ha realizado con el objetivo de dar una mayor coherencia al trabajo, ya que si después de todo el desarrollo se descubriera que su producción tiene un coste disparatado, el proyecto no tendría sentido. Aun así, el proyecto es una propuesta de cambio en la forma en que se realiza la ayuda humanitaria, es una propuesta de desarrollo y formación en los países más necesitados y como tal, no tiene animo de lucro. El mayor beneficio de este proyecto no es un balance positivo al sustraer los gastos a los ingresos, si no que el mayor beneficio reside en conseguir mejorar la vida de millones de personas, en establecer programas de formación eficaces y en fundar talleres locales sostenibles. Los programas sociales como el aquí descrito, siempre necesitan de ayuda, pero a diferencia de otros proyectos en los que el gasto es continuo, en este caso, únicamente sería necesario una ayuda inicial. Una vez puesto en marcha el proyecto, serán los propios talleres los que se sustenten por si mismo y los profesionales que salgan de los centros de formación, podrán vivir con su salario.

En conclusión, en este capítulo quiere dejarse claro que la viabilidad económica no es el fin último de este proyecto, pero si es un medio para que la implantación sea posible y que por tanto puedan obtenerse los objetivos propuestos.

6

Propuesta de aplicación

En este capítulo, se describirá una propuesta de proyecto mediante la cual podría llegar a implantarse el producto desarrollado en este trabajo. Se analizará un posible destino de implantación, se presentará una propuesta de marca y finalmente se describirá el modelo.

6.1. Propuesta de destino

Para poder analizar la viabilidad de un proyecto de una forma fiable, se hace necesario escoger un lugar de destino. En el caso de este proyecto, resulta si cabe más fundamental, ya que al buscar producirlo de forma íntegra en el país de destino, deben conocerse los materiales disponibles, la técnicas de fabricación que se dominan o las necesidades de las personas. Antes de emprender una aventura de esta magnitud se debe conocer las oportunidades que existen en el país, debe conocerse si existe una demanda real del producto y en general, debe tenerse una visión global de las dificultades que se van a tener que afrontar. Un buen estudio del mercado y de la zona de trabajo, permitirá hacer una estimación de lo viable o no que puede ser el proyecto.

Para esta primera propuesta, el destino elegido ha sido el país de Mozambique. La principal razón de esta decisión, ha sido la presencia de Joaquín Romero de Tejada en el destino. Como ya se ha comentado previamente, su experiencia en el terreno ha sido clave para la elección. Al mismo tiempo, él siempre se mostró optimista con este proyecto al tratarse de un país con una creciente presencia de la bicicleta y que se encuentra explorando nuevas formas de movilidad. Por estos motivos y por la ventaja que supone contar con una persona que pueda aportar información de primera mano, el país elegido para esta propuesta, es Mozambique.

Mozambique es un país situado en la costa suroeste de África, cuyas playas se encuentran directamente enfrentadas con la isla de Madagascar. La historia de este país en los últimos años se ha visto marcada por su dependencia de Portugal, país del cual fue colonia hasta 1975. La independencia de Portugal, estuvo liderada por el “Frente de Libertação de Moçambique; Frelimo” El conflicto armado, supuso el éxodo de más de cuatro millones de personas y más de un millón de víctimas debidas a las fuertes oleadas de violencia. Oficialmente el conflicto

terminó en 1992 pero sus consecuencias siguen muy presentes en el siglo veintiuno, debido a la tensión existente entre las fuerzas de oposición y el gobierno central. La capital del país es Maputo, es el centro financiero del país y cuenta con una población superior al millón de habitantes. La realidad de la capital, es muy diferente a la situación que se vive en otras ciudades importantes del país como Beira, Chimoio, Tete, Nacala o Quelimane. Sobre ésta última se hablará más adelante ya que en ella el transporte en bicicleta resulta muy popular y por este motivo resulta de especial interés para el proyecto. Mozambique es considerado un país agrícola, ya que más de cuatro quintos de la población, desempeña labores relacionadas con la agricultura o la ganadería y únicamente el 31 % vive en áreas urbanas. La mayoría de la población rural se organizó en asentamientos durante la época colonial, pero después de la independencia estos asentamientos empezaron a disolverse ya que en términos de beneficio agrícola, los asentamientos más dispersos resultan más rentables. [17]

En cuanto a la demografía, Mozambique es un país con una tasa de natalidad alta comparada con la media mundial, pero al mismo tiempo es uno de los países con la tasa de mortalidad infantil más alta del mundo. La esperanza de vida es muy baja y esto desemboca en una población muy joven. Mas de dos quintos no han cumplido los quince años y casi tres cuartos de la población se encuentra por debajo de los treinta. Puede verse más información en Figura 6.1.

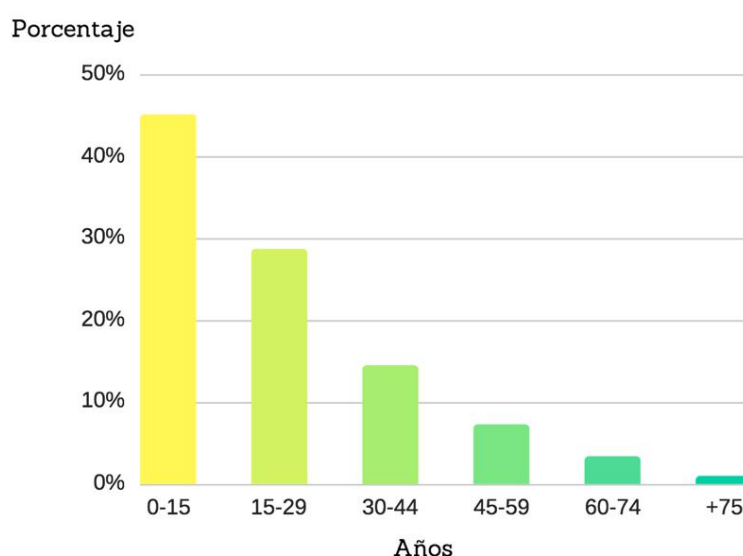


Figura 6.1. Gráfico relativo a la distribución de la edad en Mozambique.

En términos económicos y como se ha mencionado antes, el 80 % de la población se dedica a la agricultura. Sin embargo, las producciones suelen ser cultivos familiares y esto supone que la agricultura únicamente represente un quinto del Producto interior bruto. Desde el final del conflicto armado, algunos sectores que habían sido casi inexistentes, remontaron. Este es el caso de la explotación de recursos, la fundición de aluminio o la generación de electricidad. Dado los recursos de los que dispone, Mozambique debería ser el país sudafricano que más energía produjera y exportara. Resulta de especial interés para el proyecto la abundancia de recursos metálicos. Mozambique cuenta con reservas de hierro de alta calidad (Principal material del tráiler) lo que facilita la producción del remolque y refuerza la idea de una producción sostenible y autosuficiente. [18]

Volviendo a la presencia de la bicicleta en Mozambique y su continuo crecimiento, cabe destacar, que para la población local en general, esto es un símbolo del progreso y del desarrollo del país. En varias ocasiones, el presidente del país se ha referido al crecimiento del número de bicicletas, como un indicativo de la buena gestión del gobierno. Si bien es cierto que la bicicleta se está convirtiendo en uno de los principales transportes para los habitantes de este país, la situación es muy distinta del norte al sur. Como se ha comentado previamente, la ciudad de las bicicletas por excelencia, es la ciudad de Quelimane. [19] En Quelimane, y en general la región norte y central (Figura 6.2), los taxis-bici están acabando con los taxis motorizados y en Quelimane, son más comunes las aglomeraciones de bicicletas que de coches. No existe una explicación matemática en cuanto a la diferencia en la aceptación de las bicicletas de una región a otra del país, sin embargo hay varios factores que podrían justificarlo. En primer lugar, la región norte y central del país se caracteriza por su actividad rural y muchas personas han encontrado en la bicicleta el medio perfecto para desplazarse a los cultivos. En esta zona, existe una mayor pobreza que en el sur del país y es por ello que para mucha gente, comprar un coche, es un objetivo inalcanzable. En cambio, es posible hacerse con una bicicleta por un precio entorno a los 60 euros. Por último, las condiciones del terreno son ideales ya que aunque en la región de Maputo, tampoco existen muchas colinas, en la zona norte-central, el terreno es llano. Una condiciones de este tipo, resultan fundamentales para la implantación del remolque, ya que con una geografía montañosa, este producto perdería utilidad.



Figura 6.2. Mapa de Mozambique - Google Maps.

Por último, debe hacerse referencia un programa similar que se está llevando acabo en Mozambique y que podría convertirse en un complemento perfecto. Este proyecto se conoce como **“Mozambikes”** y se trata de una empresa social que busca ofrecer bicicletas de calidad a precios muy asequibles. Gracias a la colaboración con empresas que utilizan las bicicletas como un medio publicitario (Figura 6.3), consiguen venderlas (a precios muy reducidos) o donarlas a los mas desfavorecidos. A día de hoy, esta empresa cuenta con varios almacenes donde guardan las piezas que importan de China o India y donde posteriormente realizan el ensamblaje de

las bicicletas. La principal diferencia con la propuesta de este trabajo es la importación de piezas del extranjero. Sin embargo, el hecho de contar con unas instalaciones similares a las que se requerirían para este proyecto, permite ser optimistas con la posibilidad de llevarlo a cabo. [20]



Figura 6.3. Bicicleta de la empresa social Mozambikes - www.mozambikes.com.

6.2. Propuesta de marca

Durante todo el proyecto, se ha sido muy consciente de la importancia de cuidar la imagen. Se tuvo muy presente, que no era suficiente con diseñar un remolque de calidad, si no que había que mostrar al mundo que realmente era bueno. Por este motivo y para dar mayor coherencia a la propuesta de aplicación, decide hacerse un propuesta de marca.

Desde el primer momento se tuvo claro las dos ideas que tenían que estar presentes en la marca: Sencillez y cercanía con la comunidad mozambiqueña. Con la sencillez, se hace referencia al hilo conductor de todo el proyecto, simplificar al máximo posible, desprenderse de lo redundante y quedarse con lo realmente esencial. Desde el diseño hasta los manuales siempre se ha mantenido la limpieza y la claridad, en consecuencia, tanto el nombre de la marca como el logotipo, debían ser coherentes con ello. La segunda idea que se quería plasmar, era la cercanía con la comunidad mozambiqueña, es un proyecto que pretende ser sostenible por si mismo, autónomo y 100 % hecho por mozambiqueños para mozambiqueños. Es un proyecto de la gente y como tal, seria una incoherencia terrible que no se sintieran identificados con la marca. Se buscaba que de alguna manera quedara clara la diferencia con la ayuda humanitaria tradicional, evitando nombres que rápidamente se asociaran con países europeos. Se pretendía que cada vez que vieran el logotipo, la gente sintiera el proyecto como suyo y como un símbolo de su progreso y desarrollo.

Con estas directrices en mente, se puso en marcha la búsqueda de un nombre. Debía ser sencillo, preferiblemente una sola palabra, y debía transmitir algo familiar para los habitantes del país. Tras valorar varios nombres en ingles, con el propósito de hacerlo más internacional,

se descartó. Apenas se habla inglés en Mozambique y esto supondría una desconexión total con el pueblo. Finalmente se optó por que el nombre estuviera escrito en idioma macua. El idioma macua, es el la lengua indígena mas común en Mozambique. Más de cuatro millones de personas hablan macua, principalmente en el norte del país. Investigando sobre este idioma se descubre que hay una palabra por excelencia, que se repite constantemente cada día y que precisamente se trata del nombre elegido para el proyecto. Esta palabra es, **SALAMA**. Salama, es la palabra empleada cada día por millones de personas para saludar y dar los buenos días, a su vez, esta palabra significa paz en la lengua macua. Salama es una palabra que cada día resuena por los rincones de Mozambique y por tanto, es una palabra con la que identificarse y sentirla tuya. Al mismo tiempo, el utilizar la palabra paz en los tiempos tan convulsos que se viven, se convierte en un mensaje de reflexión. El progreso y el desarrollo de las comunidades más desfavorecidas, es inconcebible sin paz ni estabilidad.

Con el nombre definido, se buscaba completar la propuesta de marca con el logotipo y el *tagline*. De nuevo se optó por la sencillez. Líneas muy sencillas, ligeramente redondeadas para hacerlo mas cercano y un único color. Dado que el nombre no incluía ninguna referencia al remolque de carga, se creía conveniente mostrarlo de alguna manera en el logotipo. Siguiendo con la sencillez y el minimalismo, se buscó reproducir un remolque con formas geométricas básicas y el menor numero de líneas posibles. Por último y para transmitir la idea principal detrás de todo el proyecto se incluyó un *tagline* haciendo referencia al concepto de “Frugal innovation”. La frase “hacer más con menos” pero traducida al ingles para darle una mayor proyección internacional. El resultado final de este trabajo puede verse en la Figura 6.4.



Figura 6.4. Propuesta de logotipo - Creado con Adobe Illustrator por Álvaro Otero.

Una vez generado el logotipo del proyecto, se decide hacer unas pruebas. Hay que comprobar que la marca se comporta como se espera en distintas aplicaciones y en función de estas pruebas decidir si es la adecuada o se requieren modificaciones. Para realizar estas pruebas se han generado distintos “Mockups”.

En primer lugar se generó una primera versión de papelería corporativa, en la cual se ha intentado reducir el uso de tinta al máximo y utilizar materiales reciclados, buscado continuar en la línea de la sencillez y sobre todo con el objetivo de tener el menor impacto en el planeta. Este “Mockup” puede verse en la Figura 6.5.



Figura 6.5. Propuesta de papelería corporativa - Creado con Adobe Photoshop por Álvaro Otero.

Otro de los usos clásicos podrían ser los “Banners”. Este ejemplo de la Figura 6.6, podría mostrarse en alguna feria como material publicitario y en general en cualquier tipo de evento. Con este ejemplo también se quiere comprobar como se comporta el logotipo sobre una imagen.



Figura 6.6. Aplicación de marca sobre una imagen - Creado con Adobe Photoshop por Álvaro Otero.

La marca también debe lucir bien en exteriores y por ello se ha probado el logotipo en lo que podría ser el cartel de una pequeña oficina para atender a clientes o mantener reuniones con colaboradores. Al mismo tiempo, este cartel también podría colgar de la fachada del taller de fabricación y ensamblaje. (Figura 6.7.)



Figura 6.7. Aplicación de marca en exteriores - Creado con Adobe Photoshop por Álvaro Otero.

Por último, una de las aplicaciones más interesantes es la del propio remolque. Lógicamente el remolque en sí, no tiene un fin estético. Es por ello, que en el diseño del producto, únicamente se ha tenido en cuenta la facilidad para su fabricación y su utilidad. Sin embargo, el remolque también pretende ser un mensaje hacia el resto de gente que no conozca el proyecto y que quizás, el primer contacto que tenga con SALAMA sea el propio remolque. Las primeras impresiones son fundamentales y es por ello que se ha cuidado todo lo posible la estética del producto. En la Figura 6.8 y en la Figura 6.9 puede verse como luciría el logotipo en el tráiler.

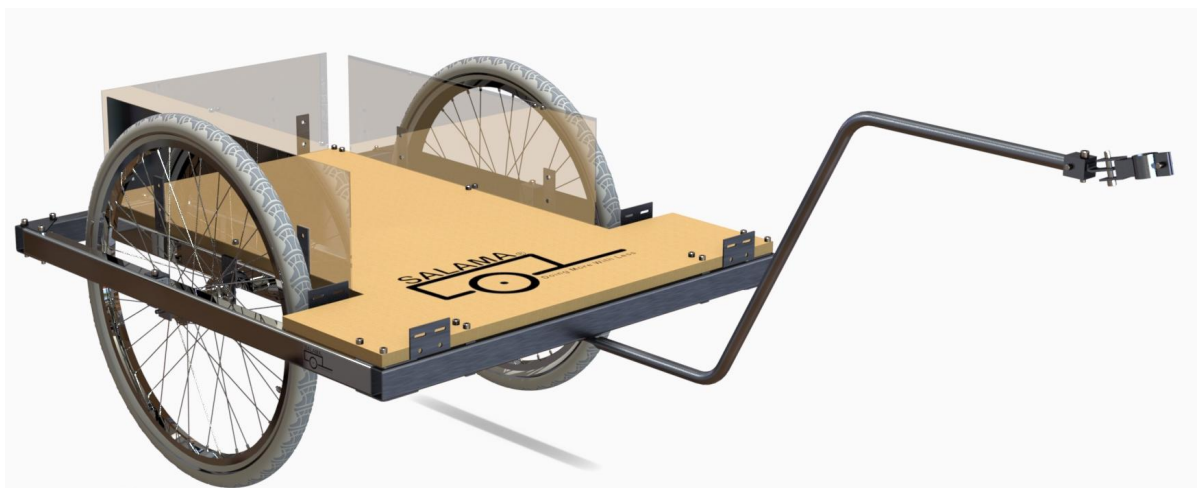


Figura 6.8. Aplicación de marca en el remolque - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

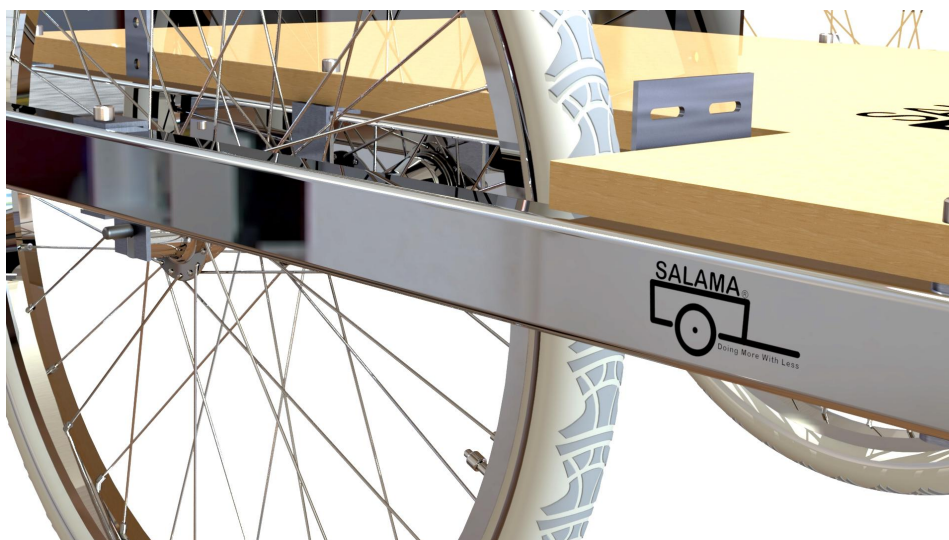


Figura 6.9. Detalle de la aplicación de marca en el remolque - Creado con SOLIDWORKS VISUALIZE por Álvaro Otero.

6.3. Propuesta de modelo

Durante los capítulos previos de este trabajo, se ha ido explicando el proceso de creación de un remolque de carga, orientado principalmente a las bicicletas. En el Capítulo 2 se ha descrito el proceso de diseño desde los primeros bocetos, hasta un modelo 3D completo. En el siguiente capítulo (Capítulo 3) se desarrolla el proceso de manufactura y finalmente se analiza la resistencia de la estructura en el Capítulo 4. En resumen, se ha realizado el desarrollo íntegro de un producto, que podría ser utilizado en multitud de situaciones y con propósitos muy diversos. Con el objetivo de que el trabajo no quede resumido únicamente al desarrollo técnico si no que se convierta en una propuesta integra de progreso para aquellos que más lo necesitan, se proponen unos modelos de implantación.

Se divisan varios escenarios futuros en los que el proyecto **SALAMA**, podría dar sus frutos.

El primero de todos y quizás el más viable a corto plazo, sería establecer una colaboración con una ONG que se encuentre actualmente desarrollando una labor activa en la zona. El mayor beneficio de esta propuesta, sería la facilidad de incorporación del proyecto ya que al contar con la experiencia y con la infraestructura, los tramites previos serían menores. Dentro de la ONG se habilitaría un grupo de trabajo encargado del proyecto que trataría de implementarlo siguiendo los tres procedimientos descritos en la Sección 3.1. Se recomienda al lector que lea con atención esta sección ya que en ella se describe como se pretende actuar en cada situación y las distintas líneas de progreso que se busca implantar mediante los manuales. Dependiendo de las necesidades y las posibilidades de la zona, se pondrán en marcha distintos proyectos. Como ya se ha comentando, colaborar con una ONG supone una gran ayuda, no solo en cuanto a la infraestructura y la logística, si no en cuanto a la aceptación por parte de los gobiernos y de los ciudadanos. En este tipo de proyectos es muy importante contar con la confianza de la gente y desgraciadamente, debido a los numerosos fraudes que han tenido lugar durante los últimos años, resulta complicado conseguir la confianza plena de la sociedad siendo un organismo nuevo. En estos casos, contar con el respaldo de una organización de renombre, facilita la integración. En contraposición a lo positivo de este modelo, existe la falta de autonomía al pertenecer a un organismo mayor. Lógicamente, el nivel de autonomía que pueda tener el

departamento orientado al proyecto **SALAMA**, dependerá de los acuerdos firmados y de la política de la ONG colaboradora. Sin embargo, siempre se deberá consultar cualquier cambio de rumbo y nunca se podrá ser totalmente responsable del futuro del proyecto.

En un segundo escenario, existe la opción de trabajar de forma independiente. Con esta vía de trabajo, la principal virtud es el control absoluto del proyecto. Las líneas de desarrollo y progreso, serían las mismas que en el caso anterior y de nuevo, pueden encontrarse en la Sección 3.1. La diferencia con colaborar con una ONG, radica en la necesidad de establecer desde cero, acuerdos con centros de formación, talleres locales o familias. Esto, supondría una carga de trabajo extra, pero al mismo tiempo permitiría tener total libertad de decisión en cuanto a los centros con los que se prefiere trabajar o la prioridad en las actividades que se quieran desempeñar. Al mismo tiempo, se seguiría de primera mano el proyecto y se podrían realizar mejoras, prácticamente al instante. En este tipo de proyectos de ayuda social, el factor humano es clave y el que alguien pueda transmitirte cara a cara que ha desarrollado un proyecto para ti, no tiene precio.

En el caso de que se decidiera continuar con la idea de implantar el proyecto de forma independiente, éste se convertiría en el primer paso de una organización orientada a la innovación frugal o mejor conocida por su termino en inglés “Frugal Innovation”. Durante la realización del trabajo, se empezó a vislumbrar una nueva forma de ayuda social que podía tener un recorrido ilimitado. Se empezó a mirar mas allá del diseño de un remolque de carga y empezó a plantearse la siguiente pregunta, ¿Por qué si se ha podido diseñar un remolque que puede fabricarse íntegramente por personas y materiales locales, no puede realizarse el mismo proceso para las miles de necesidades que existen en muchos países? Esta organización buscaría, reducir con cada uno de sus proyectos la dependencia de los países más pobres de los países mas ricos, dependencia que día tras día aumenta la brecha existente entre ricos y pobres. Animarles y enseñarles a auto gestionar sus recursos, y no necesitar de ayuda exterior para poder desempeñar tareas básicas. Estos proyectos destacarían por su versatilidad y por abarcar múltiples campos. Podrían ir desde el diseño de un sistema sencillo de bombeo para obtener agua y transportarlo a poblaciones aisladas, hasta un programa de formación de profesores que permita que millones de niños puedan recibir una educación digna durante toda su infancia. Con este último ejemplo, se vuelve a la frase mencionada en la introducción “Dale un pez a un hombre y comerá un día, enséñale a pescar y comerá siempre” a día de hoy, existen programas de voluntariado en los que profesores europeos, imparten clases durante los tres meses de verano. Sin embargo, cuando el verano termina, esos niños no pueden continuar con su educación. ¿No resultaría mas interesante formar a profesores locales que posteriormente, pudieran formar a los niños durante toda su educación?

Estos proyectos son retos muy complicados y en ocasiones aparentemente utópicos. Sin embargo, como dijo Steve Jobs: “Las personas que están lo suficientemente locos como para pensar que pueden cambiar el mundo, son los que lo hacen”

Conclusiones y propuestas de futuro

En este capítulo, se revisarán los objetivos presentados en la Sección 1.4 y se propondrán futuras mejoras y actuaciones

7.1. Conclusiones

Como se ha explicado al principio de este trabajo en la sección dedicada a la motivación (Sección 1.2), el proyecto nace desde la ilusión y desde el deseo de construir una sociedad más justa. Estas frases que parecen utópicas, nunca lo fueron en este proyecto y han sido el motor para superar las mayores dificultades. Objetivos difíciles, normalmente requieren soluciones difíciles y en este caso la dificultad no era una cuestión técnica si no el desconocimiento sobre las comunidades de destino. Resulta muy complicado diseñar algo que va a ser utilizado en una situación totalmente distinta a la que se vive diariamente en España. Cosas que aquí se dan por hecho allí son impensables y debe tenerse mucho cuidado con esto, ya que un mal estudio de las condiciones existentes, puede suponer el fracaso absoluto del proyecto. Con un buen trabajo de investigación, previo al proceso de diseño, se consiguió reducir el número de factores imprevisibles y por tanto reducir la incertidumbre. Con conocimiento de causa, se fijaron unos objetivos con un alto porcentaje de viabilidad y se establecieron los pasos a seguir.

Una vez concluido el trabajo, es momento de recapitular, revisar los objetivos fijados en un principio y hacer balance.

El primer objetivo que debía cumplirse antes de poder proceder con el resto, era la **realización del diseño integro de un remolque de carga**. Aunque el impacto del proyecto no se limitara únicamente a un buen producto, conseguir un buen producto era una condición sine qua non. Encontrar la sintonía entre el diseño que se quería implementar y las duras restricciones, ha supuesto un gran desafío. Se ha tenido que renunciar a diseños que resultaban más interesantes desde el punto de vista de la ingeniería, pero se ha puesto mucho esfuerzo en recordar una y otra vez el propósito y el motivo por el que se estaba haciendo este proyecto,

ayudar a la gente. Con humildad, ingenio y mucho trabajo se consiguió terminar el diseño de la primera versión y gracias al programa SOLIDWORKS VISUALIZE 2017 se puede ofrecer una visualización muy realista de lo que sería el producto. Figura 2.23

Con el primer objetivo completado, se pasó a **evaluar la resistencia del diseño** y en consecuencia la calidad y la viabilidad de ese modelo. Este tramo del proyecto recoge la parte con la mayor dificultad técnica y ha permitido realizar una estimación de la carga que podría llegar a transportarse en el remolque, sin riesgo de fallo. Todo el desarrollo del estudio estructural puede encontrarse en el Capítulo 4.

Una vez completado el diseño y simulado la estructura, se puso en marcha la elaboración del resultado final de este trabajo, los manuales. Aunque la **creación de los manuales** no es posible sin todo el trabajo previo, los dos manuales suponen el objetivo principal del proyecto. Gracias al trabajo de diseño y análisis, se consigue elaborar dos manuales que permitan de la manera más sencilla posible, fabricar un remolque completo. Este objetivo se completó con creces, lo que en un principio pretendía ser un versión sencilla, se ha convertido en dos manuales con una apariencia completamente comercial y profesional. Pueden encontrarse adjuntos en el Apéndice A y en el Apéndice B.

Con las tres tareas anteriores se podría dar por concluido lo que sería el proyecto de creación de un remolque de carga. Hasta este punto, se podría fabricar este producto en casi cualquier lugar del mundo y casi por cualquier persona, con una pequeña preparación. Sin embargo se quería ir más allá. Como ya se ha comentado anteriormente, la dimensión con la que se concibe este concepto de “Frugal Innovation” va más allá de un producto, busca generar progreso a través de un producto. Por este motivo en el Capítulo 6 se plantea una posible implantación de este sistema, con su respectiva marca y su modelo. De nuevo, en este apartado se ha ido más lejos de lo que se planteaba en un inicio. Se ha investigado y analizado la posibilidad de a partir de este proyecto crear una organización que abarque más ámbitos de la sociedad, siendo el remolque el primer proyecto. Este nuevo concepto puede leerse en la Sección 6.3.

Por último, aunque no se encontraba inicialmente en los objetivos, se decidió realizar una estimación de la viabilidad económica. Como ya se ha destacado en este apartado, no es un proyecto en el que la viabilidad económica sea algo primordial ya que no existe interés por el beneficio. En todo momento se ha pensado en ello como una forma de ayuda humanitaria, una actividad solidaria, las cuales nunca tienen ánimo de lucro. Sin embargo, si que resulta muy interesante realizar una estimación de cual podría ser el coste del producto para poder calcular como de rentable podría ser su producción para los talleres locales.

En definitiva, este trabajo es el resultado del esfuerzo movido por la pasión y las ganas de poner al servicio de los que menos tienen, los conocimientos que se ha tenido el lujo de adquirir. Es un proyecto en el que nunca se ha dado nada por hecho, en el que se ha cuestionado todo lo mundialmente aceptado y en el que siempre se ha intentado encontrar otra forma más sencilla de hacer las cosas. Nunca se ha tenido miedo a aprender nuevos *Softwares* que se sabía que mejorarían la calidad del proyecto, a sabiendas de que supondría un gran esfuerzo.

Las ganas de aprender y sobre todo de crear valor con tu trabajo, han conseguido que lo que podría haber sido un mero trámite, puede ahora convertirse en el punto de partida para una nueva forma de colaboración social.

7.2. Propuestas de futuro

En la Sección 7.1 se han explicado los logros conseguidos y como se han ido cumpliendo los objetivos propuestos al inicio. Sin embargo, dada la condición del proyecto y la visión que tiene detrás, no puede considerarse un proyecto totalmente terminado si no que es un proyecto en constante desarrollo. Por este motivo, a continuación se describirán una serie de opciones que deberán considerarse en el futuro para que tomando este trabajo como punto de partida, se consiga un proyecto mas completo y útil, que al fin y al cabo es el principal objetivo.

Desde el punto de vista técnico, el remolque ha pasado por un exhaustivo proceso de diseño (Capítulo 2) en el que se han ido sucediendo importantes cambios y decisiones que han dado como resultado la primera versión del producto, Figura 2.23. Aunque el proceso de diseño demuestra que ninguna de las decisiones se ha tomado de manera arbitraria, se trata de una primera versión. Dado el desconocimiento integro de como se trabaja en el lugar de destino, los materiales exactos disponibles y demás parámetros que no se pueden predecir desde la distancia, se ha realizado un modelo conservador y con margen de optimización.

La primera propuesta de futuro, estaría dirigida a la **optimización y a la reducción del peso del producto**. Si como cabe esperar, una vez fabricada la primera unidad, se considera que está sobredimensionada y que por lo tanto puede transportar mucho más peso del que se va a poder transportar en una bicicleta, se pondrá en marcha un proceso de rediseño. Es probable que el grosor empleado para las pletinas pueda reducirse o que incluso pueda eliminarse alguna pieza. Sin embargo esta optimización no debe ponerse en marcha sin haber realizado una comprobación empírica con un remolque fabricado íntegramente en destino y bajo las condiciones en las que se espera que se fabrique. Solo así podrá calcularse si efectivamente el diseño está sobredimensionado.

Continuando con la parte técnica, un detalle en el que se podría seguir investigando, es la conexión entre el remolque y el medio de tracción. En este trabajo se ha diseñado una articulación para conectar el remolque a una bicicleta, Figura 2.19 y del mismo modo que antes, se ha diseñado partiendo de la base de que no es posible conseguir elementos más complejos que pletinas de hierro. Diseñar para el peor de los casos, permite que si en un futuro las condiciones son más favorables, el resultado obtenido será aun mejor. Teniendo tantas restricciones de recursos, se ha conseguido realizar una articulación óptima, pero con vista a futuro y una vez instalados en el destino, se propone **estudiar la posibilidad e incluir una pequeña rotula** como la mostrada en la Figura 7.1. Como ocurría en la primera propuesta, las modificaciones serán viables si una vez en destino las condiciones lo permiten. También seria interesante evaluar que medios de tracción se utilizan en destino y diseñar un enganche acorde con el vehículo, el animal o incluso para poder transportarlo a pie.

En referencia a la propuesta de aplicación y en concreto a los manuales, hay que tener claro un posible problema. Los manuales están pensados para ser usados por personas con poca preparación técnica, pero han sido diseñados desde una formación ingenieril. Es por ello, que aunque se han cuidado todos los detalles y se ha consultado a gente con experiencia, parece crucial como propuesta de futuro, **hacer una encuesta in situ**. De esta forma, podrá confirmarse que los manuales cumplen su función y podrán corregirse aquellas partes que no queden claras. Al fin y al cabo es un producto con un objetivo muy claro, guiar al usuario por un proceso de fabricación y montaje de manera sencilla y eficaz. Sin duda la mejor forma de conseguir esto, es escuchar a las propias personas que en un futuro serán los usuarios.



Figura 7.1. Articulación simple con rotula.

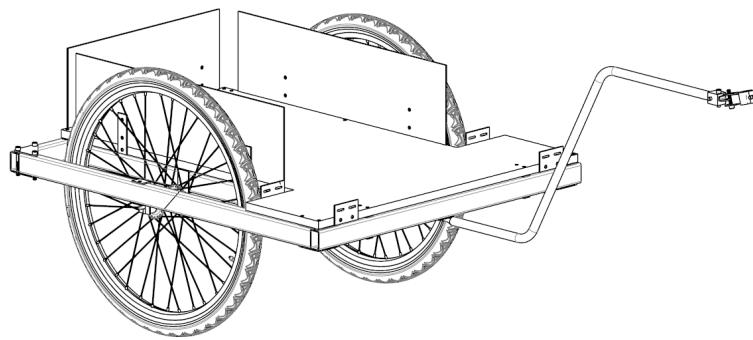


Manual de fabricacion

En este anexo, puede encontrarse el manual de fabricación del remolque de carga. En su formato comercial, se imprimirá cada pagina en formato A4, orientación horizontal.

SALAMA

MANUAL DE FABRICACIÓN



Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador



ESPAÑOL

CONTENIDO

1. ADVERTENCIA	3
2. SEGURIDAD	3
3. DESCRIPCIÓN	4
4. RECURSOS INICIALES	5
5. FABRICACIÓN	9
6. CONTROL DE CALIDAD	29

1. ADVERTENCIA

- El proceso de fabricación desarrollado en este manual, únicamente debe llevarse a cabo con la autorización previa de un responsable de la entidad creadora **SALAMA®**
- Los procesos aquí descritos, implican tareas de riesgo por lo que deben ser desarrolladas siempre en un entorno seguro y con las medidas de seguridad pertinentes.
- El usuario de este manual, debe respetar el orden en el que se ha descrito cada proceso. Cualquier alteración en la secuencia puede suponer que el resultado no sea satisfactorio
- Este manual se concibe como un documento didáctico con el que facilitar el aprendizaje. Por ello, es posible que en ocasiones las notaciones o indicaciones de los planos se simplifiquen con respecto a la notación clásica

2. SEGURIDAD

- El usuario de este manual, se responsabilizará de cualquier percance acontecido, a consecuencia de no respetar las indicaciones que aquí se aportan

3. DESCRIPCIÓN

En estas paginas se explicará, de que forma obtener todas las piezas necesarias para la produccion del remolque **SALAMA®**.

El objetivo de este proyecto es el de colaborar en el desarrollo de las comunidades más necesitadas, a la vez que se genera un producto sostenible desde todos los puntos de vista. Con la palabra sostenible, se hace referencia a la idea de conseguir que éste producto, pueda ser producido íntegramente en el país de destino, sin necesidad de importar materiales y fabricado íntegramente por individuos locales.

Con esta búsqueda en mente, se han simplificado al máximo las tareas de fabricación y se han utilizado materias primas abundantes en el país de destino.

Sostenibilidad también significa hacer un mejor uso de los recursos y es por ello que se ha buscado optimizar cada paso a seguir en la fabricación. El ejemplo más representativo de ésta optimización, es la plancha de hierro inicial, de la que se obtienen todas las piezas de hierro necesarias. Se ha diseñado la plancha de tal forma que el material pueda aprovecharse al máximo. En cada detalle de este producto, puede observarse el hilo conductor que ha guiado **SALAMA®**:

"Hacer más, con menos"

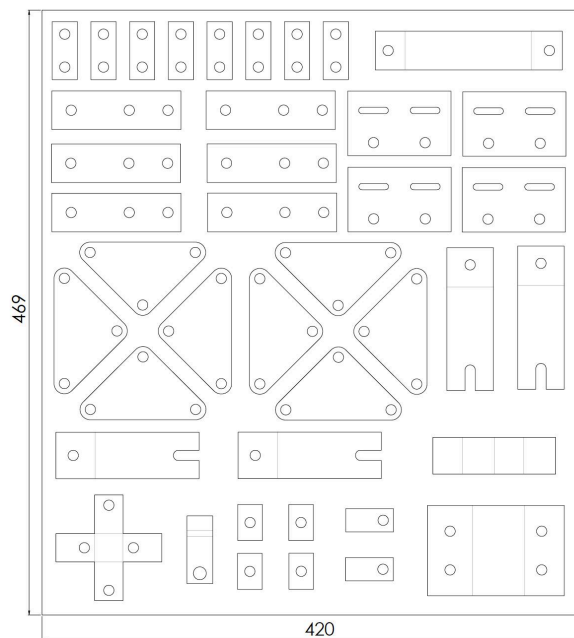
SALAMA®
28015 Madrid
España

4

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

4. RECURSOS INICIALES

Piezas de hierro

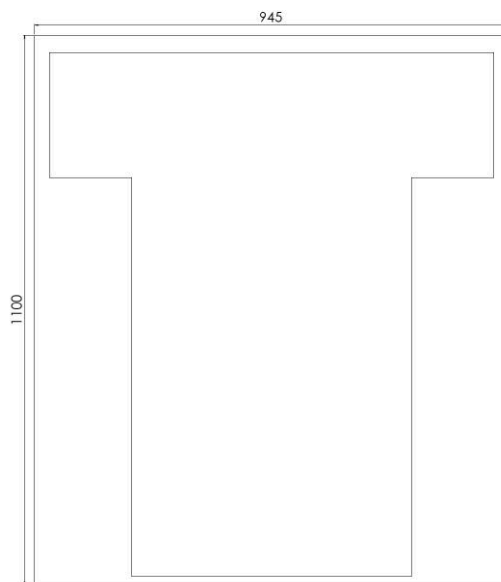


Placha de hierro: 469x420x3 (mm)
Las líneas en gris, indican la la zona por la que habrá que doblar la pieza, una vez cortada.
El angulo de doblado y la forma definitiva de cada pieza se mostrarán en el apartado de fabricación

5

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Placa soporte de madera

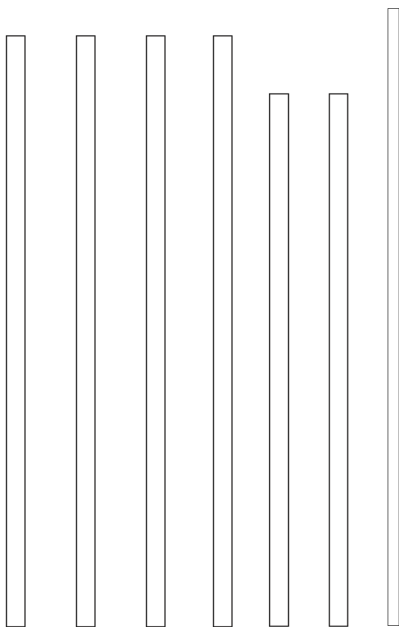


- Tabla de madera: 1100x945x20 (mm)
- El lugar y las dimensiones de los taladros se especificarán en el apartado de fabricación
- Se requerirá un tratamiento posterior contra los daños causados por las condiciones meteorológicas. Este tratamiento también mejorará el acabado superficial y lo protegerá contra el desgaste

6

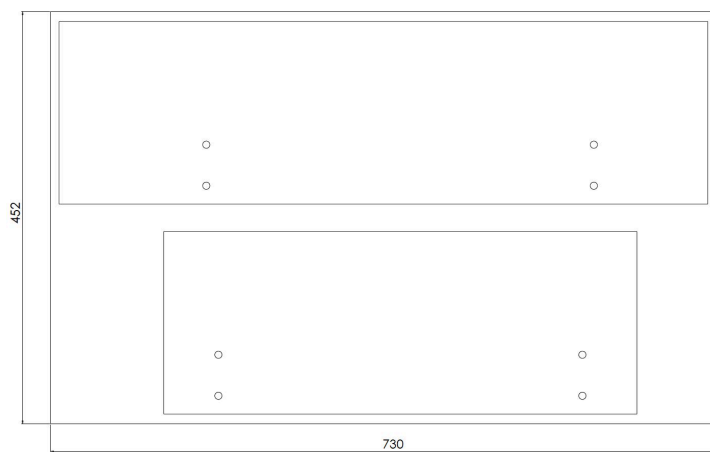
Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Perfiles y tubos de hierro



- 4x Perfil de hierro de sección rectangular: 50x30x2,6 (mm) y longitud: 1000 (mm)
- 2x Perfil de hierro de sección rectangular: 50x30x2,6 (mm) y longitud: 900 (mm)
- Tubo de hierro de sección: 21,3x2,3 (mm) y longitud: 1220 (mm)

Barreras



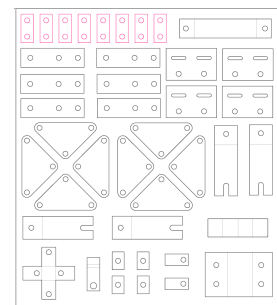
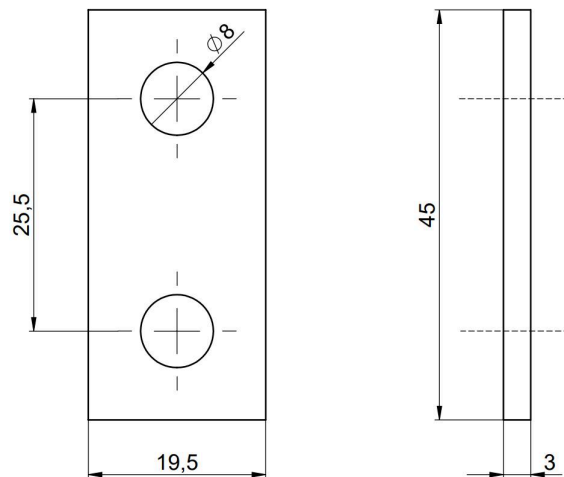
- Plancha de un material ligero, disponible en destino: 452x730x3 (mm)

8

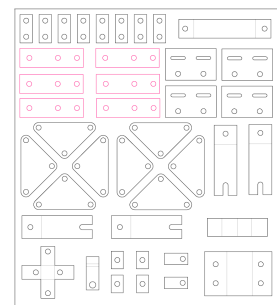
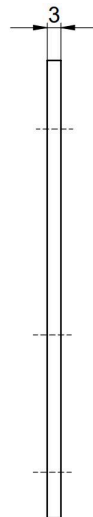
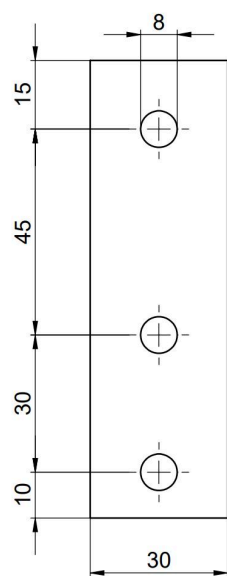
Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

5. FABRICACIÓN

Pletina de unión



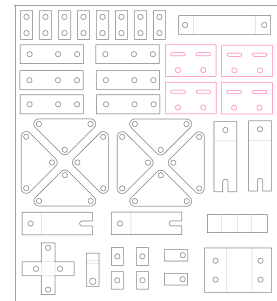
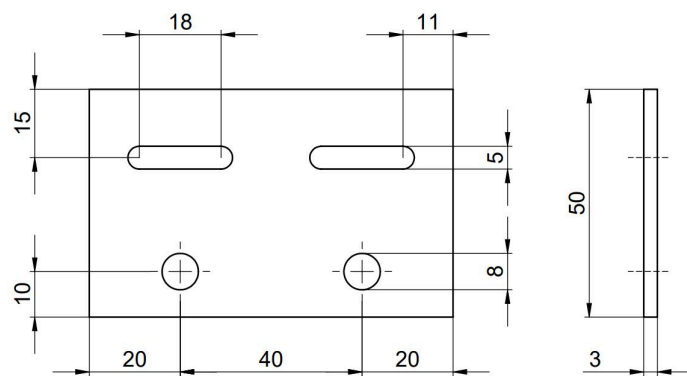
Apoyo brandillas



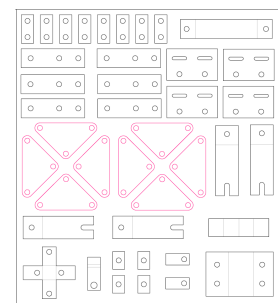
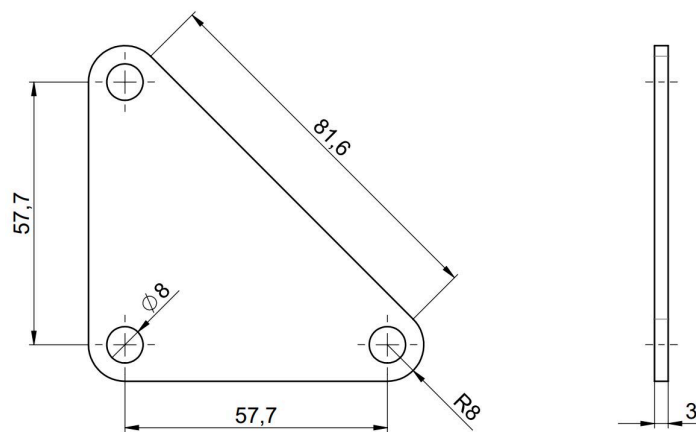
10

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Enganche para cuerdas



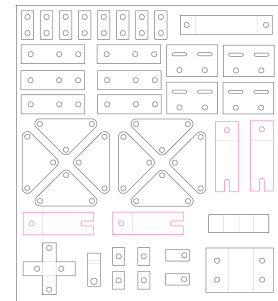
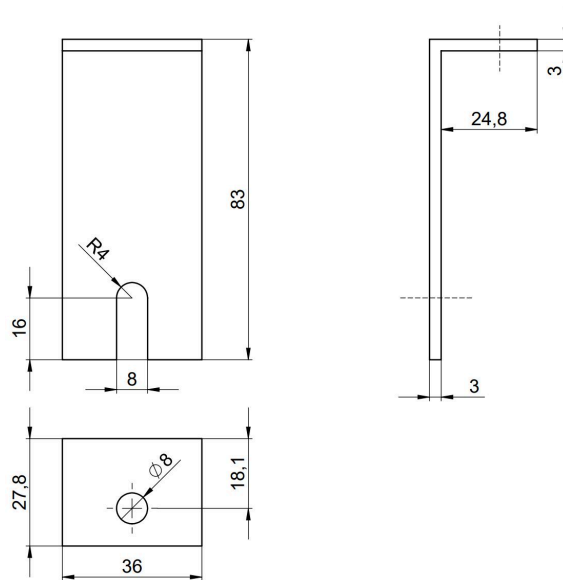
Triángulos



12

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Pletina de rueda

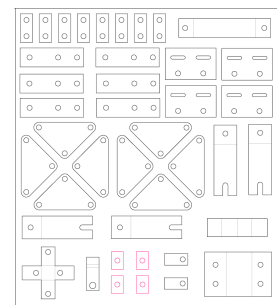
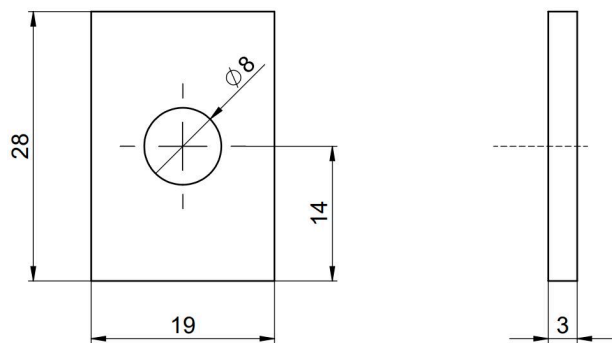


Para la obtención de ésta pieza, aparte de la operación de corte es necesario una operación de doblado en 90 grados. Una vez obtenida la pieza plana, se doblará por la línea marcada en gris en el recortable. Se recomienda hacer los taladros antes del doblado.

13

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

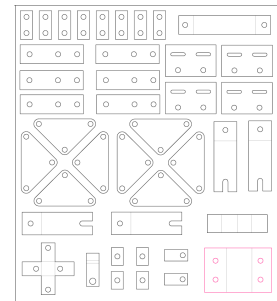
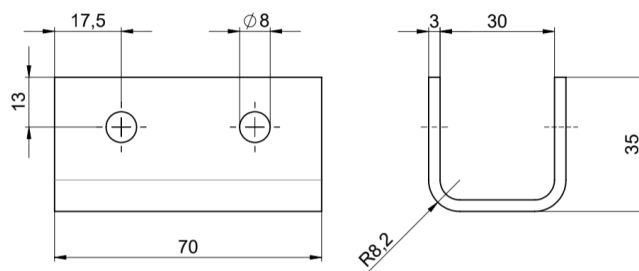
Refuerzo rueda



14

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Pletina Barra

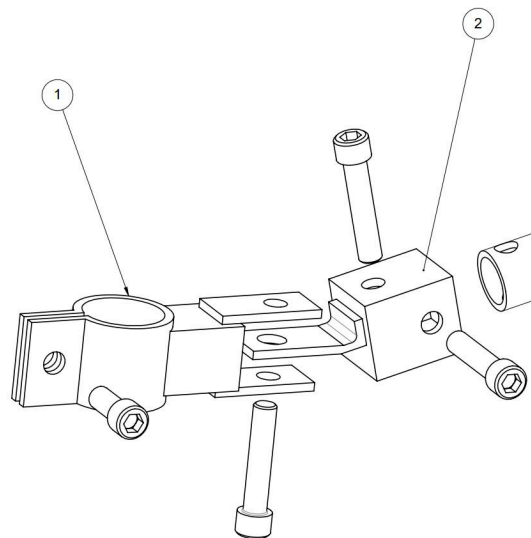


Para la obtención de esta pieza, aparte de la operación de corte es necesario una operación de doblado en 90 grados. Una vez obtenida la pieza plana, se doblará por las líneas marcadas en gris en el recortable. Al final del proceso, se obtendrá la pieza en forma de U. Los taladros deben realizarse, previamente al doblado.

15

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Articulación

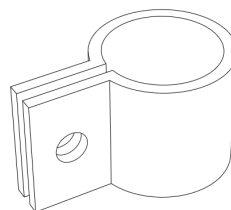
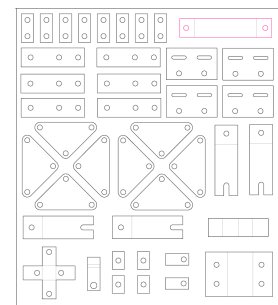


Como se muestra en la figura, la articulación está formada por dos piezas. A su vez, estas dos piezas están formadas por otras piezas que se obtienen de la plancha recortable. Primero, se indicará como obtener la pieza 1 y posteriormente como obtener la pieza 2

16

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Articulación - Pieza 1.1

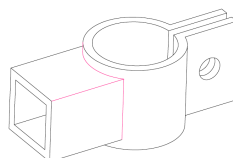
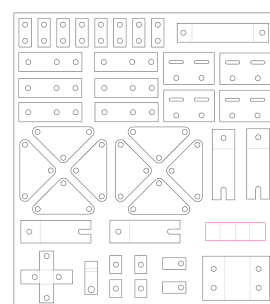
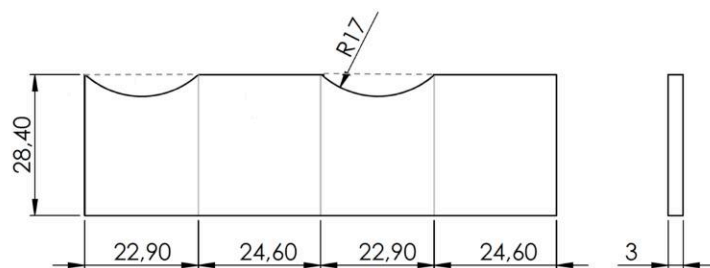


Para la obtención de esta pieza, aparte de la operación de corte es necesario una operación de doblado. La pieza 1.1 irá conectada a la tija, por lo que la parte central comprendida entre las dos líneas grises, deberá doblarse en forma de tubo, como indica la figura 3D. Los taladros deberán quedar posicionados de forma concéntrica.

17

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Articulación - Pieza 1.2

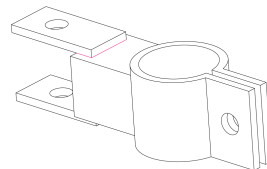
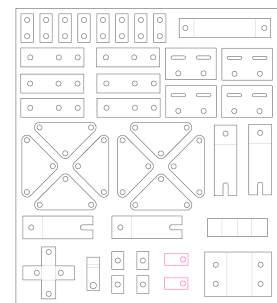
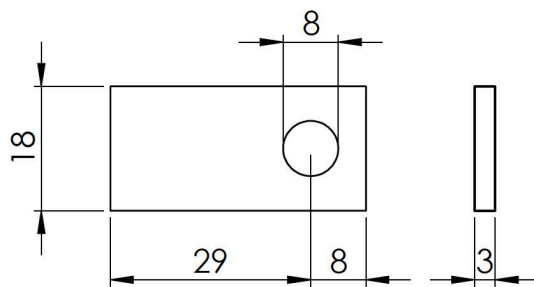


Para la obtención de esta pieza, aparte de la operación de corte es necesario una operación de doblado. La pieza 1.2 después de la operación de doblado, formará un prisma, como indica la figura 3D. Para consolidar la forma prismática, se aplicará un cordón de soldadura para unir los extremos. Para facilitar la soldadura a la pieza 1.1, la pieza se recortará con un radio de 17 mm como se indica en el plano, antes del doblado. Las líneas marcadas en color, indican los cordones de soldadura.

18

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Articulación - Pieza 1.3

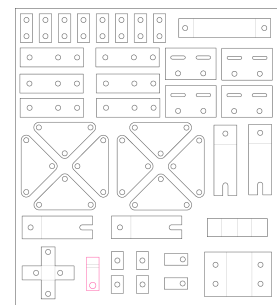
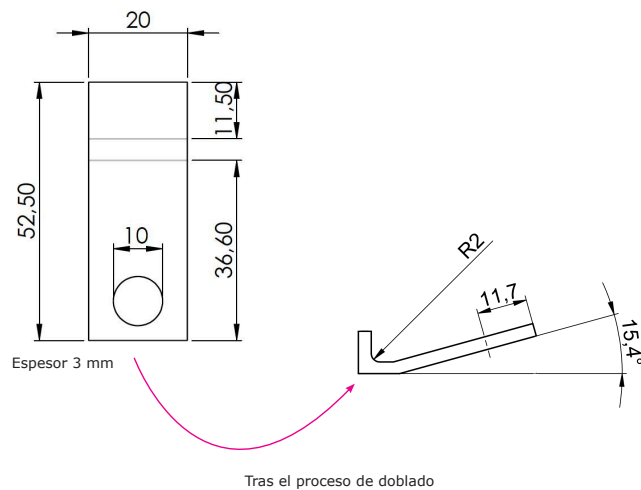


La pieza 1.3 completa la pieza 1 de la articulación. Estas dos pletinas se soldarán a la pieza 1.2 como indican las líneas marcadas en color.

19

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Articulación - Pieza 2.1

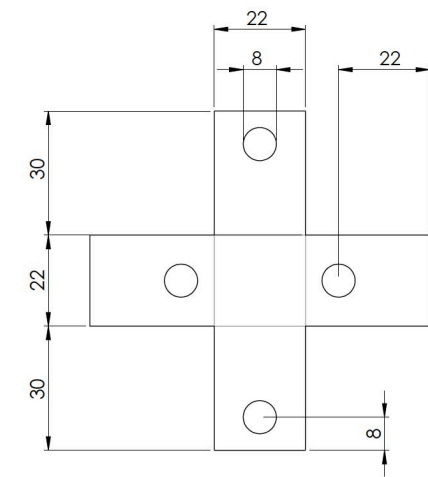


La pieza 2.1 requiere una operación de doblado más cuidadosa. Con este determinado ángulo, se consigue corregir la inclinación que normalmente presentan las tijas de las bicicletas y permite que la pieza 2.1 sea paralela a la pieza 1.3. De esta forma, los taladros de ambas piezas serán concéntricos y aprovecharemos al máximo la articulación.

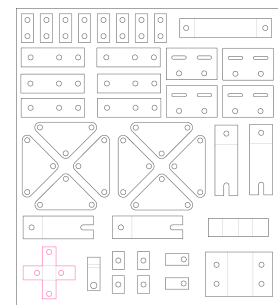
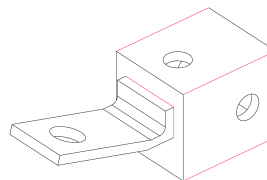
20

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Articulación - Pieza 2.2



Espesor 3 mm

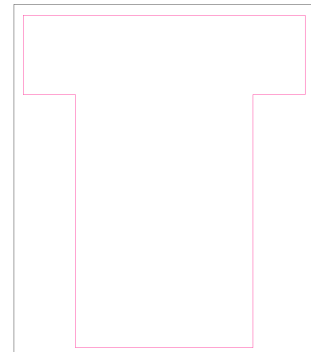
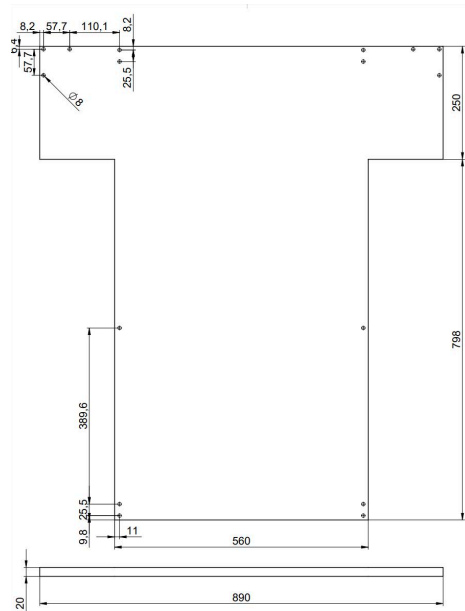


La forma final de la pieza 2.2 se obtiene mediante 4 operaciones de doblado en 90 grados. La pieza se doblará por las líneas marcadas en color gris. Una vez se consiga la forma prismática, se aplicarán cordones de soldadura entre las caras, para consolidar la pieza. Estos cordones corresponden a las líneas marcadas en color en el modelo 3D. La pieza 2.1 se une a la pieza 2.2 mediante una soldadura, también indicada en color en el modelo 3D

21

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

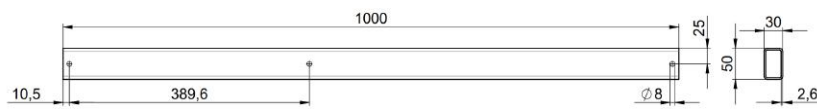
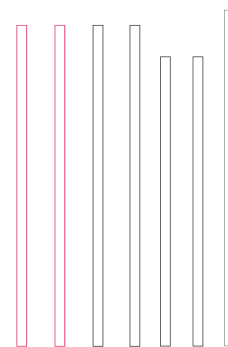
Placa soporte de madera



22

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Perfiles verticales interiores

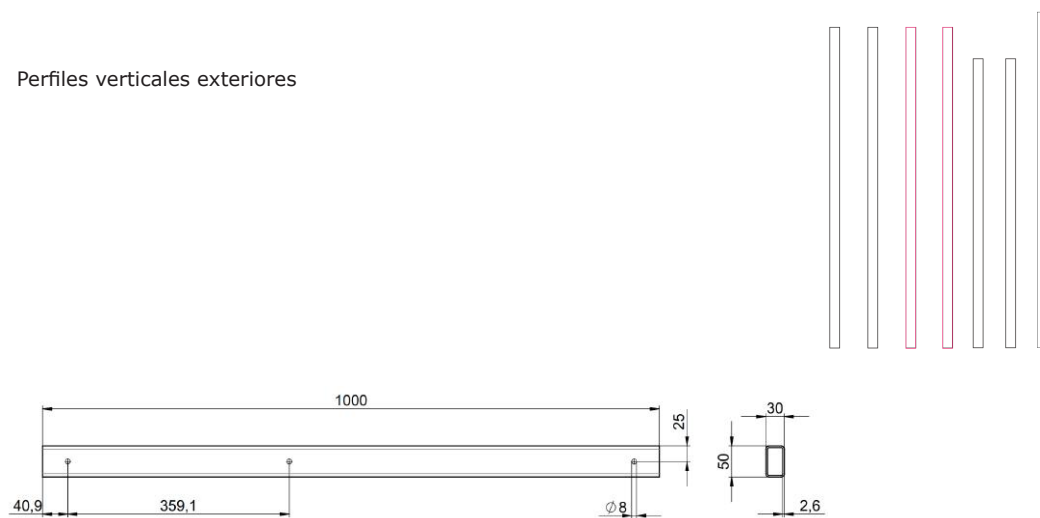


Todos los taladros son pasantes

23

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Perfiles verticales exteriores

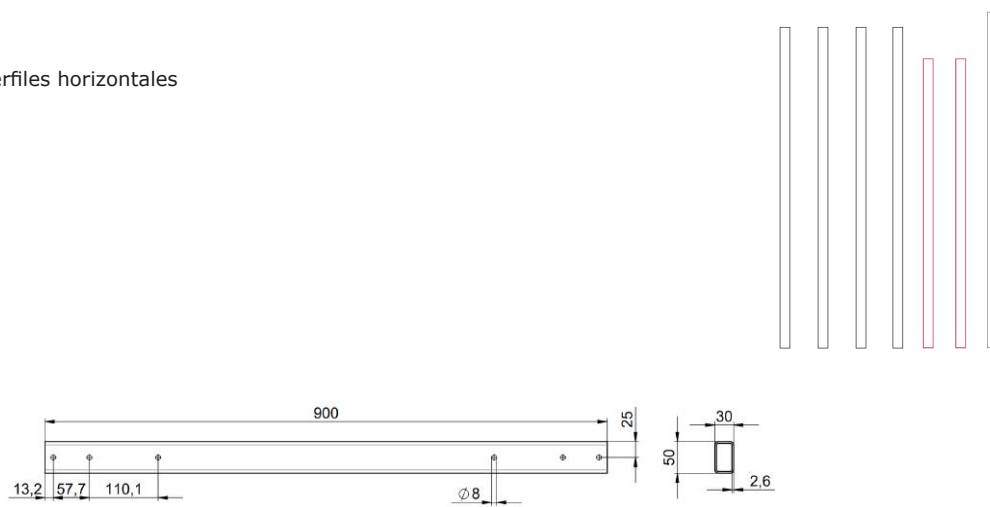


Todos los taladros son pasanwtes

24

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

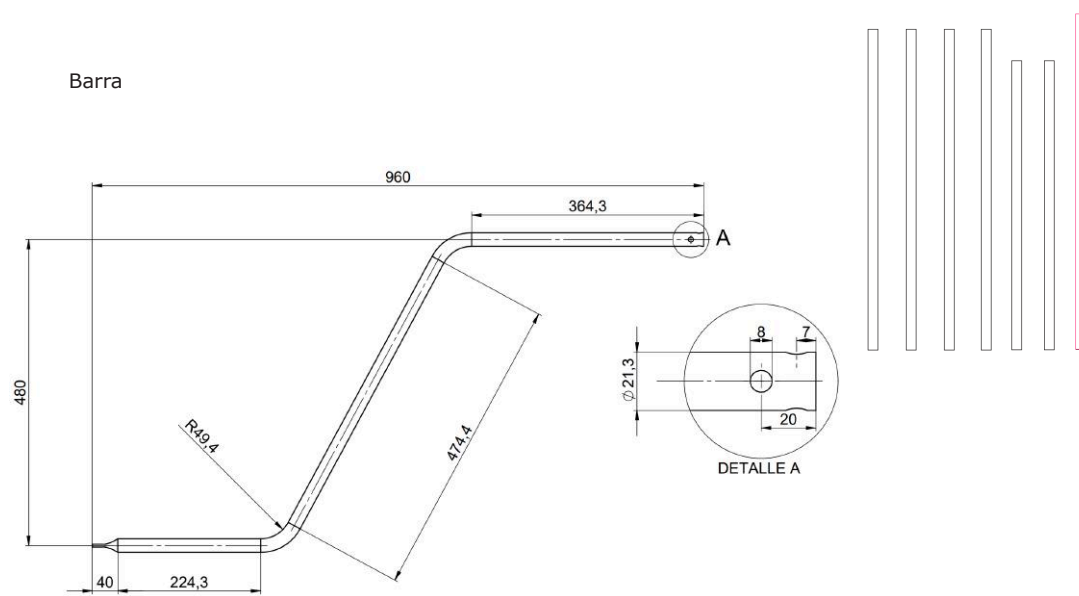
Perfiles horizontales



Todos los taladros son pasantes

25

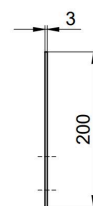
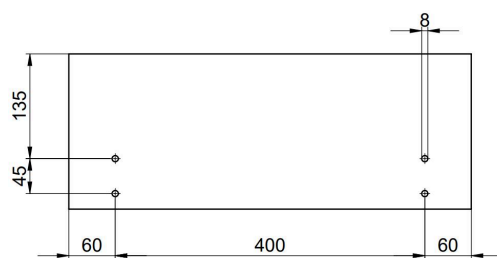
Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador



26

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

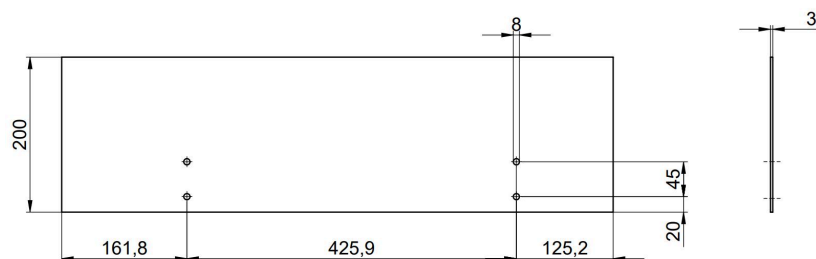
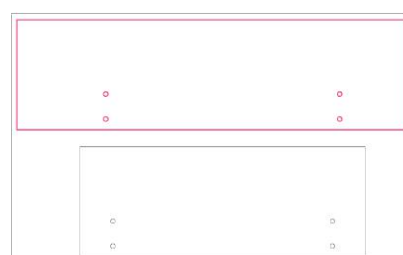
Barrera corta



27

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

Barrera larga



28

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

6. CONTROL DE CALIDAD

- Una vez terminadas las piezas, se debe comprobar las dimensiones de las mismas, antes de proceder al proceso de ensamblaje.
- En el caso de que alguna de las piezas no satisfaga las medidas de los planos, deberá repetirse.
- Si el ensamblaje no se realizará en el mismo taller de fabricación, a la hora de embalar las piezas, se deberá especificar claramente de que pieza se trata. De esta forma se evitarán errores en el montaje.
- El material sobrante de los recortes, deberá recogerse y acumularse, para su posterior proceso de reciclaje.



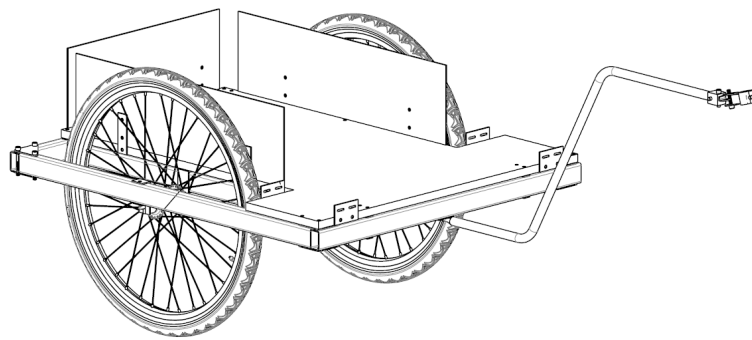
SALAMA®
28015 Madrid
España

B

Manual de ensamblaje

En este anexo, puede encontrarse el manual de ensamblaje del remolque de carga. En su formato comercial, se imprimirá cada página en formato A4, orientación horizontal.

SALAMA



Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador



ESPAÑOL

CONTENIDO

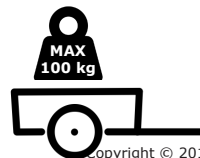
1. ADVERTENCIA	3
2. SEGURIDAD	3
3. MANTENIMIENTO	4
4. PARTES BASTIDOR	5
5. PARTES ARTICULACIÓN	6
6. MONTAJE	7
7. CONTROL DE CALIDAD	16

1. ADVERTENCIA

- Tenga en cuenta que el comportamiento de la bicicleta o del medio de transporte utilizado se verá afectado al conectar el remolque. Realice ensayos antes de cargarlo al máximo.
- Este manual se centrará en el uso del remolque, conectado a una bicicleta. Para otros usos, consulte a la entidad creadora. **SALAMA®**
- La carga máxima especificada, ha de ser respetada en todo momento. En caso de duda, reducir la carga transportada inmediatamente. El mal uso del producto puede dañarlo.
- El remolque está destinado al transporte de mercancía y en ningún caso debe utilizarse como medio de transporte para seres vivos.

2. SEGURIDAD

- El uso del remolque, en ningún momento debe poner en riesgo la salud del usuario ni del resto de ocupantes de la vía



3

Copyright © 2018 Alvaro Otero Peinador

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

3. MANTENIMIENTO

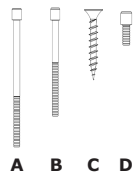
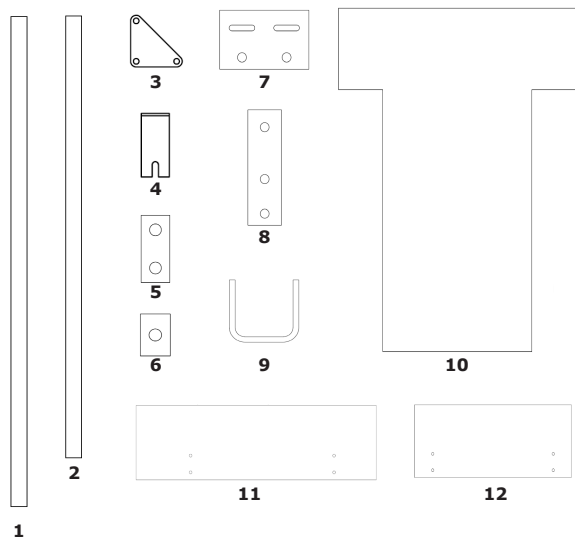
- El usuario debe comprobar regularmente el estado del remolque, prestando especial atención a las uniones. Cualquier impacto puede dañar la estructura o aflojar las conexiones, pudiendo causar una fallo prematuro.

SALAMA®
28015 Madrid
España

4

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

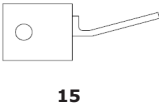
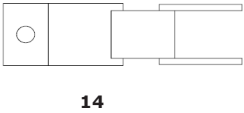
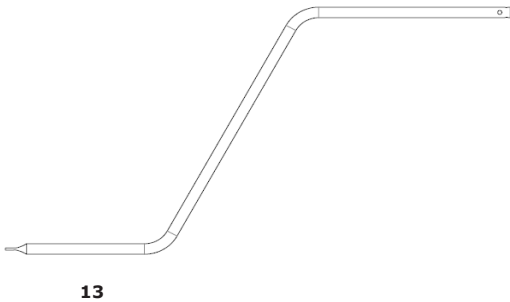
4. PARTES BASTIDOR



	Pieza	Uds.
1	Perfil vertical	x2
2	Perfil horizontal	x4
3	Triangulos	x8
4	Pletina de ruedas	x4
5	Pletina de unión	x8
6	Refuerzo	x4
7	Enganche cuerdas	x4
8	Apoyo barandillas	x6
9	Conexión barra	x1
10	Soporte	x1
11	Barandilla Larga	x1
12	Barandilla Corta	x1
A	HX SHCS0.3125-24x3.5x1.375-S	x16
B	HX SHCS0.3125-24x2.5x1.375-S	x10
C	Tirafondos 8x60	x14
D	HX SHCS 0.3125-24x0.5x1.375-S	x12

- Notación SOLIDWORKS Toolbox
- Los tornillos métricos, irán acompañados de su respectivas tuercas

5. PARTES ARTICULACIÓN

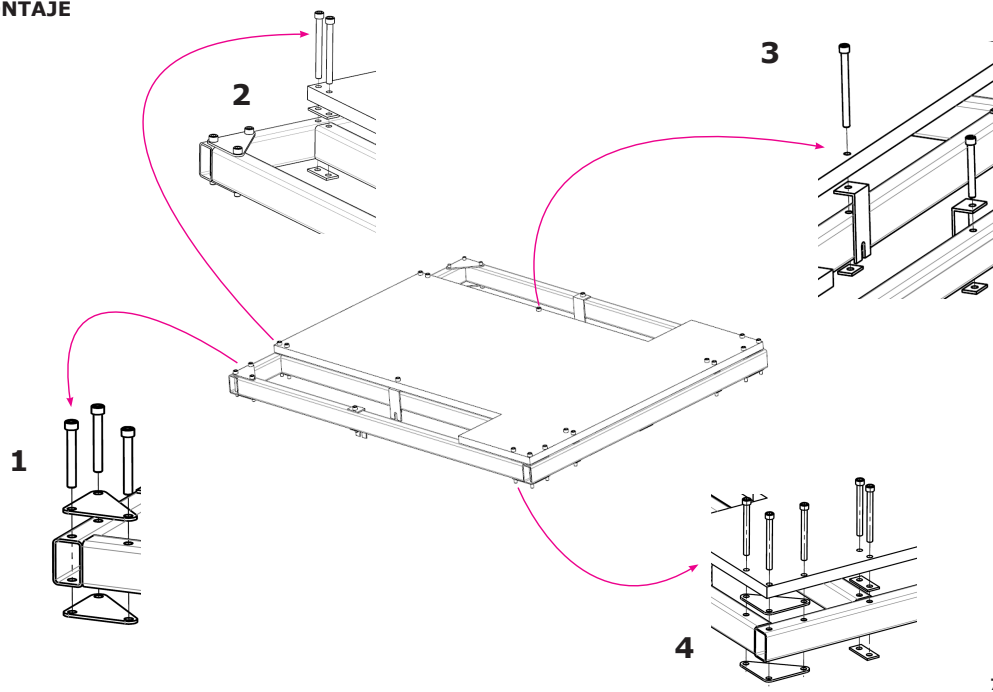


	Pieza	Uds.
13	Barra	x1
14	Parte 1 de la articulación	x1
15	Parte 2 de la articulación	x1
E	HX SHCS0.3125-24x1.5x1.375-S	x3

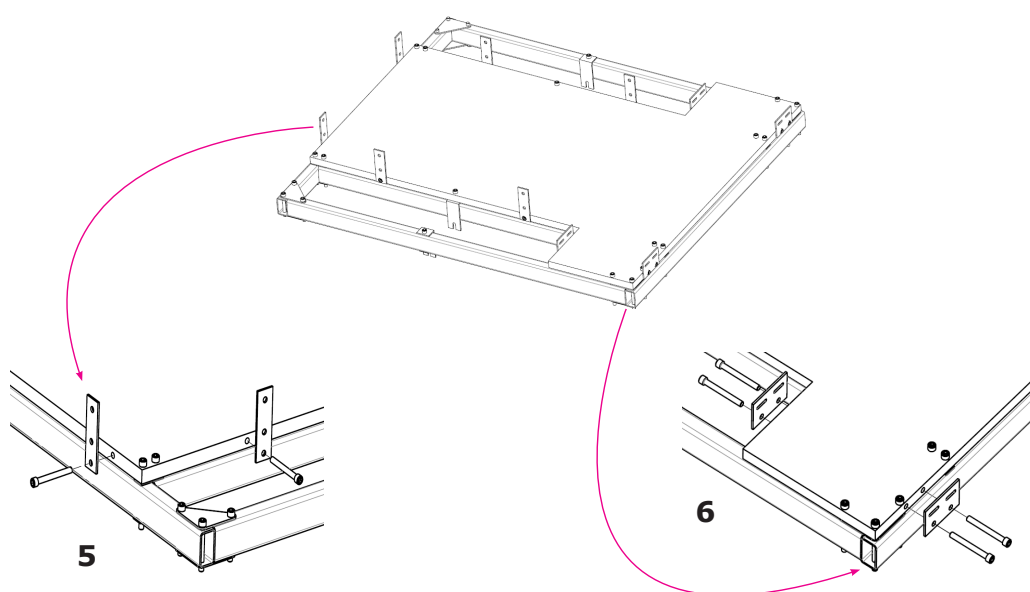
6

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

6. MONTAJE

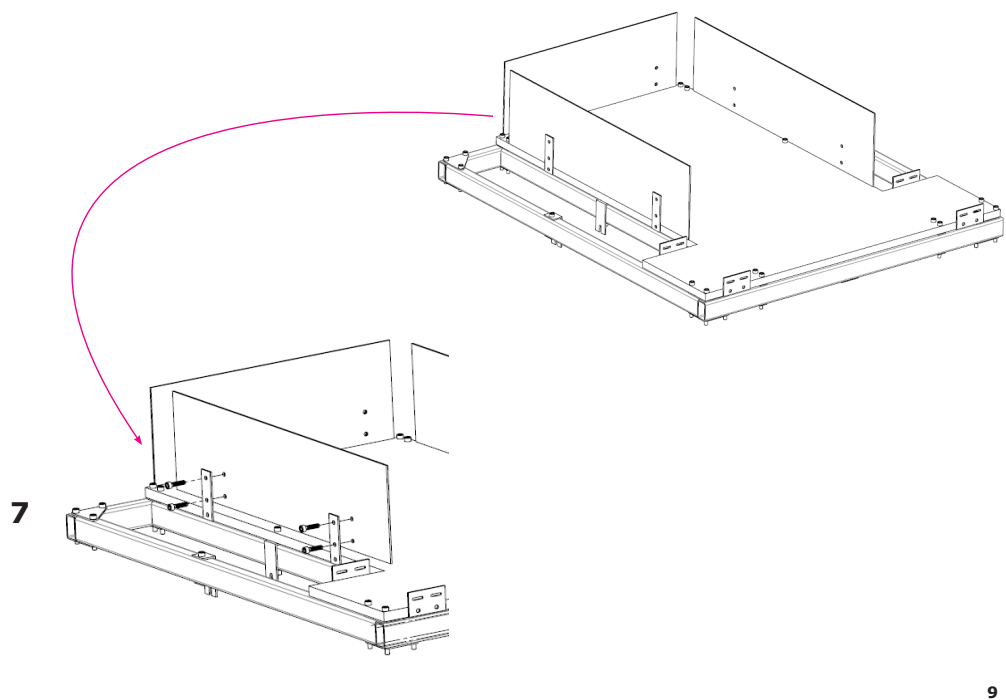


Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

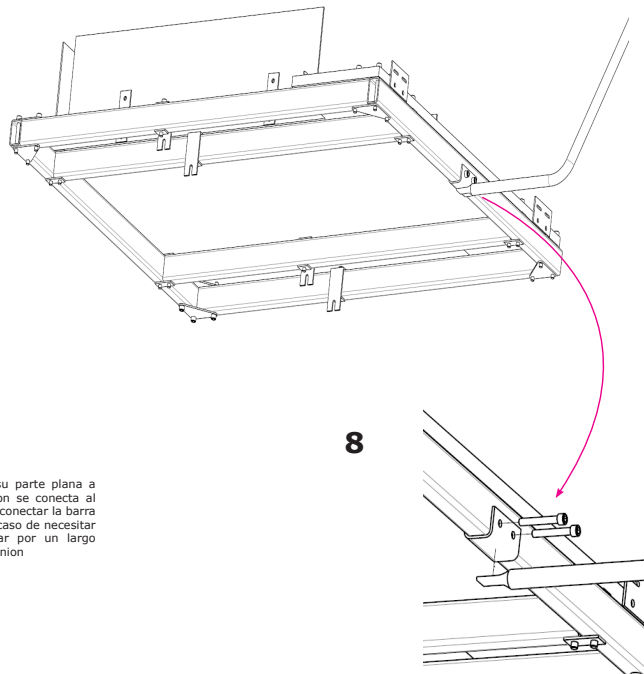


8

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador



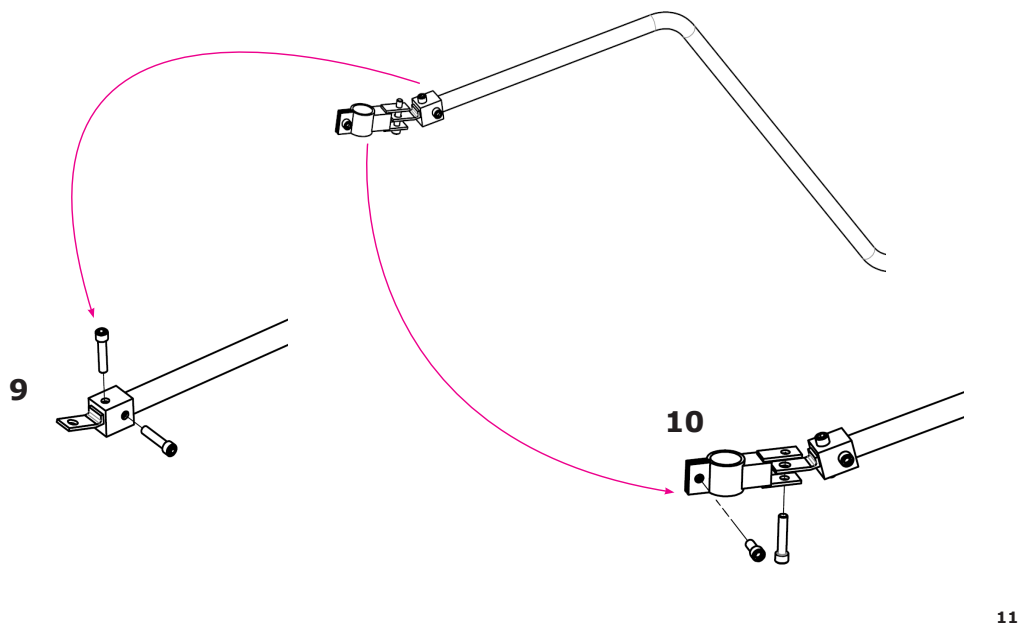
Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador



Primero se debe soldar la barra por su parte plana a la pieza en forma de U. A continuación se conecta al bastidor. Esta configuración permite desconectar la barra del conjunto cuando sea necesario. En caso de necesitar transportarlo o si se desea almacenar por un largo tiempo, se recomienda desconectar la unión

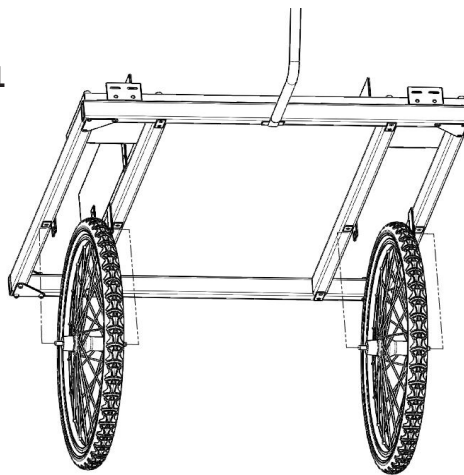
10

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador



Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

11

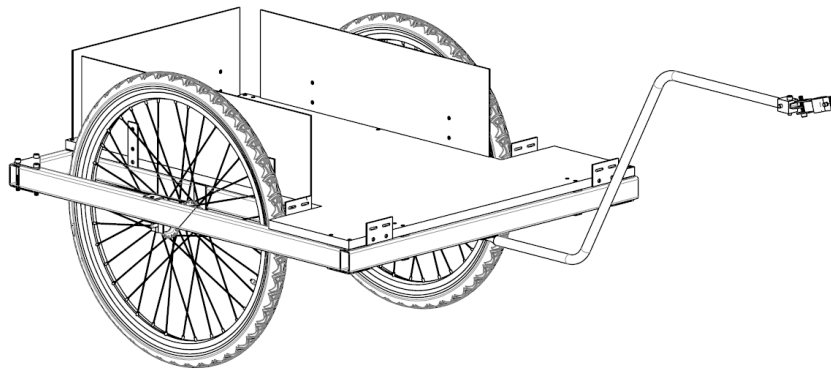


12

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

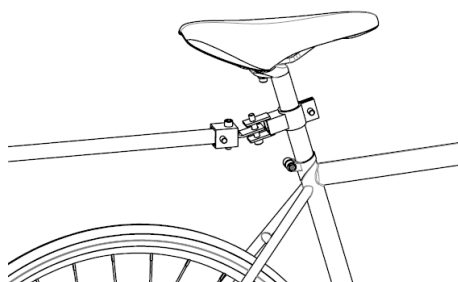
El remolque está diseñado para ruedas de 26" de bicicleta convencional. Con el bastidor ensamblado, se colocará el buje de la rueda en las pletinas (Pieza 4) y se enroscará. El procedimiento es idéntico al de cambiar la rueda de una bicicleta

12



13

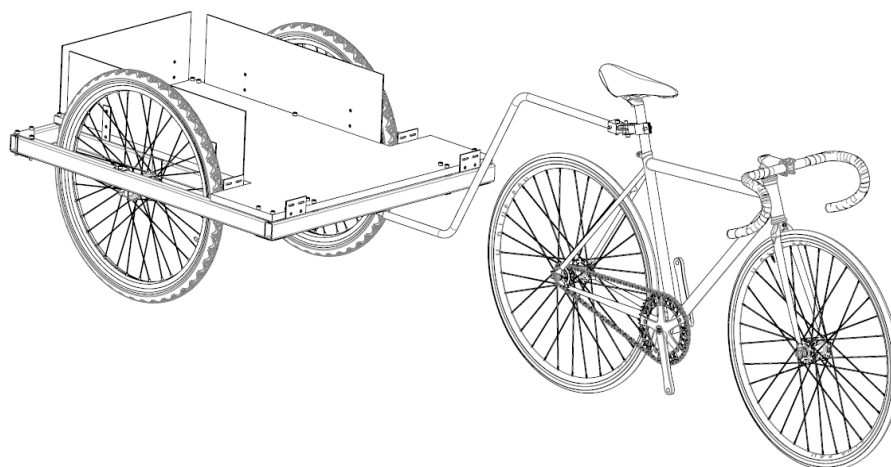
Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador



En este caso la segunda parte de la articulación se adapta a la tija del sillín de una bicicleta convencional. El objetivo de SALAMA es ser lo más versátil posible y busca adaptarse a todo tipo de situaciones. Si el medio de tracción es diferente al de una bicicleta (animales de carga, motocicletas o incluso a pie) se deberá cambiar esta pieza por el accesorio apropiado.

14

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador



15

Copyright © 2018 Álvaro Otero Peinador

7. CONTROL DE CALIDAD

- Antes de comenzar a utilizar el remolque con normalidad, se debe comprobar que el montaje se ha realizado con éxito. Se recomienda revisar cada una de las uniones, cargar el remolque progresivamente y realizar un primer transporte a pie.
- Comprobar que los neumáticos tienen la presión apropiada.
- Se debe tener en cuenta que la vida útil del producto se ha estimado en función de la estructura y las propiedades de los materiales empleados. El remolque se someterá a grandes esfuerzos y por tanto es crucial comprobar el estado del producto habitualmente y si se detecta cualquier irregularidad, debe tratarse y nunca ignorarse.
- Con el objetivo de alargar la vida del producto, se recomienda evitar largas exposiciones a condiciones meteorológicas adversas.

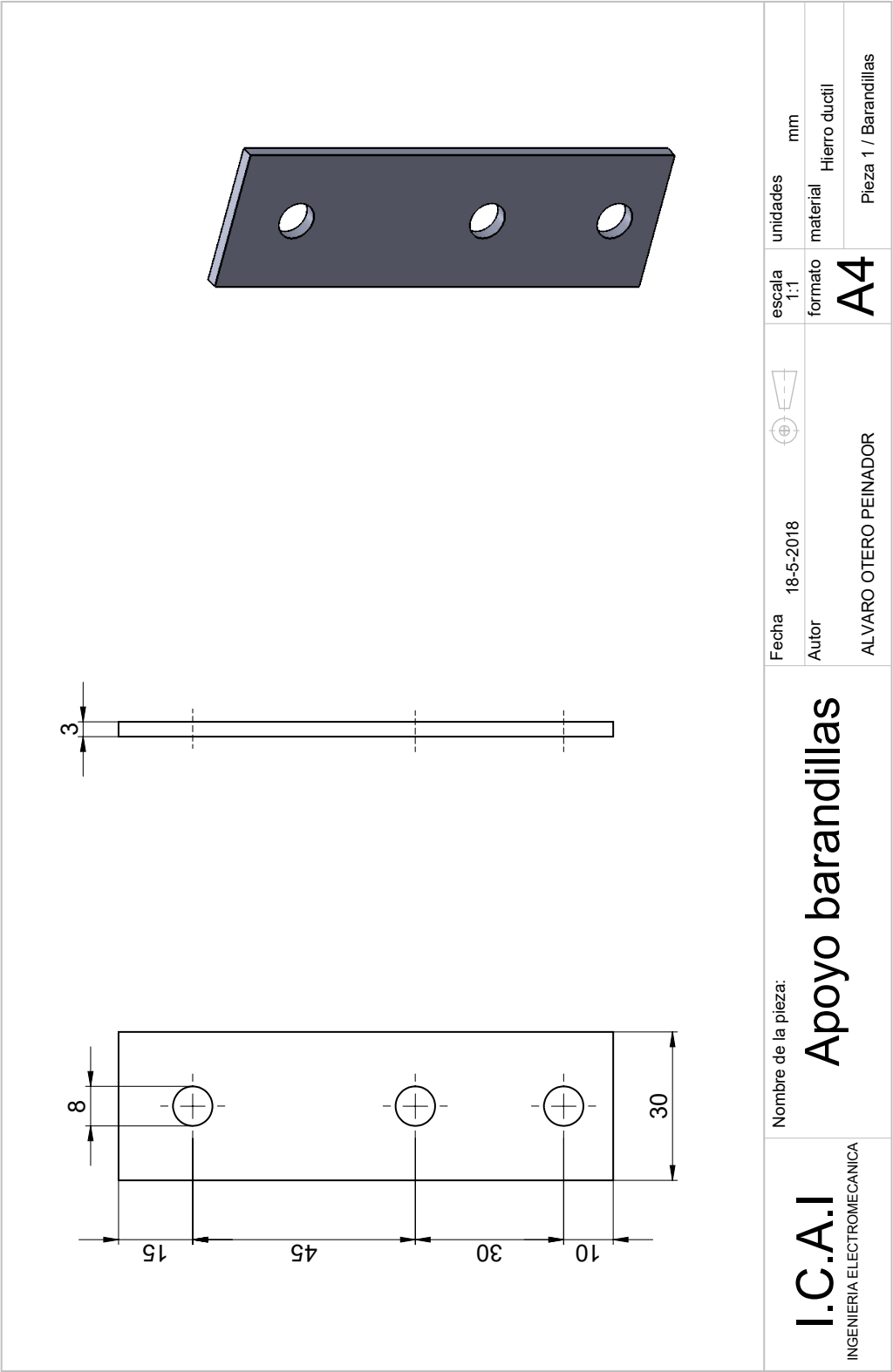


SALAMA®
28015 Madrid
España



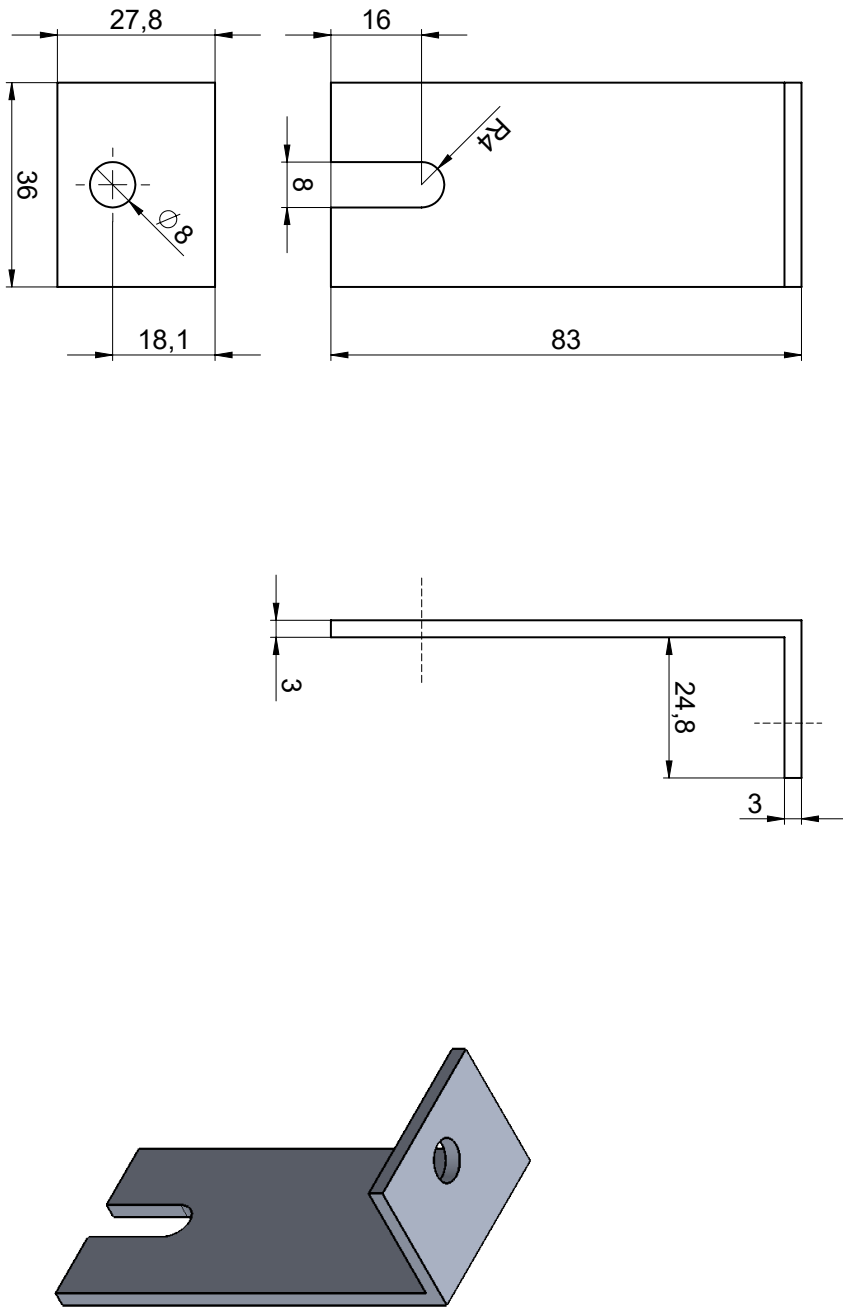
Planos de piezas

En este anexo, pueden encontrarse los planos de cada una de las piezas que conforman el remolque.



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

INGENIERIA ELECTROMECANICA		I.C.A.I		Nombre de la pieza: Pletina de rueda	
Fecha 7-5-2018		Autor ALVARO OTERO PEINADOR		escala 1:1	
formato A4		material Hierro ductil		unidades mm	
Pieza 6 / Bastidor					



Technical drawing of a wheel bracket (Pletina de rueda) showing front, side, and isometric views with dimensions.

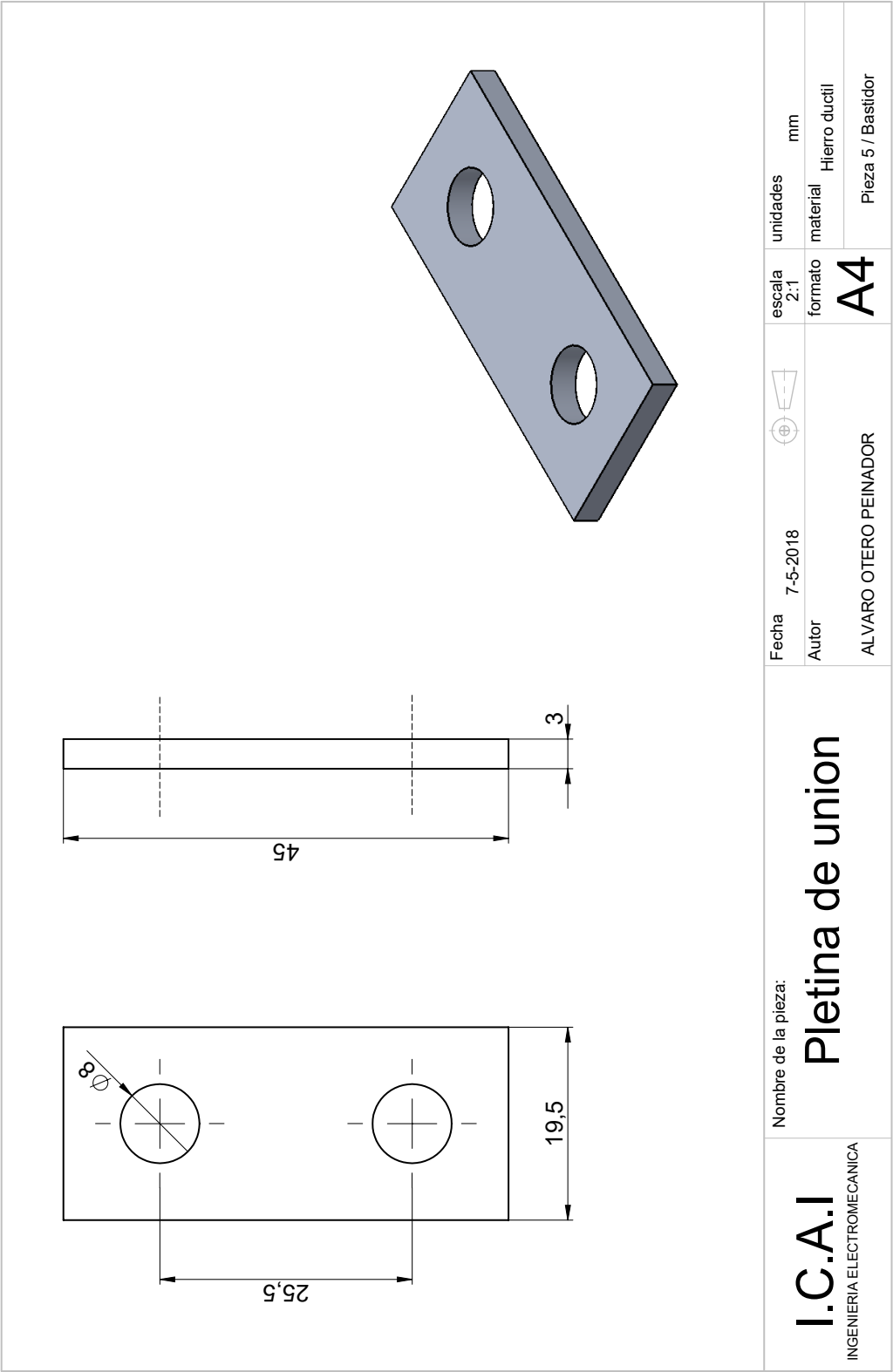
Front View Dimensions:

- Total width: 83
- Top flange width: 16
- Flange thickness: 8
- Radius: R4
- Bottom flange width: 27,8
- Bottom flange thickness: 18,1
- Central hole diameter: $\phi 8$
- Central hole offset from left edge: 36

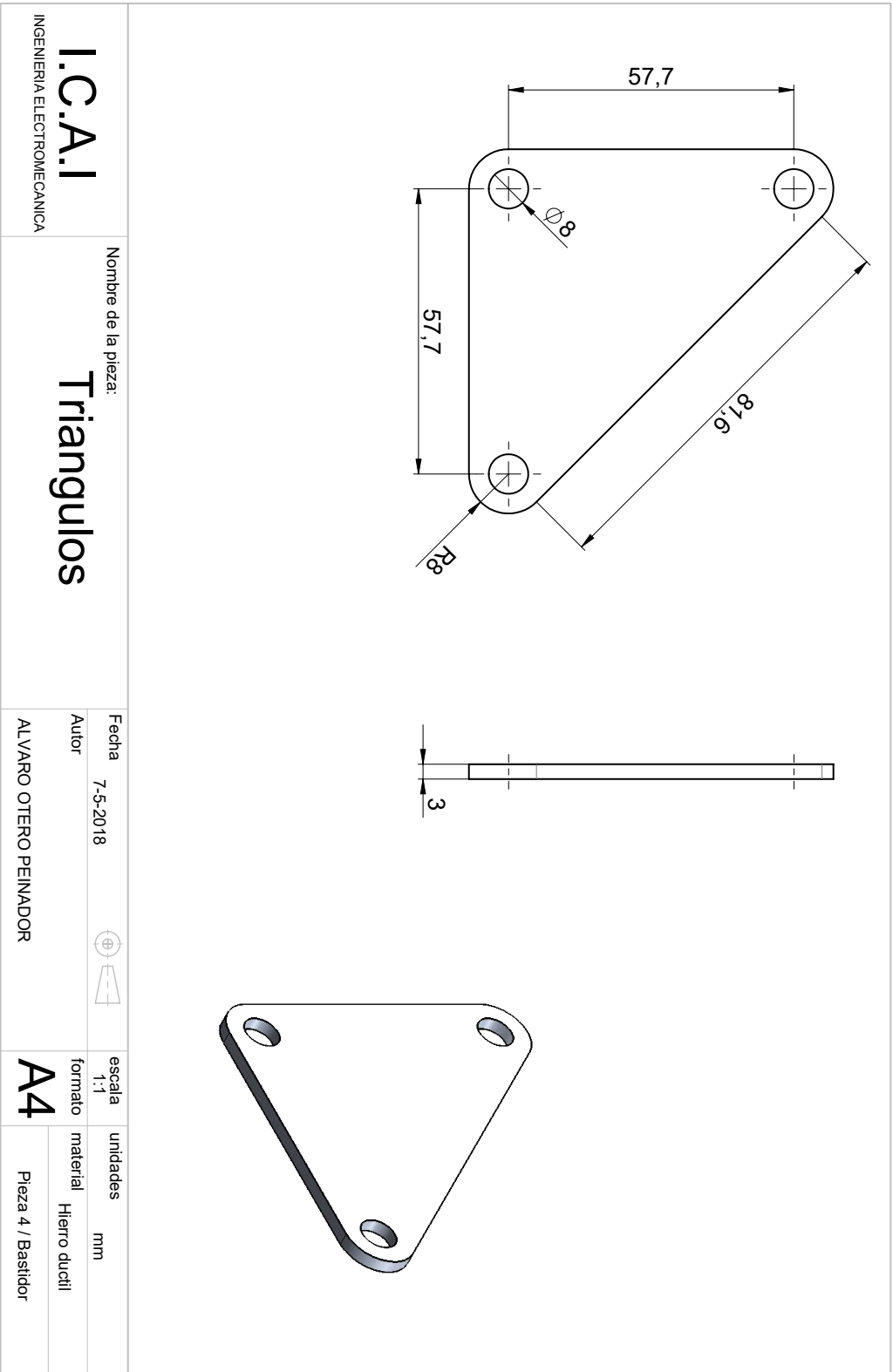
Side View Dimensions:

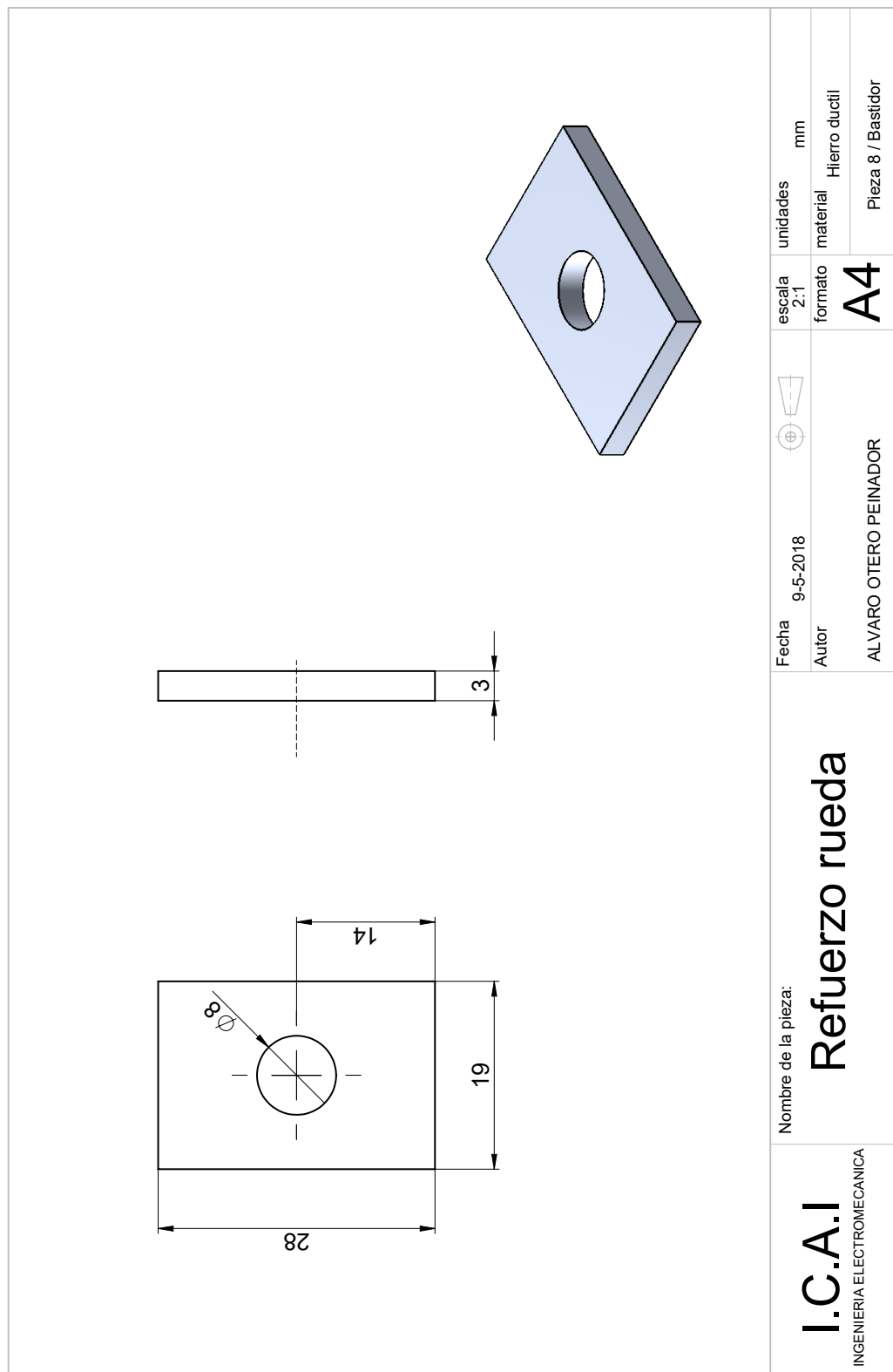
- Height: 24,8
- Thickness: 3

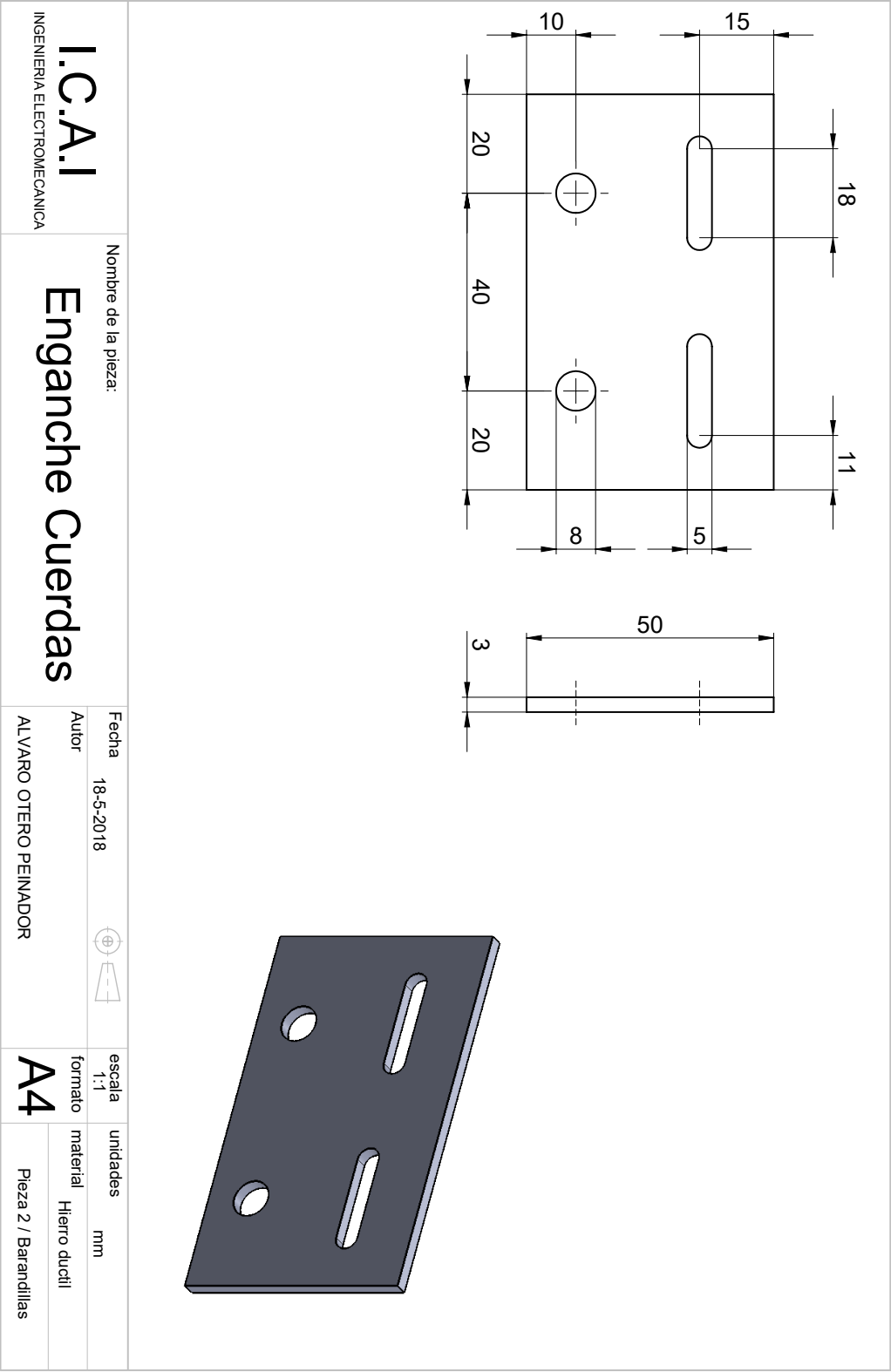
Isometric View: Shows the 3D structure of the bracket with a central hole and a U-shaped cutout at the bottom.

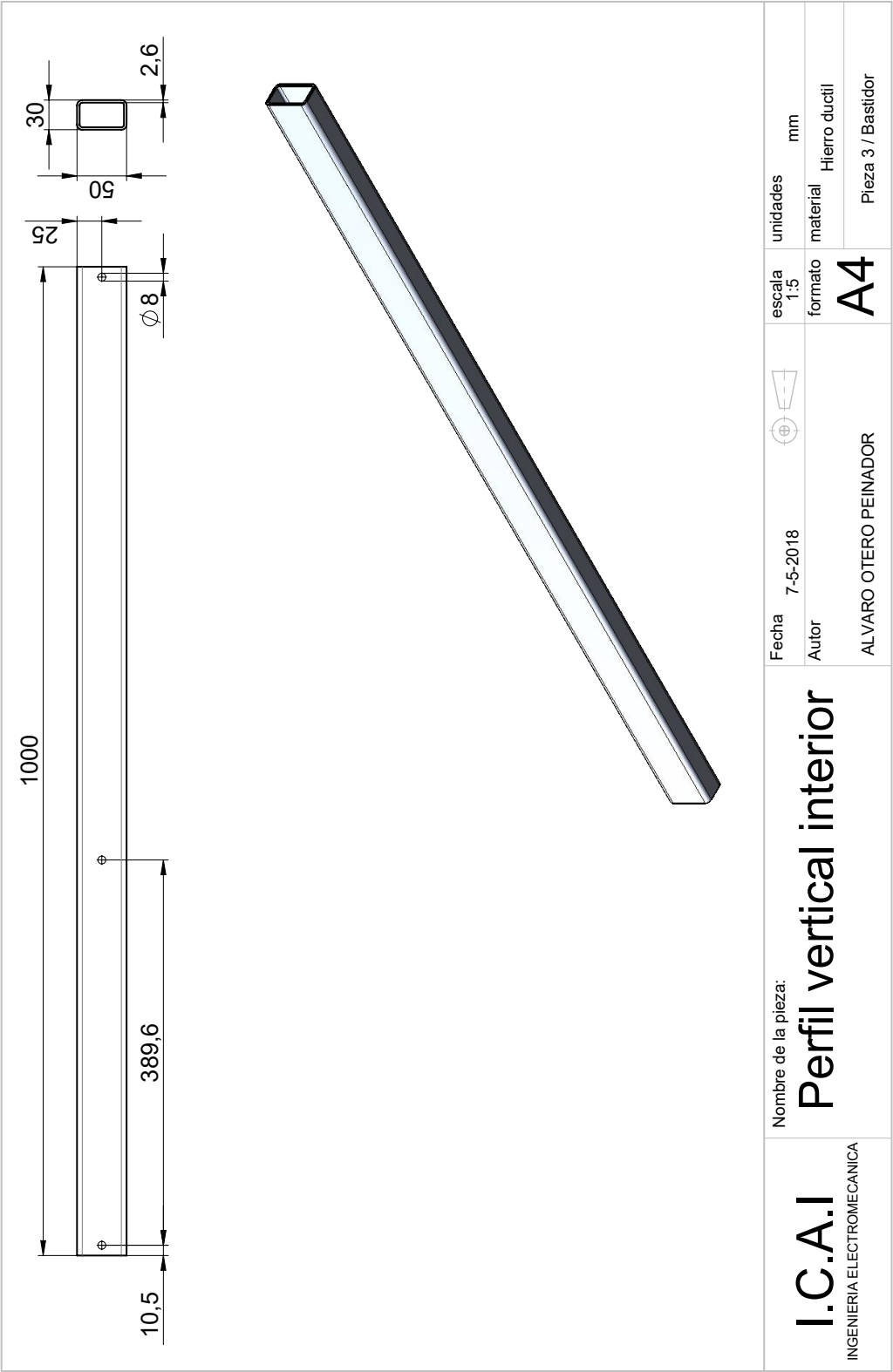


SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

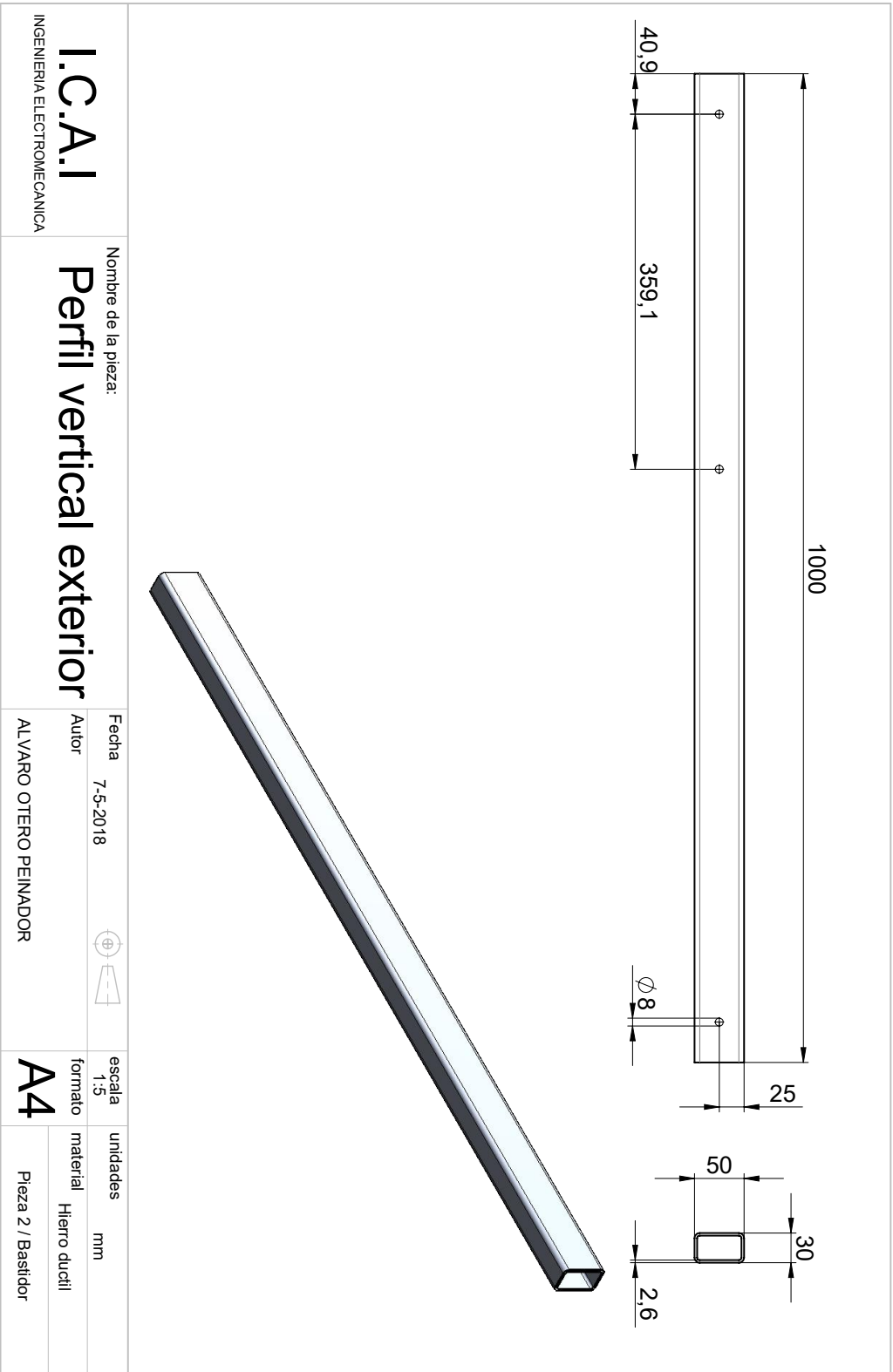


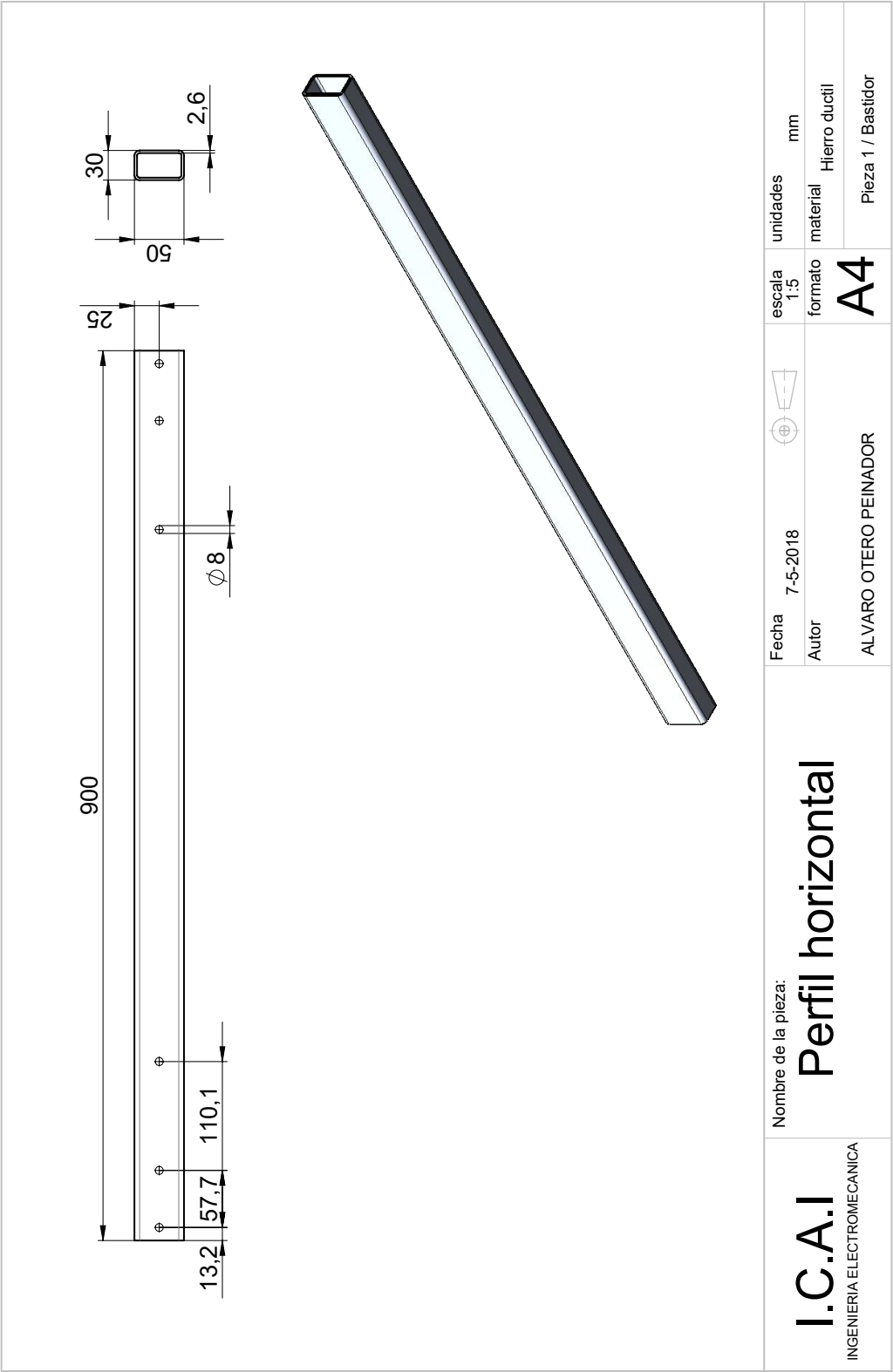




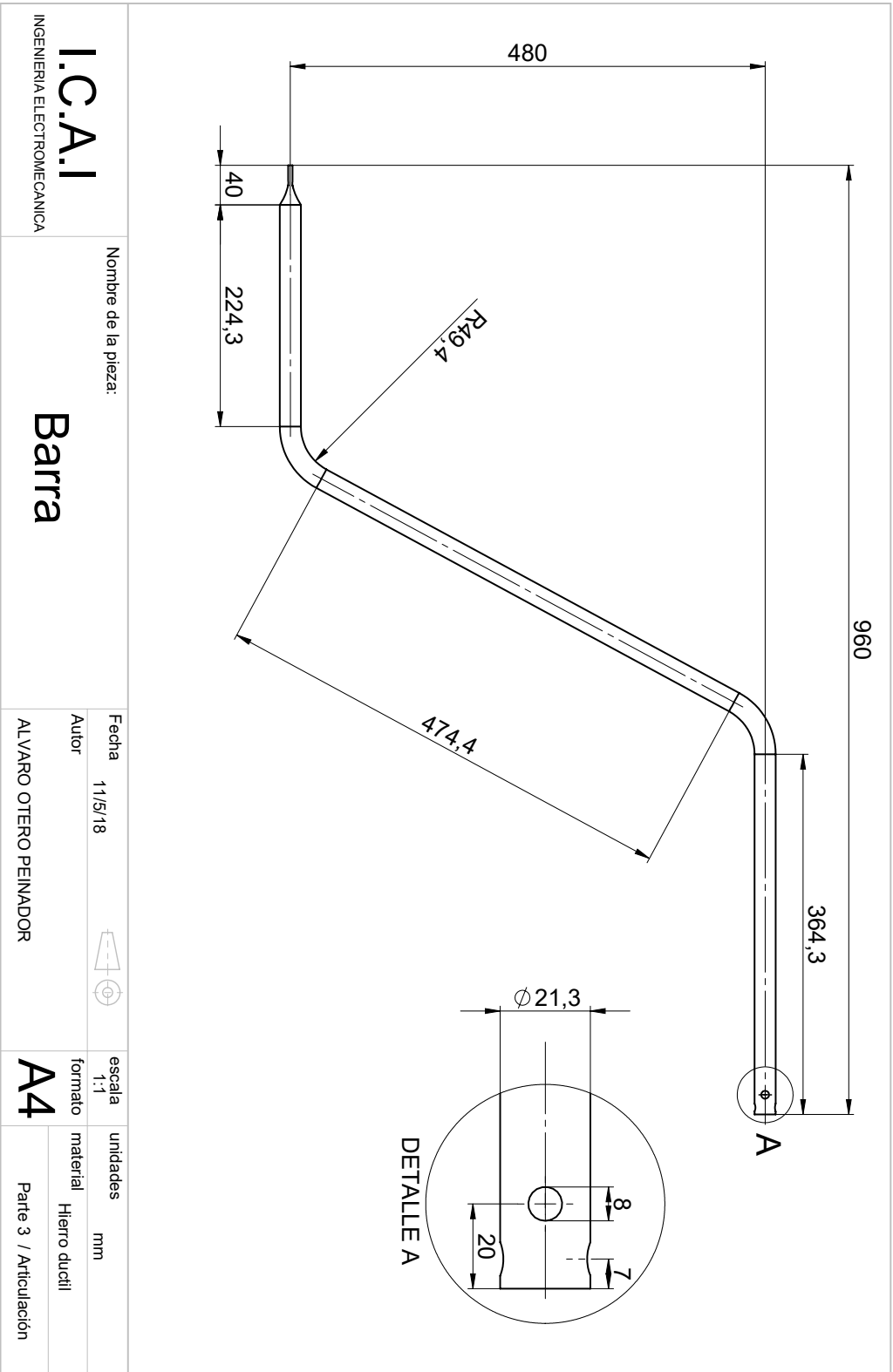


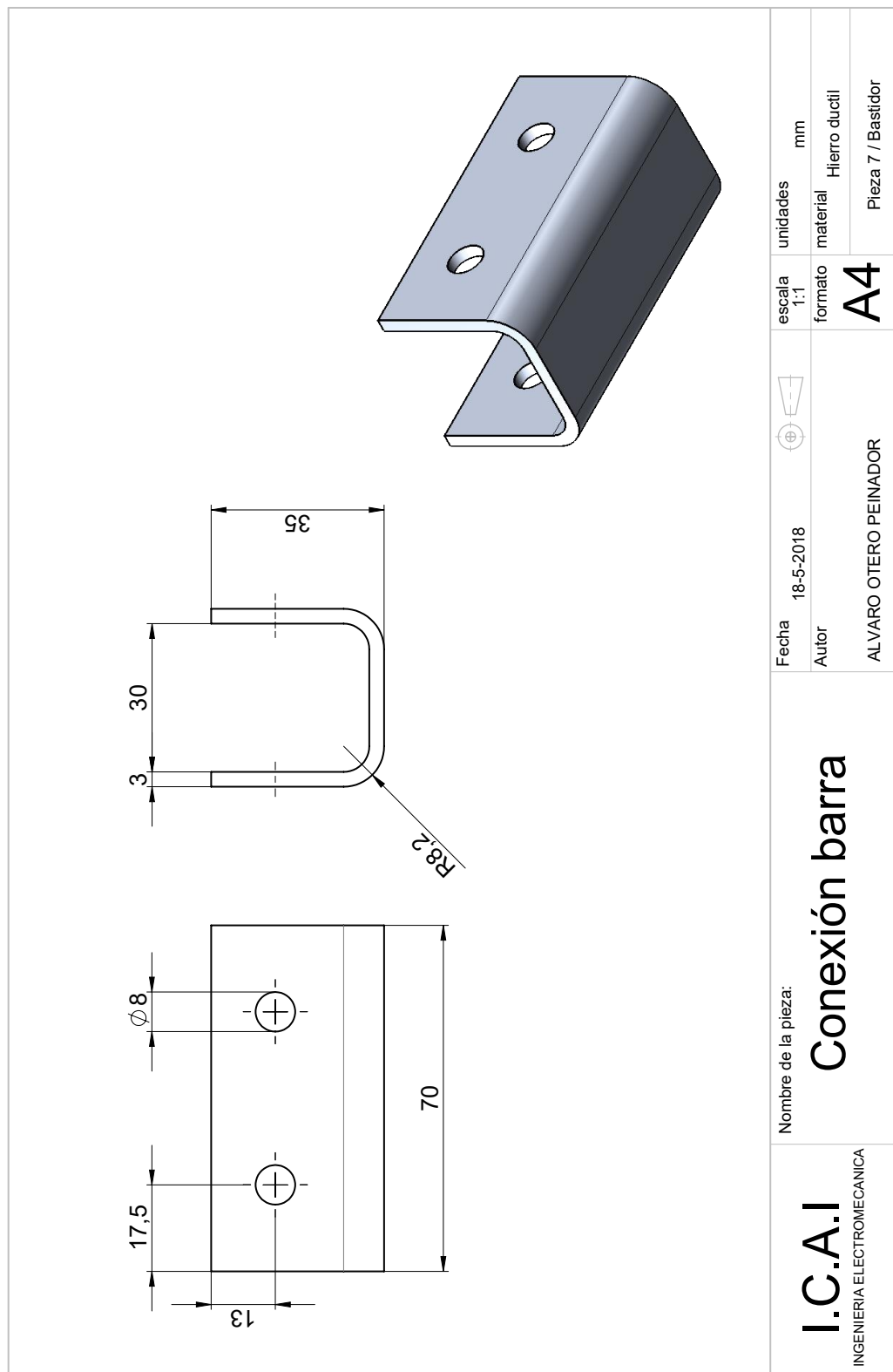
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

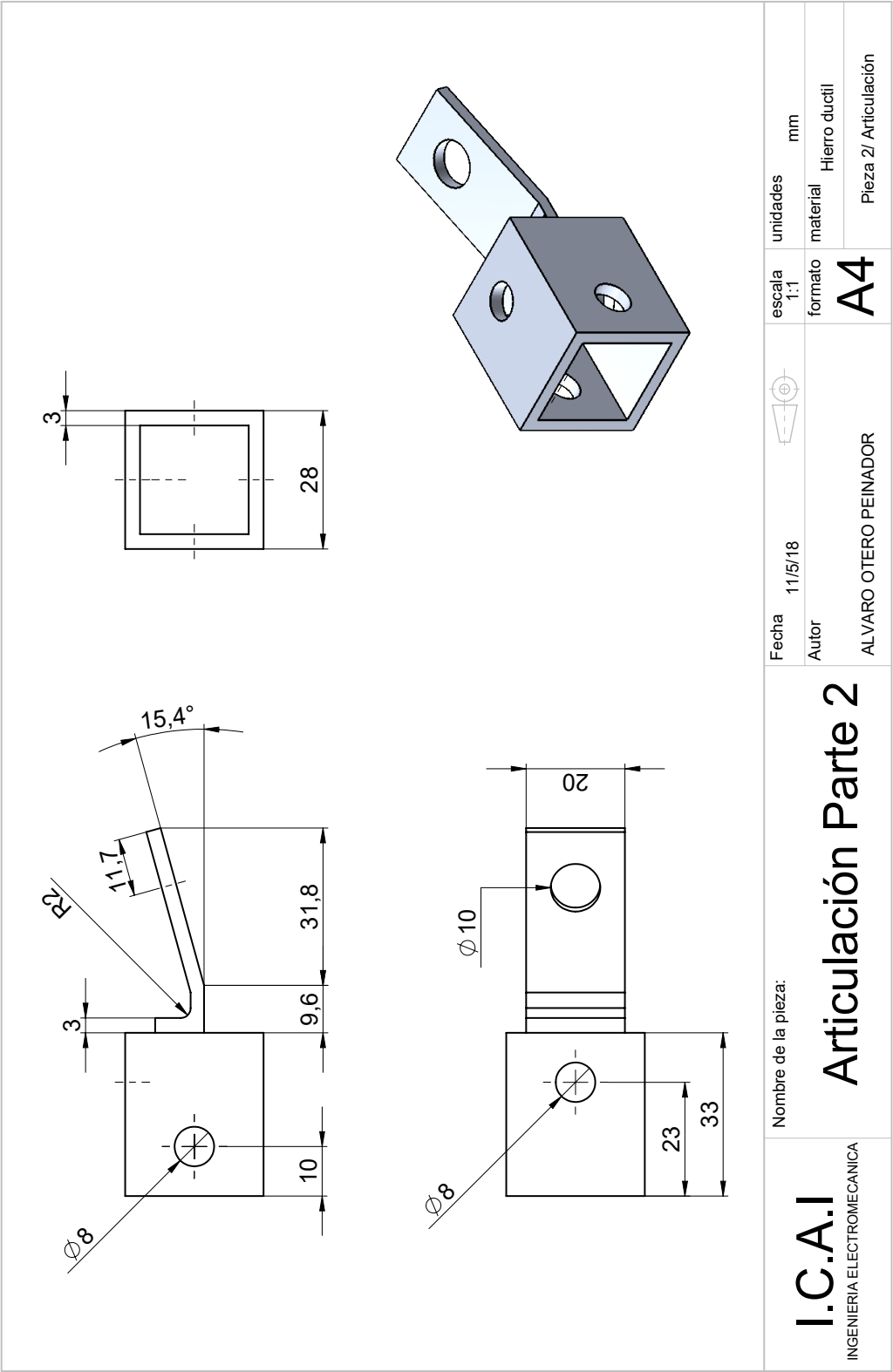


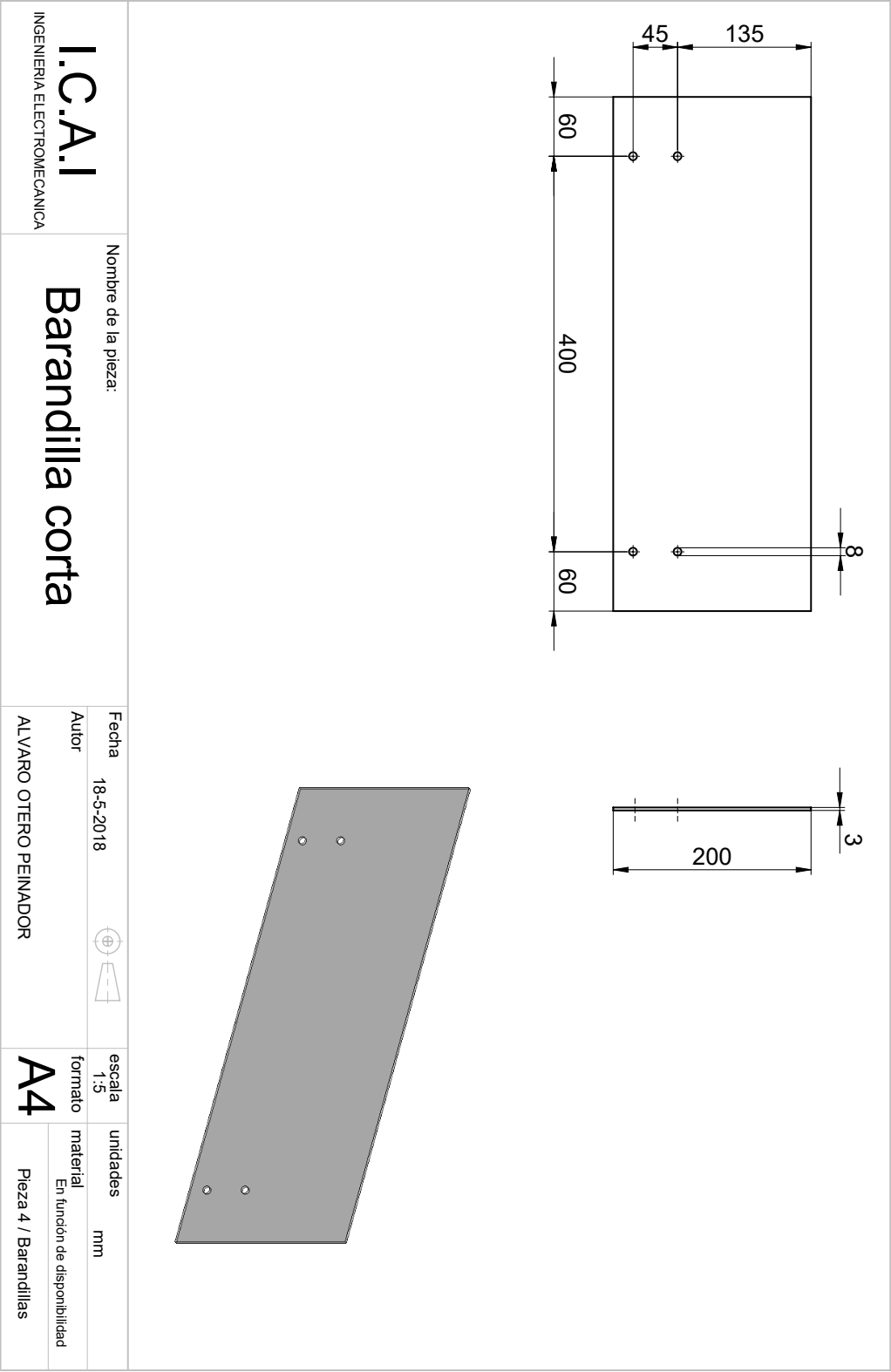


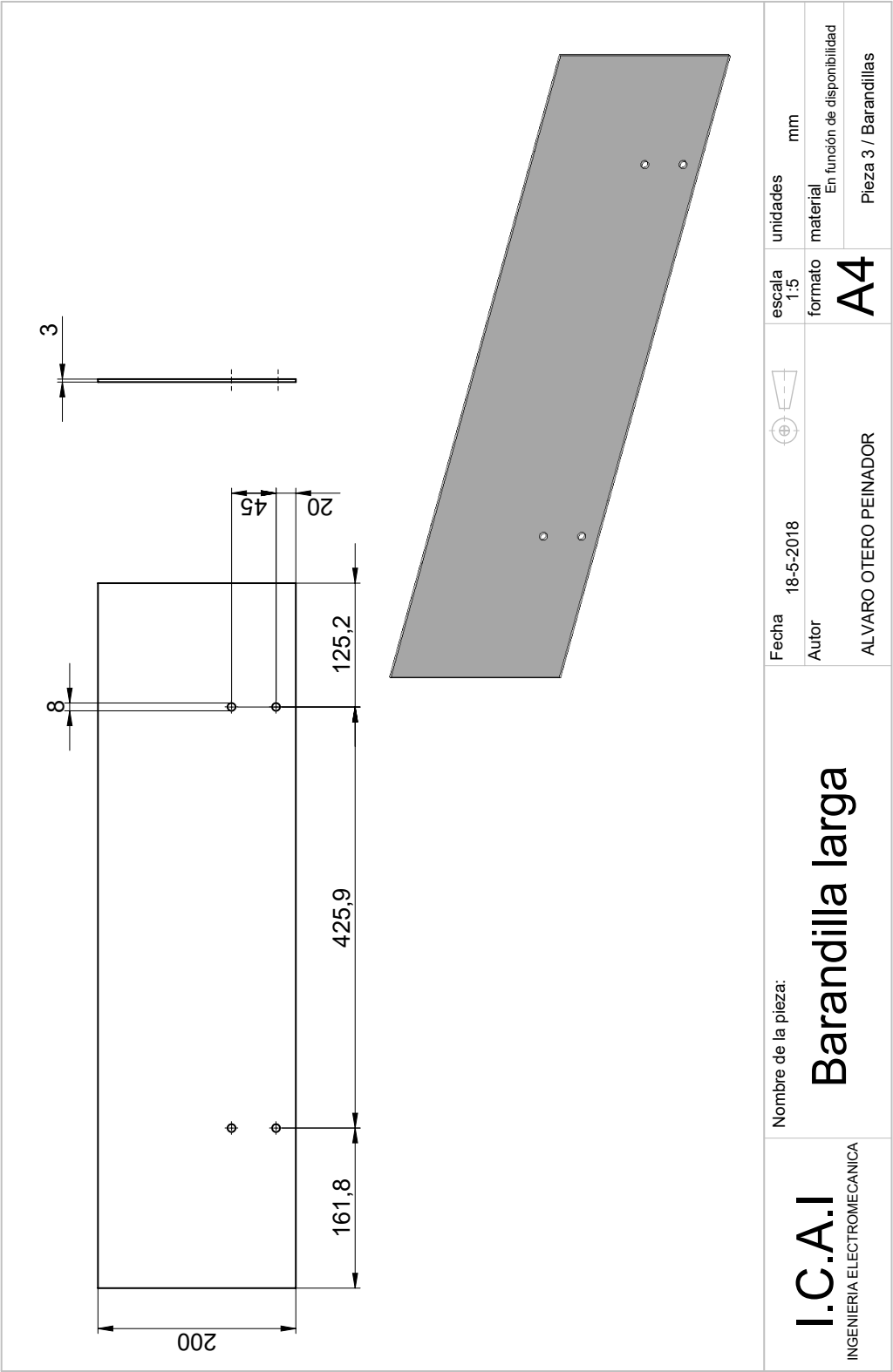
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



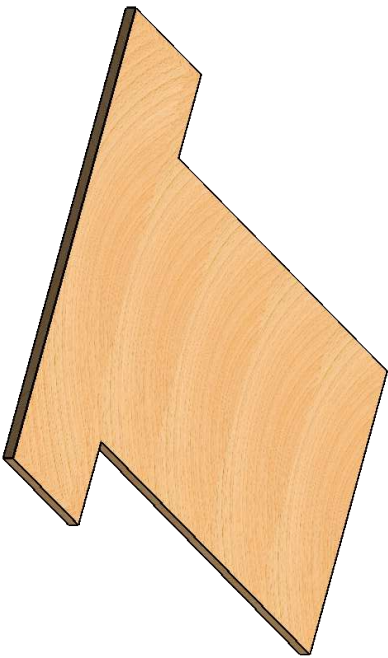
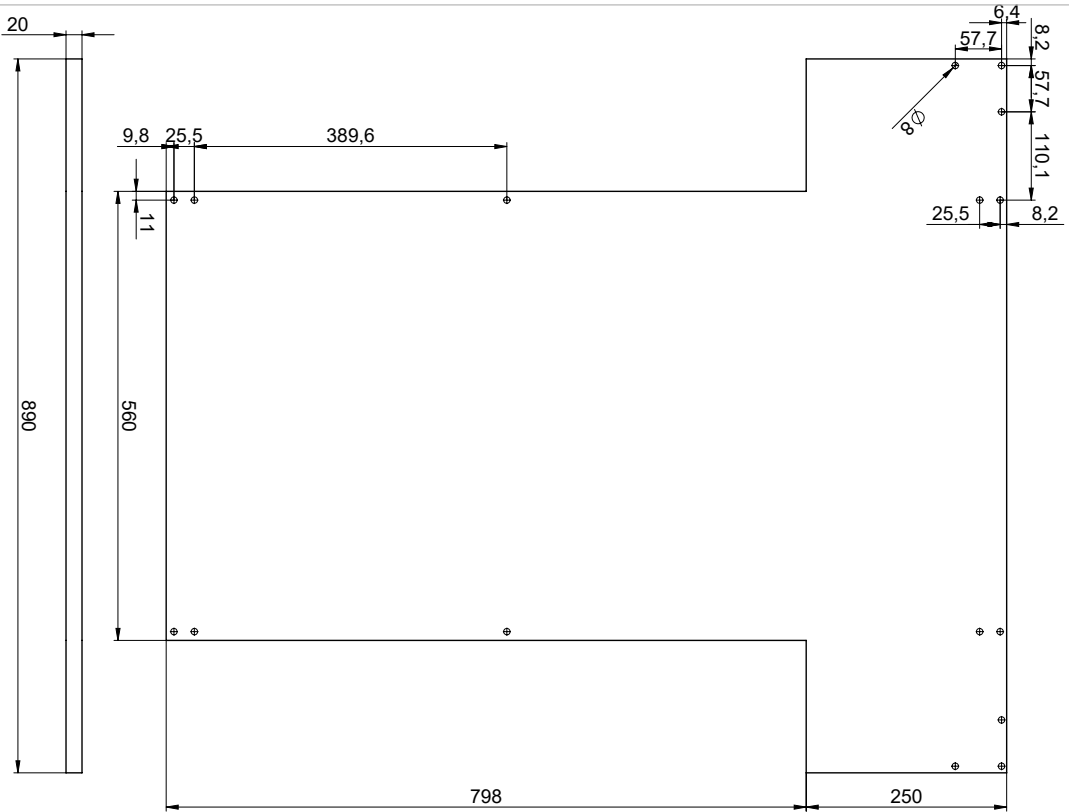








SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

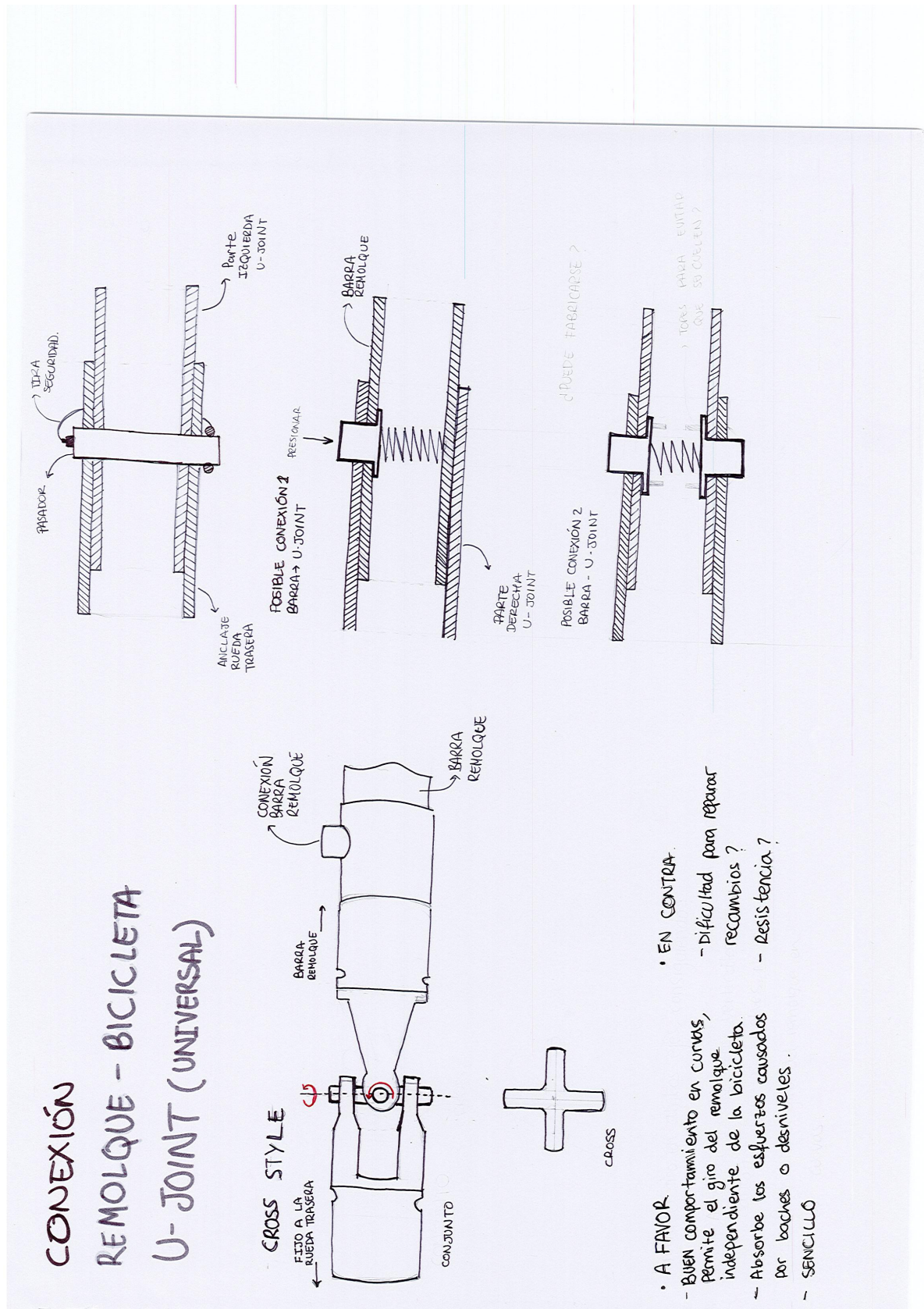


escala	1:1		fecha	9-5-2018	Pieza 9 / Bastidor
unidades	mm	material	madera		
autor					
ALVARO OTERO PEINADOR					
nombre de la pieza					
Tablon					
I.C.A.I					formato
Ingenieria Electromecanica					
					A3

D

Bocetos

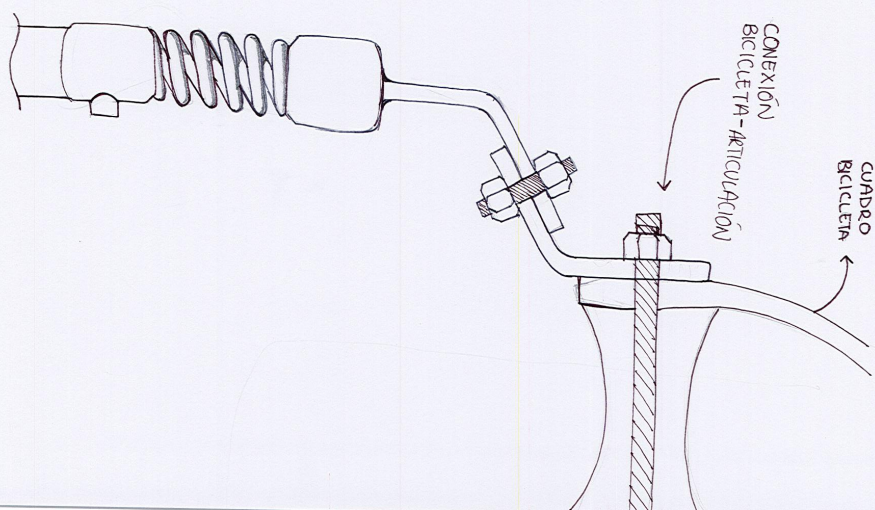
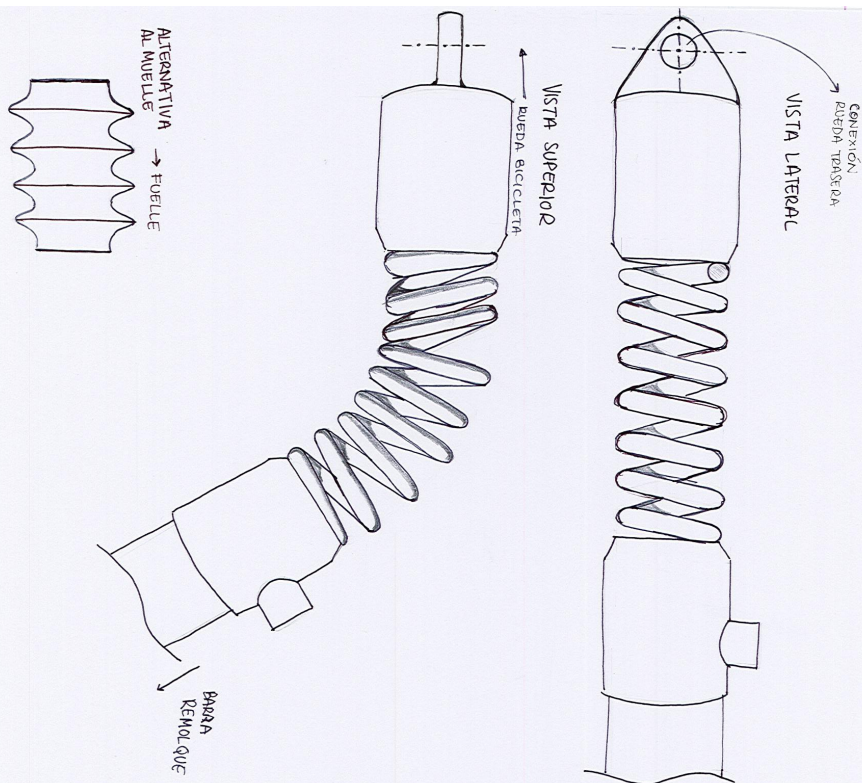
En este anexo, puede encontrarse alguno de los bocetos que se han ido realizando durante todo el proyecto. Algunos de los bocetos ilustran piezas que después fueron rechazadas pero que sirvieron como aprendizaje y para mejorar el diseño final.

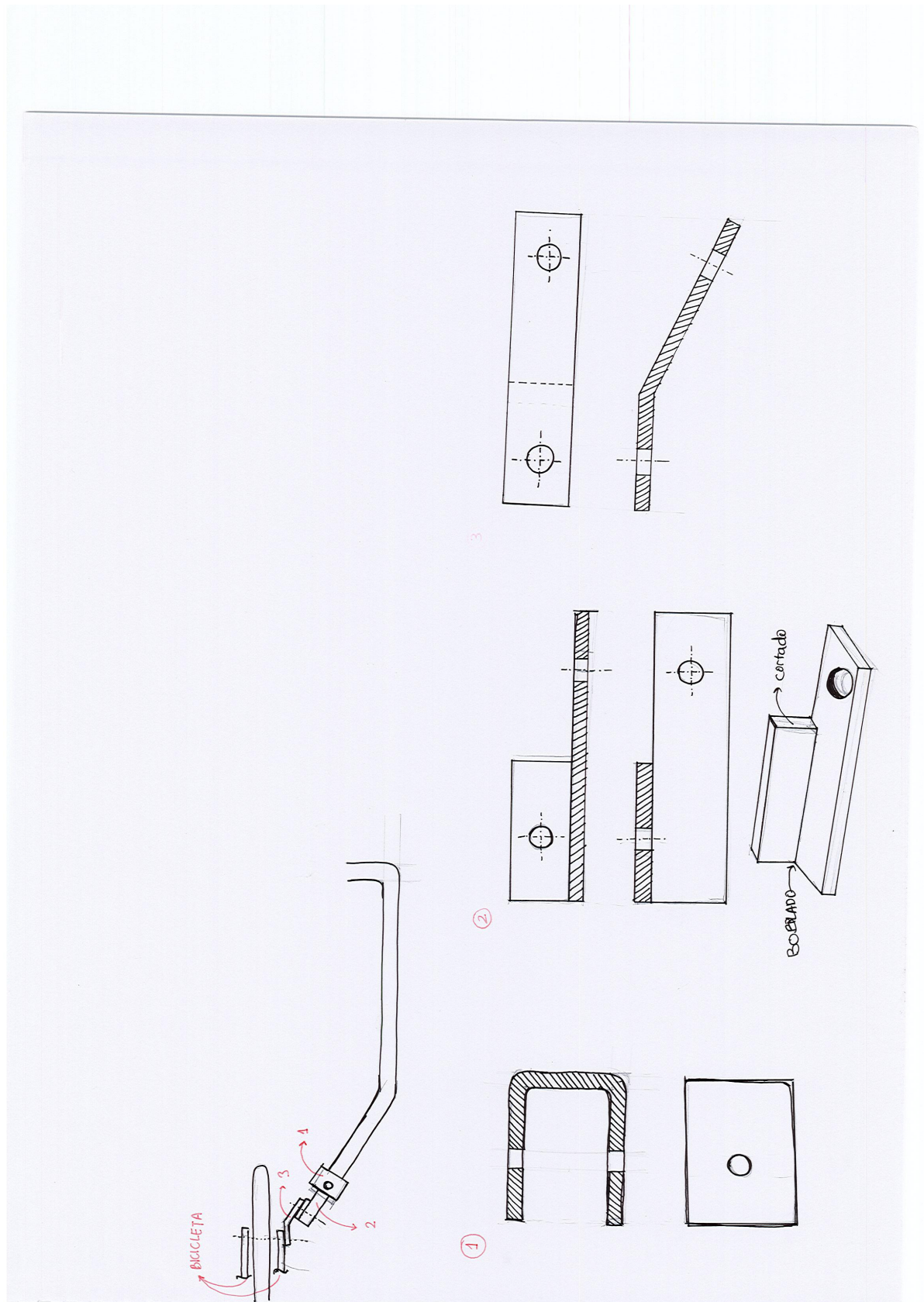


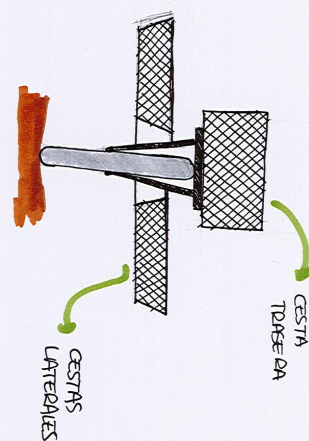
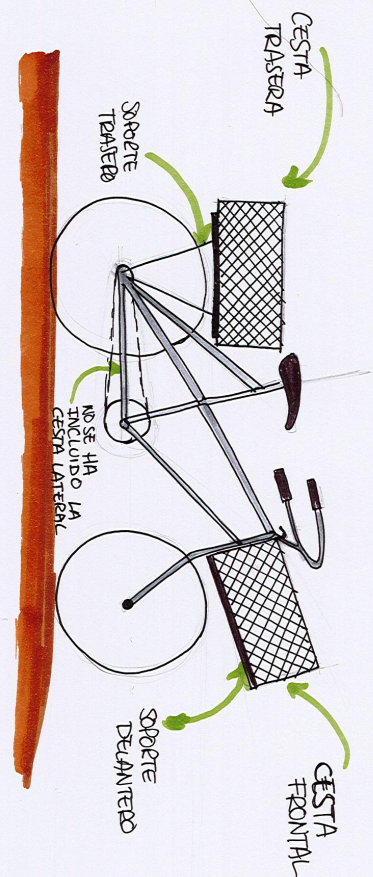
CONEXIÓN

REMOLQUE BICICLETA

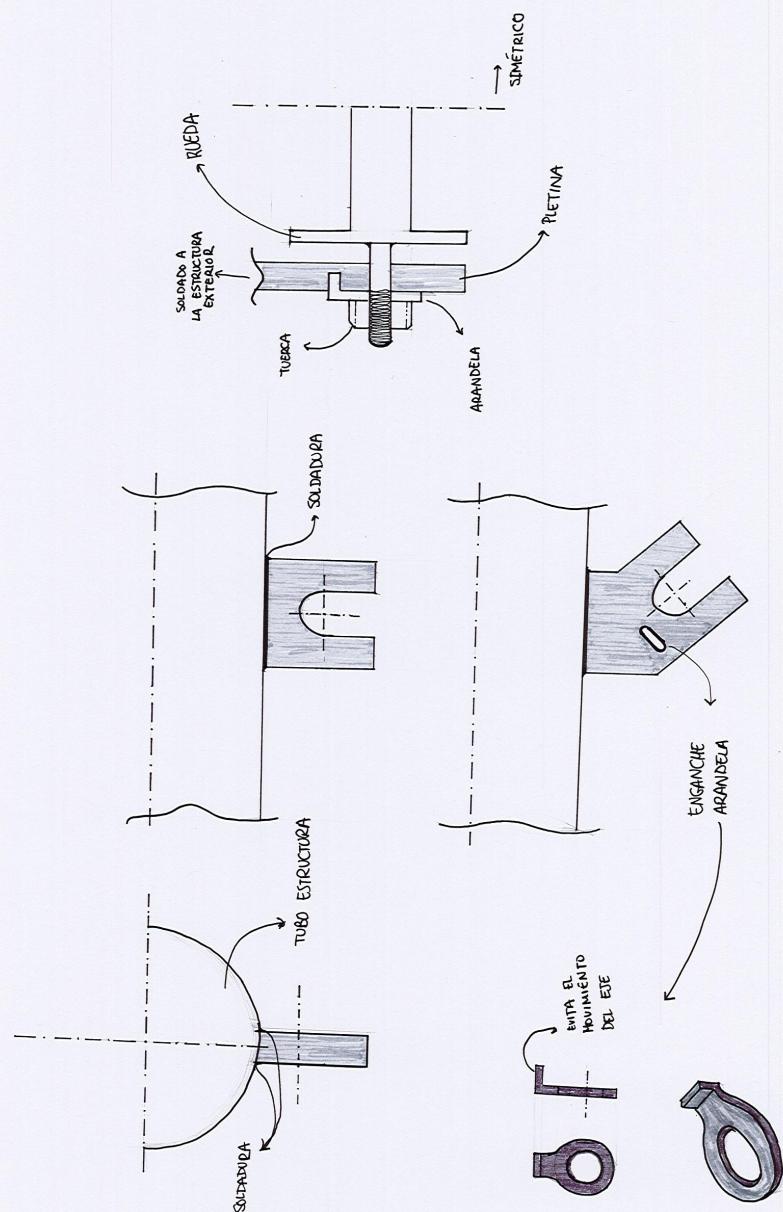
MOELLE: V.1.0







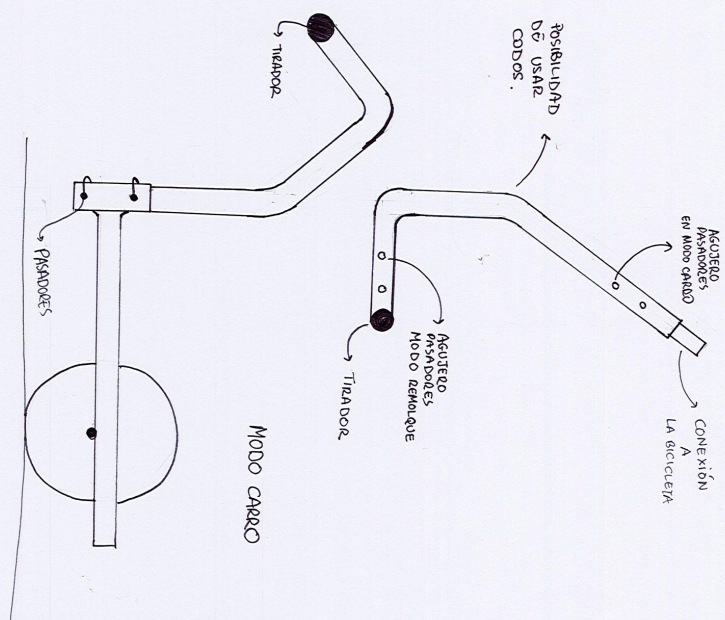
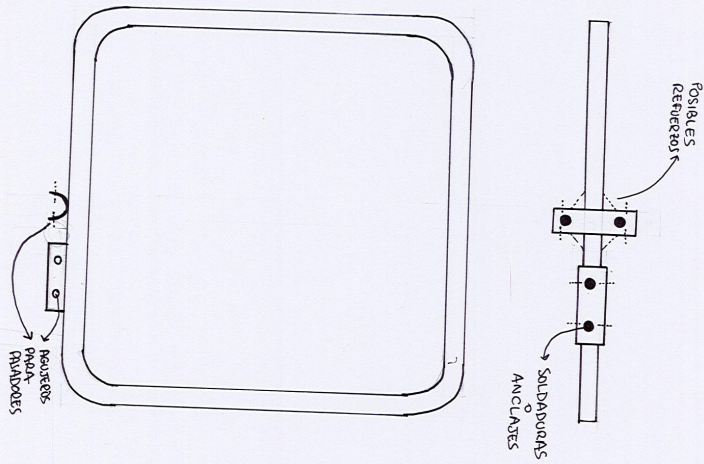
CONEXIÓN DE LAS RUEDAS PLETINAS SOLDADAS A LA ESTRUCTURA INTERIOR Y EXTERIOR

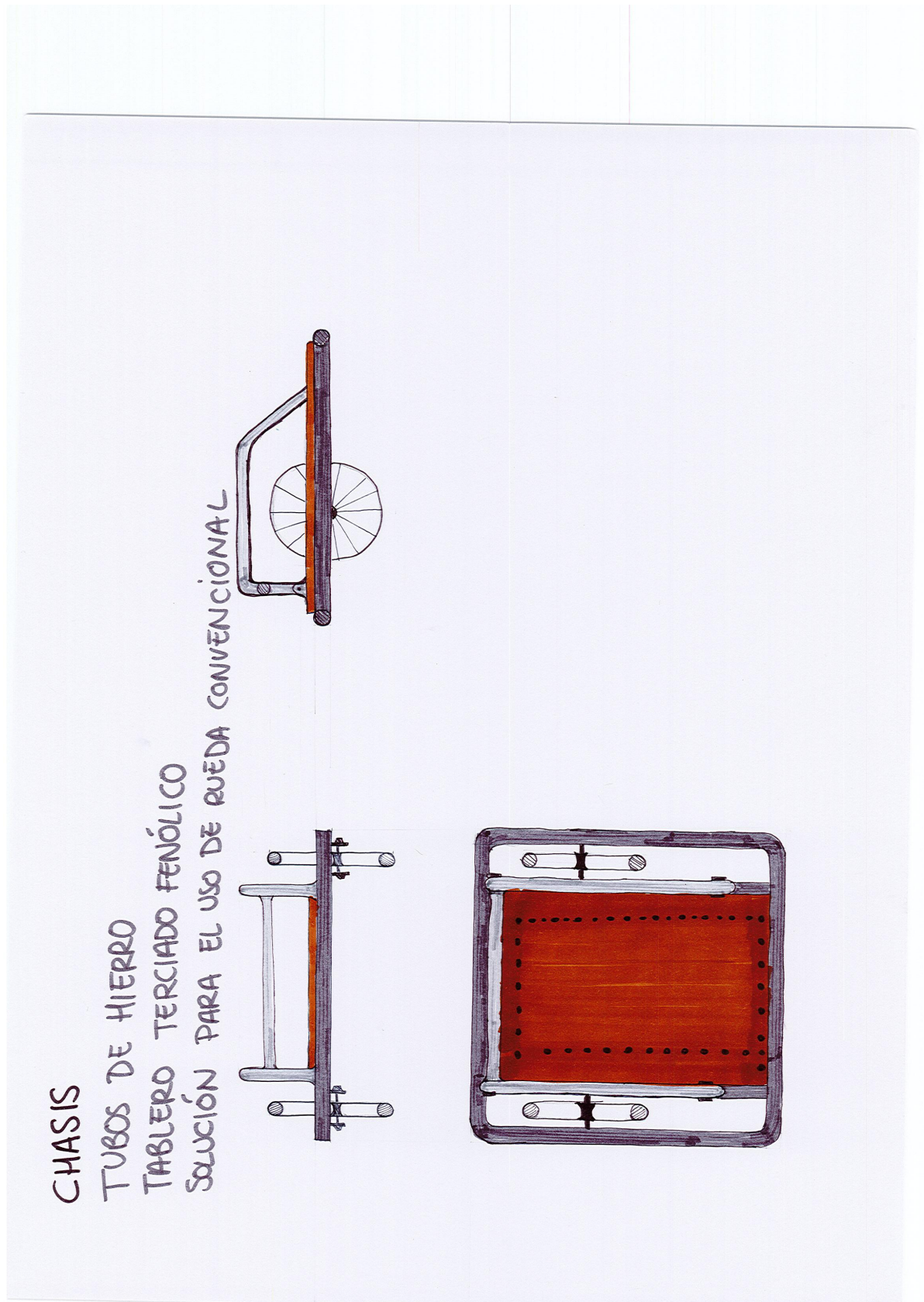


DISEÑO BARRA DOBLE MODO

1: MODO CARRO (VERTICAL)

2: MODO REMOLQUE (HORIZONTAL)

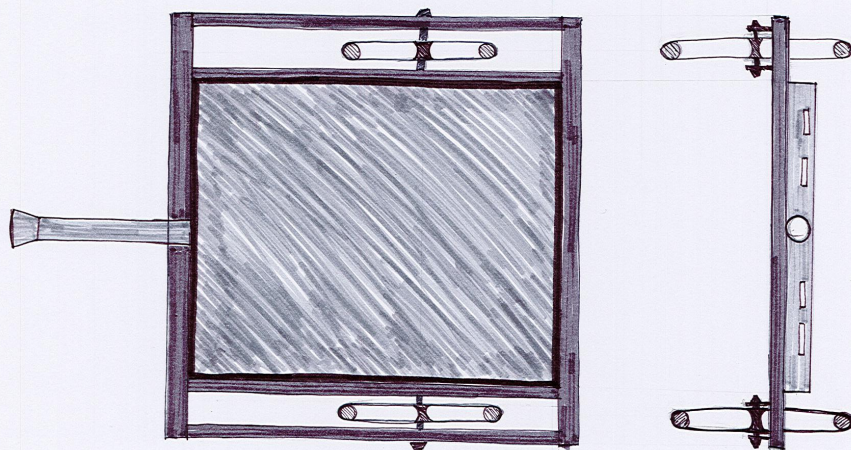


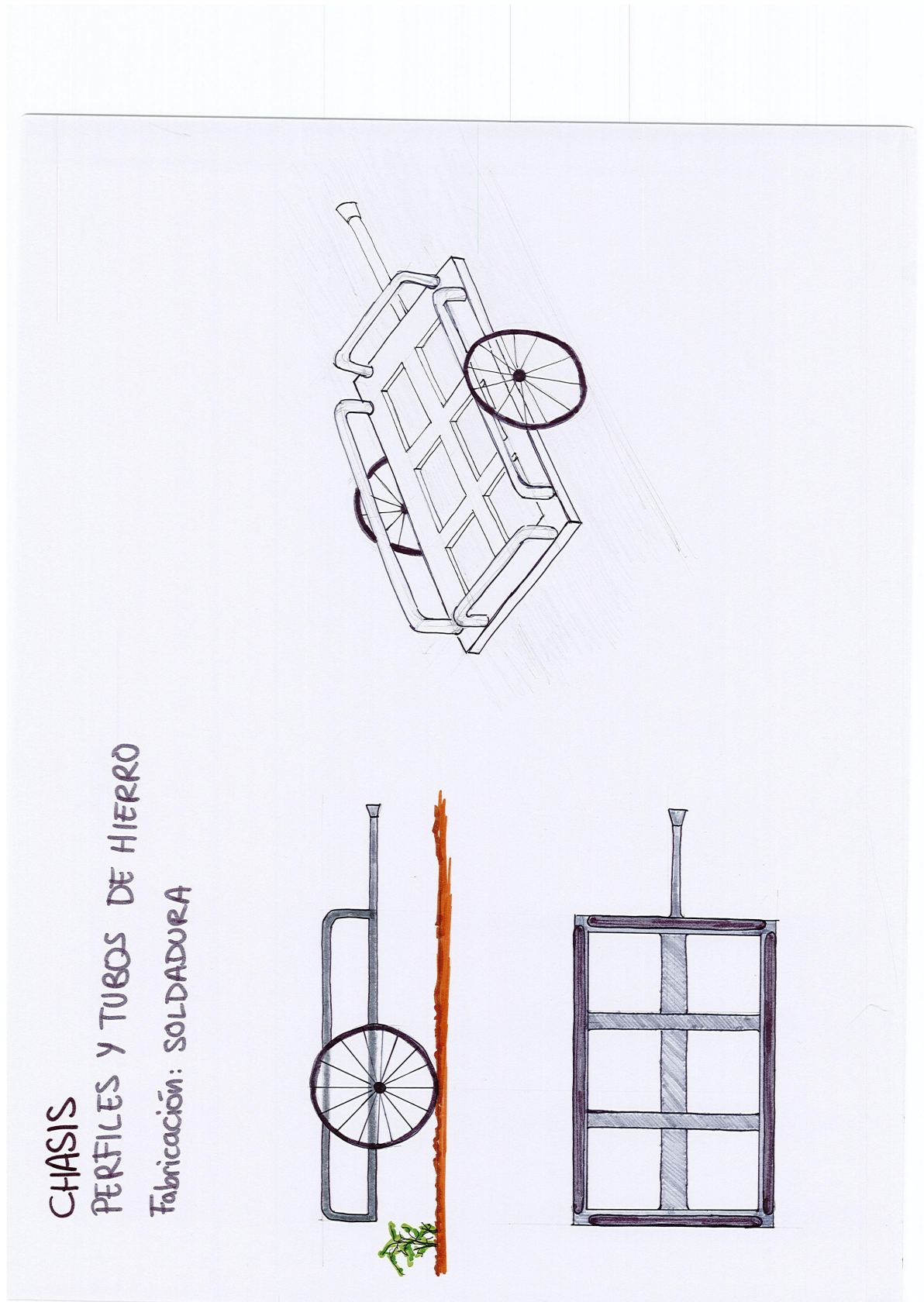


CHASIS

CASA Y AMPLIACIÓN DE TUBOS
HIERRO

SOLUCIÓN PARA EL USO DE RUEDAS CONVENCIONALES.





Bibliografía

- [1] “Universidad de Barcelona, las migraciones en europa.” <http://www.ub.edu/medame/TEMA2-2.pdf>. Accessed: 11-06-2018.
- [2] RAE, *Diccionario de la lengua española*.
- [3] “TheFreeDictionary, sostenible.” <https://es.thefreedictionary.com/sostenible>. Accessed: 10-11-2017.
- [4] “novagroup, innovacion frugal.” <http://novagroup.es/innovación-frugal/>. Accessed: 04-11-2017.
- [5] “Bicicletas sin fronteras, ong.” <http://www.bicicletassinfronteras.org/>. Accessed: 13-11-2017.
- [6] “Mozambikes, changing lives, one bicycle at a time.” <https://www.mozambikes.com/>. Accessed: 24-11-2017.
- [7] “Joaquín Romero de Tejada , chapas project - collective transport in maputo.” <https://chapasproject.wordpress.com/>. Accessed: 10-06-2018.
- [8] “Hinterher , munich bike trailers.” <https://www.hinterher.com/>. Accessed: 10-11-2017.
- [9] “SOLIDWORKS, plataforma online de solidworks.” <https://http://www.solidworks.es/sw/community.htm>. Accessed: 15-02-2018.
- [10] “Engineering ToolBox, factors of safety.” https://www.engineeringtoolbox.com/factors-safety-fos-d_1624.html. Accessed: 15-02-2018.
- [11] “Jornaldo Domingo, indústria madeireira em crise.” <http://jornaldomingo.co.mz/index.php/reportagem/2842-industria-madeireira-em-crise>. Accessed: 18-06-2018.
- [12] “Perspex, polypropylene overviewe.” <http://www.perspex.co.za/product/10/polypropylene-sheets/overview>. Accessed: 18-06-2018.
- [13] “Clotan Steel, steel.” <http://www.clotansteel.co.za/>. Accessed: 22-06-2018.
- [14] “KENDA, kenda designed for your journey.” <https://bicycle.kendatire.com/en-us/>. Accessed: 18-06-2018.
- [15] “Fastenere, m8-1.25 x 60mm metric socket head cap screws stainless steel din 912.” <https://www.fastenere.com/collections/socket-drive-screws/products/m8-1-25-x-60mm-metric-socket-head-cap-screws-stainless-steel-din-912-qty-10>. Accessed: 22-06-2018.

- [16] “WageIndicator, minimum wages in mozambique with effect from 01-04-2018 to 31-03-2019.” <https://wageindicator.org/salary/minimum-wage/mozambique/>. Accessed: 12-06-2018.
- [17] “Encyclopedia Britannica, mozambique.” <https://www.britannica.com/place/Mozambique>. Accessed: 16-04-2018.
- [18] “PricewaterhouseCoopers,.” <https://newsroom.intel.com/press-kits/40th-anniversary-of-the-microprocessor/#> Infographic 40 years of innovation. Accessed: 12-06-2018.
- [19] “Independent,bicycles a new design of status in mozambique.” <https://www.independent.co.uk/travel/news-and-advice/bicycles-new-sign-of-status-in-mozambique-2303298.html>. Accessed: 20-04-2018.
- [20] “United Naciones, biking to improve livelihoods in mozambique.” <https://http://www.undp.org/content/undp/en/home/presscenter/pressreleases/2015/11/20/biking-to-improve-livelihoods-in-mozambique-low-cost-branded-bicycles-drive-new-bcta-member-mo.html>. Accessed: 20-04-2018.

