



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño y Cálculo de un Acople de Cortacésped para
Carretilla Manual

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Martínez Esteve, José

Tutor/a: Peydró Rasero, Miguel Ángel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Resumen

Este proyecto consiste en el diseño de la fabricación de un acople para un cortacésped manual, donde puede ser ensamblado fácilmente en una carretilla manual, y poder realizar el proceso de desbroce sin usar ningún herbicida en el terreno, tanto si se tratase de una parcela con el fin de hacer algún tipo de cultivo sostenible, como de un terreno donde tengamos un jardín doméstico.

Este proyecto permitiría poder realizar un trabajo de agricultura ecológica, sin contaminación, y de forma sencilla, para que cualquier persona pueda utilizarla, sin necesidad de conocimientos previos y sin que se necesite un gran desembolso económico para ello, con un mantenimiento sencillo y económico, con recursos naturales, no contaminantes.

Esto se ha pensado para ser utilizado en lugares donde no haya grandes recursos económicos (recursos inasequibles para esos lugares), y que pueda ser utilizado por cualquier miembro adulto de una familia o menor con supervisión, optimizando los pocos recursos con los que se pueda contar, o para lugares donde introducir una maquinaria sea realmente complicado por su localización, orografía del terreno, y que por ello resulten inaccesibles (desniveles, declives...) , o de poca superficie (extensión), y por ello siendo de gran sencillez que pueda ser realmente útil.

Palabras clave: Diseño, acople, carretilla, cortacésped manual...

Resum

Aquest projecte consisteix en el disseny de la fabricació d'un acoble per a un tallagespa manual, on pot ser assemblat fàcilment en un carretó manual, i poder realitzar el procés de desbrossament sense usar cap herbicida en el terreny, tant si es tractara d'una parcel·la amb la finalitat de fer algun tipus de cultiu sostenible, com d'un terreny on tinguem un jardí domèstic.

Aquest projecte permetria poder fer un treball d'agricultura ecològica, sense contaminació, i de manera senzilla, perquè qualsevol persona pugui utilitzar-la, sense necessitat de coneixements previs i sense que es necessite un gran desemborsament econòmic per a això, amb un manteniment senzill i econòmic, amb recursos naturals, no contaminants.

Això s'ha pensat per a ser utilitzat en llocs on no hi haja grans recursos econòmics (recursos inassequibles per a aqueixos llocs), i que pugui ser utilitzat per qualsevol membre adult d'una família o menor amb supervisió, optimitzant els pocs recursos amb els quals es pugui comptar, o per a llocs on introduir una maquinària siga realment complicat per la seua localització, orografia del terreny, i que per això resulten inaccessibles (desnivells, declivis...) , o de poca superfície (extensió), i per això sent de gran senzillesa que pugui ser realment útil.

Paraules clau: Disseny, acoble, carretó, tallagespa manual...

Abstract

This project consists of the design of the manufacture of a coupling for a manual mower, where it can be easily assembled on a manual wheelbarrow, and be able to perform the process of weeding without using any herbicide on the ground, whether it is a plot in order to make some kind of sustainable cultivation, or a land where we have a home garden.

This project would allow carrying out an ecological agriculture work, without pollution, and in a simple way, so that anyone can use it, without previous knowledge and without requiring a large economic outlay for it, with a simple and economical maintenance, with natural resources, non-polluting.

This has been thought to be used in places where there are not great economic resources (unaffordable resources for those places), and that can be used by any adult member of a family or minor with supervision, optimizing the few resources that can be counted on, or for places where to introduce a machinery is really complicated by its location, orography of the land, and that therefore are inaccessible (slopes...), or of small surface (extension), and therefore being of great simplicity that can be really useful.

Keywords: Design, coupling, forklift, manual mower...

MEMORIA

ÍNDICE DEL DOCUMENTO

Contenido

1	Introducción	5
2	Objetivos	5
3	Necesidades/Planteamiento del problema.....	5
3.1	Planteamiento del problema:	5
3.2	Justificación:	6
3.3	Alcances:.....	6
3.4	Bases Teóricas:	6
3.4.1	Cortadora de césped:	6
3.4.2	Carretilla:	9
	Acople:.....	9
4	Normativa aplicada	11
4.1	NORMA ISO 9001	11
4.2	DIRECTIVA DE MÁQUINAS 2006/42/CE.....	12
4.3	EL REAL DECRETO 1215/1997	12
5	Análisis de alternativas.....	12
5.1	Estudio de mercado:	12
5.1.1	Peso del cortacésped	12
5.1.2	Superficie del césped	12
5.1.3	Precio del cortacésped	13
5.2	Alternativas de diseño.....	15
5.2.1	Alternativa 1:	15
5.2.2	Alternativa 2:	17
6	Descripción de la solución planteada.....	18
6.1	Factibilidad de la solución planteada	18
6.2	Descripción del diseño	21
6.2.1	Descripción de las piezas:.....	24
6.2.2	Resumen presupuesto y viabilidad económica	28

7	Conclusiones.....	30
8	Referencias bibliográficas	31

Listado de Figuras

Figura N° 1	Segadora de Césped tipo cilindro, marca ZAIHW	7
Figura N° 2	Cortadora de césped rotativa, marca BTA tools.....	8
Figura N° 3	Cortadora de césped de motor de combustión interna, marca PRETUL.....	8
Figura N° 4	Carretilla convencional	9
Figura N° 5	Acople Rígido	10
Figura N° 6	acople flexible	10
Figura N° 7	Acople de fricción	11
Figura N° 8	alternativa numero 1	15
Figura N° 9	imagen ampliada del acople de la alternativa 1	16
Figura N° 10	alternativa #2.....	17
Figura N° 11	imagen ampliada de la alternativa 2	18
Figura N° 12	Alternativa Seleccionada	19
Figura N° 13	Estudio de factibilidad de la alternativa seleccionada	19
Figura N° 14	imagen ampliada de la alternativa seleccionada	20
Figura N° 15	diseño final del acople.....	21
Figura N° 16	descripción de partes del acople	23
Figura N° 17	Tubería en L	24
Figura N° 18	Abrazaderas	25
Figura N° 19	Tubería en S.....	25
Figura N° 20	Eje de unión	26
Figura N° 21	Tuerca para tubería	27
Figura N° 22	Esparrago.....	27
Figura N° 23	Juego de tornillo, tuerca y arandela.....	28

Listado de Tablas

Tabla 1 modelos y características de cortacésped más comunes del mercado	14
Tabla 2 especificaciones técnicas del modelo de carretilla seleccionado	15
Tabla 3 estudio de la alternativa 1	16
Tabla 4 Estudio de factibilidad de la alternativa 2	17
Tabla 5 Lista de partes del acople	23
Tabla 6 Precios unitarios	29

1 Introducción

La ingeniería solventa problemas en determinadas situaciones basándose para ello en las leyes de la Física, modelos matemáticos, resultados experimentales, entre otras herramientas, además de ello, está abocada a alcanzar cada vez un mayor nivel de bienestar a la humanidad, ya sea mediante el diseño y construcción de maquinaria, desarrollo de procesos, oferta de servicios, entre otras actividades. De la misma manera tiene que adaptarse a las variaciones de los parámetros involucrados en un determinado proceso, respondiendo a las interrogantes que se generan para solventar de manera eficaz las problemáticas derivadas de dichas variaciones.

Teniendo en cuenta esto, en lo correspondiente a la agricultura, esta ha sido cuna de muchos inventos desarrollados en la ingeniería a través de la historia, con el fin de erradicar el trabajo manual o en su mejor caso disminuirlo o facilitarlo, siguiendo esta última premisa el desarrollo de este trabajo final de grado consistirá en el diseño de un acople de cortacésped para una carretilla manual, este diseño estará acompañado por los cálculos pertinentes y planos correspondientes, que serán de sustento para la futura elaboración del mismo.

2 Objetivos

El presente documento correspondiente al trabajo final de Grado del alumno José Martínez Esteve. Tiene como objetivo principal, diseñar un acople que permita unir de manera efectiva un cortacésped manual a una carretilla convencional, teniendo en cuenta varios factores de diseños referentes a la factibilidad, tanto técnica, operativa y económica; con el fin de generar un prototipo que sea sencillo, económico y lo suficientemente resistente y duradero, que pueda aguantar las exigencias que conlleva un trabajo al nivel agrario.

3 Necesidades/Planteamiento del problema

3.1 Planteamiento del problema:

desde la antigüedad, el hombre al asentarse en comunidades, empieza con las prácticas de la agricultura como la manera de conseguir sustento alimenticio sin conllevar un exceso de esfuerzo físico, una manera de mantener los cultivos de manera sana y sustentable es con la eliminación periódica de las malezas y otras plantas parásitos, así como también el replanteo de los cultivos en otras zonas, por lo que, las plantaciones deben de podarse con frecuencia, este método ha pasado desde realizarse de forma manual (hoz y machete) a formas más eficientes mediante mecanismos analógicos o motorizados llamados comúnmente cortacésped, los cuales constan de cuchillas rotatorias que se encuentran a una cierta distancia del suelo, esta distancia, es la que rige a que altura estará cortada la planta.

Por otro lado, desde la invención de la rueda, el ser humano ha conseguido con este invento la posibilidad de movilizar, con mayor facilidad materiales y alimentos a grandes distancia gracias a utilización de primeramente carretas aradas por animales, y posteriormente, su versión más compacta llamada carretilla, que es impulsada por personas; en lo que respecta a la poda, la carretilla es útil para recoger y trasladar todo aquello que es cortado de manera más sencilla, pero, se necesitan dos equipos (carretilla y cortacésped) y por ende 2 o más operarios para realizar el proceso de podado completamente, por lo que surge la siguiente pregunta: ¿existe la posibilidad de acoplar ambos equipos con la finalidad de facilitar la poda?, en caso de afirmación, surge también la interrogante ¿Cuál es la factibilidad técnica y económica del objeto de estudio?

3.2 Justificación:

Este documento tiene un valor de 12 créditos y constituye un documento indispensable para la obtención del título de graduado en el grado anteriormente mencionado. Además, este documento permite demostrar parte de los conocimientos adquiridos durante el transcurso de los cuatro años de carrera.

La justificación principal del proyecto planteado, se basa en la practicidad que se lograra en la ejecución manual de la poda por los usuarios. Con el diseño de este acople, que permitirá unir una carretilla con un cortacésped manual, se simplificara toda la operación, al reducir considerablemente el número de equipos para el proceso, teniendo en cuenta, la facilidad del montaje y desmontaje de la pieza a diseñar, así como también, el bajo costo de fabricación y posterior venta, que permitirá a este proyecto, ser una propuesta atractiva al nivel económico, a los usuarios en el mercado.

3.3 Alcances:

El presente trabajo promueve realizar una propuesta económica y practica para facilitar el trabajo de poda, todo esto, bajo el marco investigativo hasta el nivel de diseño. Esto debido a que, al no contar con las herramientas necesarias y por la falta de presupuesto, no es factible en este trabajo de investigación la aplicación y/o ejecución de la propuesta aquí generada. Se explicaran y pondrán en práctica los fundamentos teóricos para los diversos cálculos correspondientes, que sean necesarios aplicar, limitándonos a datos recopilados de diferentes fuentes, con el fin de que la propuesta obtenida sea factible al nivel técnico y económico.

3.4 Bases Teóricas:

3.4.1 Cortadora de césped:

Una cortadora de césped es una herramienta que posee un conjunto de cuchillas giratorias que se utilizan para cortar la superficie del césped y así lograr una altura uniforme en todo el terreno del pasto en el que se quiera trabajar. Estas cuchillas pueden girar junto al eje de rotación de las ruedas, como también independientemente a este.

3.4.1.1 Tipos de cortadoras de césped:

Las cortadoras de césped se clasifican por su mecanismo de rotación y por su fuente de energía. En el caso de las cortadoras de césped por mecanismo de rotación, los principales tipos son los siguientes:

3.4.1.1.1 Segadoras de cilindro o carrete

Las cortadoras de césped de cilindro o carrete están equipadas con una cuchilla de corte horizontal, la cual se puede fijar a la altura de corte que se desee. Sobre este cilindro hay una serie de cuchillas que giran rápidamente y que obligan a la hierba a pasar por la barra de corte.

Este tipo de cortadora de césped suele ser el que ofrece mayor precisión en comparación con el resto de los modelos de cortadoras que se pueden encontrar en el mercado. Además, su mecanismo de funcionamiento hace que sea capaz de cortar la hierba de una manera mucho más rápida y eficiente.



Figura N° 1 Segadora de Césped tipo cilindro, marca ZAIHW

3.4.1.1.2 Cortadoras de césped rotativas

La cortadora de césped rotativa es la que posee una cuchilla que gira alrededor de un eje vertical a alta velocidad, permitiendo que la cortadora pueda podar el césped de una forma uniforme y simétrica, sin tener que recurrir a herramientas manuales que pueden ser un poco más tediosas de utilizar.



Figura N° 2 Cortadora de césped rotativa, marca BTA tools

Por otro lado, también podemos encontrar los tipos de cortadoras de césped que se clasifican por la fuente de energía, la cual puede ser cualquiera de las siguientes:

3.4.1.1.3 Gasolina:

La mayoría de las segadoras de empuje rotativas funcionan con motores de combustión interna. Dichos motores suelen ser motores de cuatro tiempos, que se utilizan por su mayor par y una combustión más limpia (aunque varios modelos más antiguos utilizaban motores de dos tiempos), que funcionan con gasolina (gasolina) u otros combustibles líquidos.



Figura N° 3 Cortadora de césped de motor de combustión interna, marca PRETUL

3.4.1.1.4 Electricidad:

Las cortadoras de césped eléctricas se subdividen en modelos eléctricos con cable e inalámbricos. Ambos son relativamente silenciosos, por lo general producen menos de 75 decibeles, mientras que una cortadora de césped de gasolina puede ser de 95 decibeles o más.

3.4.1.1.5 Manuales:

En los cortacéspedes manuales, el carrete está sujeto a las ruedas del cortacésped mediante engranajes, de modo que cuando se empuja el cortacésped hacia adelante, el carrete gira varias veces más rápido que las ruedas de plástico o con neumáticos de goma.

Por otra parte, podemos definir los siguientes conceptos:

3.4.2 Carretilla:

Una carretilla es una herramienta que se trata de una especie de carro con una única rueda en el frente; dos soportes traseros largos, que van desde la parte posterior de la concha hasta el suelo; y un par de manubrios (también largos) en la parte trasera superior. Además, lleva una especie de bandeja honda sobre las ruedas y los soportes para depositar lo que la persona quiera transportar.



Figura N° 4 Carretilla convencional

Por sí sola, la carretilla no es capaz de rodar, pese a tener una rueda, porque los soportes traseros se lo impiden. La mantienen estable sobre una superficie. Pero cuando una persona levanta la carretilla usando los manubrios, esta rodará con su llanta frontal y hará que el peso de la carga quede repartido entre la persona y la rueda. El usuario podrá dirigirla con facilidad hacia donde él desee.

3.4.3 Acople:

Los acoples son dispositivos o elementos que sirven para unir dos elementos en sus extremos, con el objeto de transmitir movimiento con una potencia y velocidad determinada. Debido a la gran cantidad de elementos y potencias a transmitir, los acoples se pueden dividir en los siguientes tipos:

3.4.3.1 Acoplamiento rígido

El acoplamiento rígido es un tipo de acoplamiento que no tiene ninguna flexibilidad o amortiguación. Los acoplamientos rígidos se utilizan para transmitir energía y rotación con una transmisión de par directa y sin desalineación. Este tipo de acoplamiento es adecuado para aplicaciones que requieren una transmisión de potencia y rotación precisa y confiable



Figura N° 5 Acople Rígido

3.4.3.2 Acoplamiento flexible

El acoplamiento flexible, también conocido como acoplamiento de goma, se utiliza para reducir la transmisión de vibraciones y ruido a través del sistema. Los acoplamientos flexibles pueden ser de un solo elemento o múltiples elementos y se fabrican con goma o materiales similares para proporcionar amortiguación.



Figura N° 6 acople flexible

3.4.3.3 Acoplamientos de fricción

El acoplamiento de fricción es un tipo de acoplamiento que utiliza una fricción mecánica para transmitir energía y rotación. Los acoplamientos de fricción incluyen acoplamientos de freno y acoplamientos de fricción positiva. Estos acoplamientos se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde sistemas de transmisión de potencia hasta sistemas de control de velocidad.



Figura N° 7 Acople de fricción

4 Normativa aplicada

Para la elaboración de este acople no hay una norma establecida para fabricar la pieza, no obstante “La Norma ISO 9001” es la que mayormente suele aplicarse en estos casos, la cual está completamente involucrada con la calidad del producto.

4.1 NORMA ISO 9001

La Norma ISO 9001 es un estándar internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad en una organización. Desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), la cual es utilizada en todo el mundo como guía para mejorar la calidad de productos y servicios de una empresa

Teniendo en cuenta el apartado de seguridad, nos podemos referir a las siguientes normas

4.2 DIRECTIVA DE MÁQUINAS 2006/42/CE

Es una legislación europea que establece los requisitos de seguridad y salud aplicables a las máquinas y equipos en el ámbito de la Unión Europea. Garantiza un alto nivel de protección para usuarios y trabajadores al utilizar maquinaria. Los requisitos esenciales de seguridad establecen una serie de requisitos de seguridad que las máquinas deben cumplir para garantizar la protección de las personas. Estos requisitos cubren aspectos como el diseño y la construcción, los controles de seguridad, las advertencias y las instrucciones de uso.

Por su parte al nivel nacional existe:

4.3 EL REAL DECRETO 1215/1997

Normativa española que establece disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de equipos de trabajo. En materia de seguridad El decreto establece requisitos específicos de seguridad para los equipos de trabajo, como la estabilidad, resistencia y seguridad de los componentes, sistemas de control y protección contra riesgos mecánicos, eléctricos y químicos.

5 Análisis de alternativas

5.1 Estudio de mercado:

Para poder empezar el análisis de las alternativas, de los acoples que podrán unir un cortacésped a una carretilla, se debió realizar previamente un estudio de mercado, para saber la disponibilidad de los diferentes tipos de carretillas y cortacésped que existen, para así escoger a uno de ellos con el fin de, facilitar los análisis y posteriormente la selección de la alternativa final.

Para que la elección del acople sea realmente la acertada, más allá de la carretilla, la pieza principal es el cortacésped, por lo que existen parámetros a considerar al momento de escoger el más óptimo para el diseño:

5.1.1 Peso del cortacésped

Si bien tienen todos los modelos de cortacésped son algo pesados, algo que sin duda hace que el trabajo sea muy cómodo, es que el peso de los mismos no sea exageradamente alto. Así, si una persona que no tiene demasiada fuerza en los brazos, se le hará más llevadero el trabajo con un cortacésped que no pese demasiado. Ahora bien, lo que se debe tener presente es que un cortacésped ligero tendrá un compartimento más pequeño, y que por lo tanto se habrá diseñado para superficies reducidas, de hasta 100-150 metros cuadrados.

5.1.2 Superficie del césped

No es lo mismo un césped de 50 metros cuadrados que otro de 300. Dependiendo de la superficie del jardín, se debe elegir uno u otro modelo de cortacésped, pues aquellos que son más grandes, con un depósito de hierba mayor, están más diseñados para las superficies amplias que no para las reducidas. Esto no quiere decir que no se puedan utilizar si se tiene un área de


césped más bien pequeña, pero sí que es cierto que de hacerlo, se va a gastar mucho más dinero del que se gastaría si se compra un modelo adecuado a las necesidades.

5.1.3 Precio del cortacésped

Los parámetros anteriores pueden definir el precio final del producto. Teniendo en cuenta que para el estudio de las alternativas se debe escoger un modelo con una muy buena relación calidad-precio. Esto es muy importante. No hay que adquirir un cortacésped manual sin antes leerse las características, e incluso siempre que sea posible.

Teniendo en cuenta estos parámetros, la mejor opción para el diseño se basará en cortacésped manuales del tipo segadora de carrete ya que, estos debido a su simplicidad, su peso es inferior en comparación a los rotativos, además de que, al ser de mecanismos simples, no requiere de algún motor eléctrico y/o a gasolina, lo que abarata su costo, y teniendo también en cuenta que el diseño del acople final estará enfocado a un público casero por lo que, las superficies del césped a cortar no serán de gran envergadura.

Mediante la consulta por diferentes portales web de ventas de productos de jardinería, se pudo visualizar tres modelos de cortacésped que cumplen con los parámetros anteriores

Modelo	Modelo	Características técnicas	Precio
Bosch Home and Garden 0600886001.		<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: 42 x 42.5 x 46 cm. • Peso del producto: 6.4 kg. • Ancho de corte: 30 cm. • Altura de corte: 12 – 40 mm 	90,66 €



Einhell GC-HM 40.		<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: 58 x 24 x 35 cm. • Peso del producto: 7.24 kg. • Ancho de corte: 40 cm. • Altura de corte: 15 – 35 mm 	89,95 €
Einhell GE-HM 28 S.		<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: 45.5 x 55 x 27 cm. • Peso del producto: 7.7 kg. • Ancho de corte: 38 cm. • Altura de corte: 13 – 38 mm 	90,32 €

Tabla 1 modelos y características de cortacésped más comunes del mercado

Decantándonos por el primer modelo debido a que sus dimensiones y peso son los más reducidos de los 3 y que es uno de los modelos más vendidos en España y en Europa en general, por lo que el acople a diseñar, al momento de su ensamble, este cortacésped aún debe mantener sus características de cortes intacta.

Con respecto a la selección de la carretilla, basándonos en las normativas antes descritas, esta debe ser de paso estrecho, y escogimos una de capacidad de 110 lts debido a que estas son las más comerciales

Modelo	Modelo	Características técnicas	Precio
CARRETILLA PINTADA 110L PASO ESTRECHO		Material : Acero Capacidad : 110 Lts Diámetro de la rueda : 240 mm Diámetro del chasis: 960 mm	53 €

		Espesor de la tolva: 1 mm	
		Diámetro del bastidor: 32 mm	

Tabla 2 especificaciones técnicas del modelo de carretilla seleccionado

5.2 Alternativas de diseño

Para la solución planteada, se manejaron un número reducido de alternativas con el fin de no hacer, tan extenso el estudio investigativo, la cantidad acordada de alternativas a plantear fueron tres (3), y los parámetros que rigen la selección final de ellas, se basaron netamente en la factibilidades técnicas y operativas que presentan cada uno de los diseños

En este apartado se mostraran dos de las tres alternativas estudiadas, estas dos alternativas, después de un minucioso estudio, fueron descartadas por diferentes motivos, los cuales también son descritos en este apartado

5.2.1 Alternativa 1:



Figura N° 8 alternativa numero 1

Parámetro	viabilidad
Factibilidad de diseño	Aceptable
Factibilidad operativa	Excelente
Factibilidad de fabricación	deficiente

Tabla 3 estudio de la alternativa 1

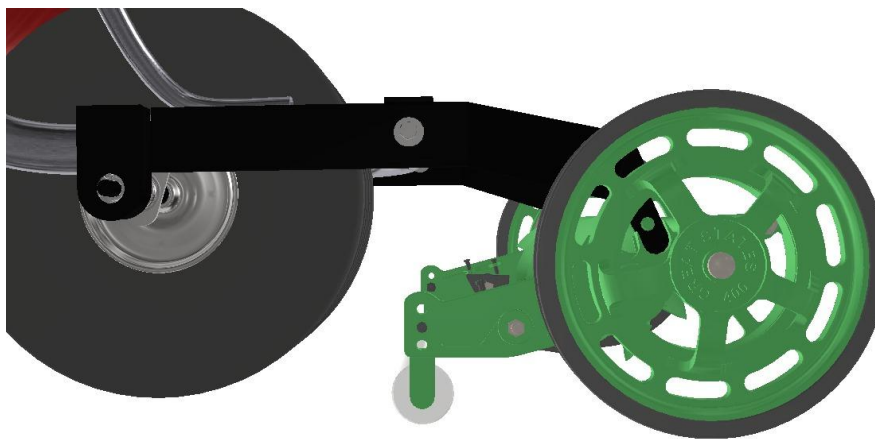


Figura N° 9 imagen ampliada del acople de la alternativa 1

En esta alternativa, como fue descrita en la tabla anterior, posee factibilidad técnica (de diseño), operativa pero no de fabricación; al nivel de técnico, el acople que une los ejes de la rueda de la carretilla con el eje del cortacésped, es posible diseñarlo, además de que éste, es capaz de soportar el peso eficientemente y por ende los esfuerzos que eso conlleva, mientras que al nivel operativo, al ser Semi- independientes ambos ejes, la maniobrabilidad del conjunto no se ve afectada, y es fácil su montaje – desmontaje.

El problema de esta propuesta radica al nivel de fabricación, debido a que se debe modificar el eje principal del sistema es decir, el eje de la carretilla donde se encuentra el caucho, por lo que para la fabricación de este acople, se debe también fabricar el nuevo eje de la carretilla, lo que conlleva a un mayor aumento de gastos, y aumento de riesgos de seguridad, además de que se alejaría de la finalidad de este trabajo final de grado, por lo que debido a esto, la alternativa fue rechazada.

5.2.2 Alternativa 2:



Figura N° 10 alternativa #2

Parámetro	viabilidad
Factibilidad de diseño	deficiente
Factibilidad operativa	Deficiente
Factibilidad de fabricación	Aceptable

Tabla 4 Estudio de factibilidad de la alternativa 2



Figura N° 11 imagen ampliada de la alternativa 2

Similarmente al caso de la alternativa 1, se le realizó el mismo análisis de criterios para esta alternativa, dando como resultado, que posee una buena factibilidad de construcción pero no de diseño y operatividad, esto debido a que, al nivel de fabricación, es una pieza sencilla que está compuesta por elementos que pueden ser elaborados en cualquier taller metalmecánico, sin embargo el diseño de este acople, a pesar de su sencillez requiere que el espesor de los materiales sea mayor debido a que el acople soportara directamente todo el peso de la carretilla, lo que implicaría mayores esfuerzos, que a la larga reducirán la vida útil del acople y disminuyen su factor de seguridad.

Siguiendo este orden de ideas, al nivel operativo esta alternativa es deficiente debido a la poca estabilidad que se generaría al momento de utilizarlo, principalmente debido a la rigidez del mismo que impediría un trabajo ergonómico aceptable en un terreno irregular, que a su vez se le sumaría la imposibilidad de girar cómodamente (debido al poco radio de giro) al momento de terminar un área de podado, teniendo que, retroceder y en algunos casos, levantar todo el conjunto para dar la vuelta.

6 Descripción de la solución planteada

6.1 Factibilidad de la solución planteada

Para la selección de la alternativa ganadora, se manejaron los mismos criterios de alternativas descartadas, para este caso, la figura siguiente muestra el diseño final, y a su vez la tabla consiguiente, el resumen de la factibilidad del diseño según los parámetros previamente mencionados

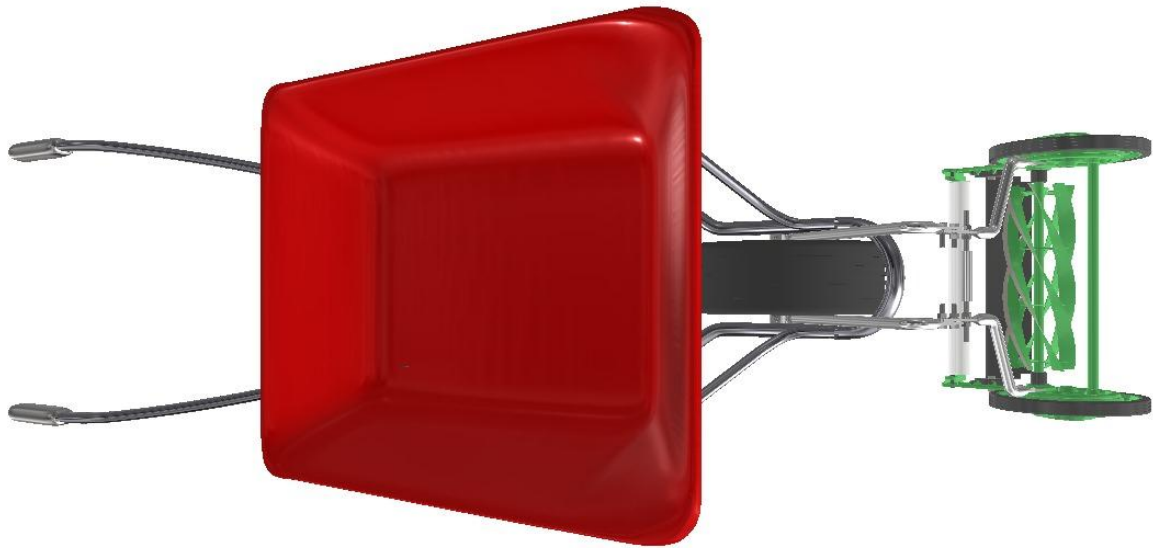


Figura N° 12 Alternativa Seleccionada

Parámetro	viabilidad
Factibilidad de diseño	aceptable
Factibilidad operativa	aceptable
Factibilidad de fabricación	excelente

Figura N° 13 Estudio de factibilidad de la alternativa seleccionada

Como fue descrito en la tabla anterior, el prototipo planteado, posee buenas características que lo hacen que el diseño sea factible en los 3 parámetros descritos, al nivel de diseño la propuesta seleccionada es viable en gran medida, debido a que su simplicidad, como se verá más adelante, permite que mecánicamente, la pieza sea capaz de soportar todos los esfuerzos producidos por el uso que va a tener los elementos a acoplar. Al nivel operativo, como no hace falta modificar el eje de la rueda de la carretilla, se puede utilizar este mismo para hacer que el ensamblaje de la pieza (acople) sea de mayor facilidad, solo bastara en ajustar o desajustar las abrazaderas que unen a ambas piezas, similarmente, pasa con la unión entre el cortacésped y el acople.

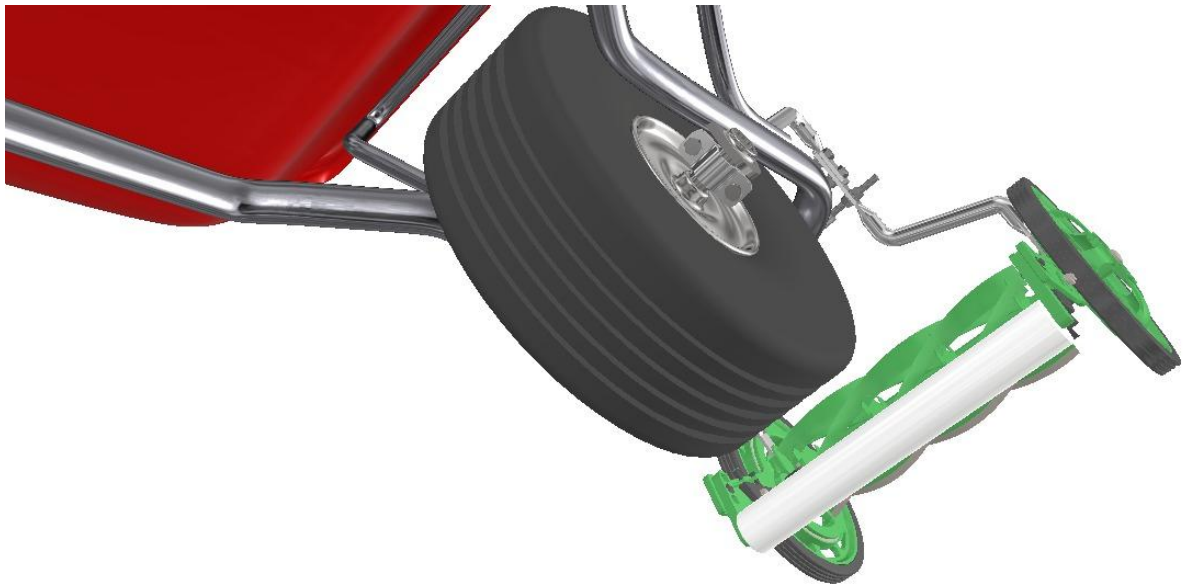


Figura N° 14 imagen ampliada de la alternativa seleccionada

Por otra parte, al compartir un eje común, el acople y a su vez el cortacésped no van a interferir en la maniobrabilidad de la carretilla, a su vez que el andar se garantiza lo más cercano posible al de la carretilla sin que este estuviera colocado, por último, como se dijo en el apartado de diseño, este acople posee relativamente pocas piezas, cada una de una sencillez tal que es posible de fabricar en cualquier taller metalmecánico, e incluso si estos son del nivel artesanal, por otra parte, en el apartado de diseño las piezas que constituyen el acople están basadas en materiales y especificaciones, que se pueden conseguir fácilmente en el mercado europeo, así como también al nivel global debido a que , se utilizaron medidas normalizadas y dimensiones estandarizadas

6.2 Descripción del diseño



Figura N° 15 diseño final del acople

El acople diseñado está formado por un conjunto de piezas de relativa sencillez, que hace que este posea buena rigidez, pero a su vez que sea tenaz. Como se ve en la figura anterior, el acople está conformado principalmente por 2 juegos de tubos ambos fabricados de aluminio, que van unidos entre sí por dos pares de tornillos, esto permite que el armado del acople sea de mayor facilidad para el operario, por otra parte al hacer el acople en 2 partes, la distribución de esfuerzos combinados es más equitativa, ya que, como es bien sabido por la relación de esbeltez, a mayor longitud que posea un tubo, más fácil se le hace deformarse, siempre y cuando su diámetro sea mucho menor al largo de este; por lo que, como se debe tener un diseño que sea de poco peso, los tubos seleccionados deben ser de un diámetro bajo, y por lo tanto una longitud no muy alta, esto permite que sean lo suficientemente capaces de soportar correctamente las cargas planteadas.

Siguiendo este orden de ideas, para darle mayor rigidez al conjunto, el acople posee un eje de unión que se atornilla a ambos juegos de tubos, este eje está hecho de material macizo, y sus extremos son roscados. Por otra parte para unir el acople al eje de la carretilla, se hace mediante un juego de esparrago y abrazadera, el esparrago va soldado al tubo superior y es el encargado de unir ambos ejes (el de la carretilla y el del tubo), mientras que la abrazadera permite que esta unión sea fuerte pero a su vez, permite también que sea desmontable todo el aparejo.

A continuación se presentan una lista de partes que constituyen el acople, y por consiguiente una explicación detallada de los mismos:

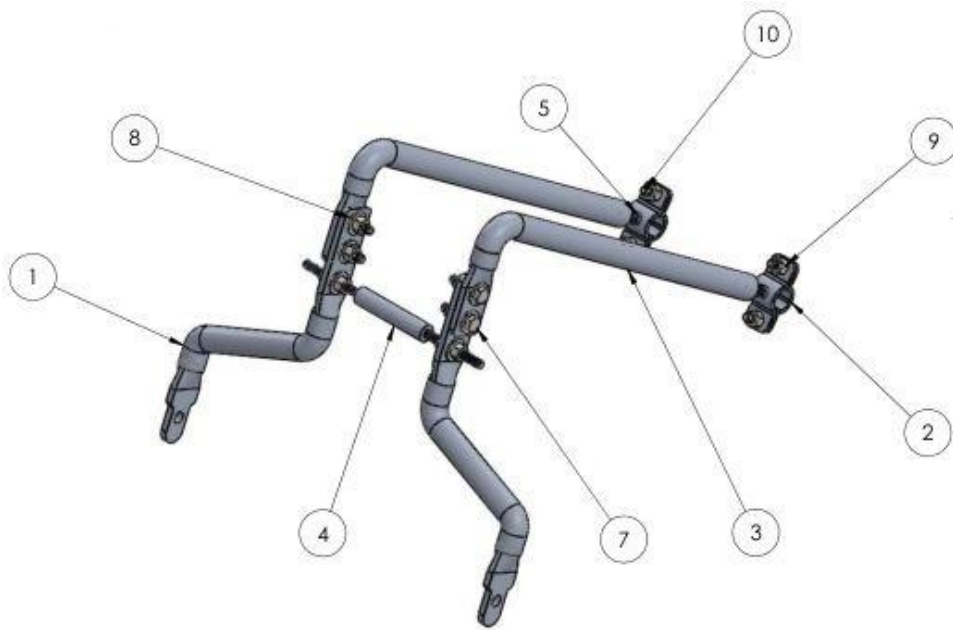


Figura N° 16 descripción de partes del acople

Pieza	Nombre	Descripción
1	Tubo en forma de "S"	Tubería comercial de aluminio $\varnothing = 3/8''$
2	Abrazadera	Lamina de 3mm conformada
3	Tubo en forma de "L"	Tubería comercial de aluminio $\varnothing = 3/8''$
4	Eje de unión	Eje Macizo $\varnothing = 12 \text{ mm}$
5	Esparrago	Barra roscada $\varnothing = 6 \text{ mm}$
6	Tuercas para tubería	Eje macizo $\varnothing = 13 \text{ mm}$
7	Perno	Tornillo comercial M6 X 18
8	Arandela Plana	Arandela comercial M6, espesor 1,6mm
9	Tuerca	Tuerca M6
10	Perno	Tornillo comercial M6 X 18

Tabla 5 Lista de partes del acople

6.2.1 Descripción de las piezas:

6.2.1.1 Tuberías "L":



Figura N° 17 Tubería en L

Esta pieza está conformada por un tubo de diámetro 3/8 pulgadas cuyo espesor es de 2,32mm fabricados de aluminio 6061, la elección de este diámetro, espesor y material tienen que ver con los siguientes puntos:

Primeramente, al poseer poco espacio entre los ejes de la rueda de la carretilla y el eje de la podadora, se recomienda el uso de tuberías de poca longitud, y a su vez como la pieza debe ser doblada, al ser una tubería corta esta debe también ser de diámetro pequeño, por lo que la tubería comercial de aluminio más pequeña y común del mercado es aquella de 3/8", la cual fue seleccionada, a su vez el espesor de esta se escogió, basándonos en la resistencia de fluencia del tubo que ofrece en comparación a los esfuerzos que soportará (ver anexo de cálculos), y por último el material fue escogido, también basándonos en el mismo criterio anterior como a su vez, teniendo en cuenta la ligereza que se requiere de la pieza y las condiciones ambientales en las cuales esta operará.

Siguiendo con la descripción de la pieza, la longitud total de ella es de 284,32mm con un peso aproximado de 105 gramos, el ángulo de dobles es aproximadamente 77° con un radio de 23,57mm, y en unos de sus extremos, como se nota en la figura 16 anterior, el tubo presenta un aplanamiento y perforaciones (de 6,6mm), este aplanamiento se lleva hasta unos 4,63mm, y se le realiza al mismo tubo con el fin de tener mayor área de sujeción para los pernos, debido a que esta parte es la que servirá de conexión con el otro tubo y el eje de unión.

El esfuerzo que soportaran los tubos así como los cálculos que los sustentan, tanto para esta pieza como para las demás, además de los planos y proceso de fabricación se pueden observar en los anexos correspondientes.

6.2.1.2 Abrazadera:



Figura N° 18 Abrazaderas

El conjunto de abrazaderas es la pieza que soportara mayores niveles de carga de todo el conjunto, según los cálculos realizados estas son capaces de soportar 41,91 MPa, lo que es un valor lo suficientemente aceptable en comparación al esfuerzo de fluencia del material, estas al igual que los tubos en L estarán fabricadas de aluminio 6061, poseen unas dimensiones de 50 x 20 mm, con un radio de curvatura de 7,50mm (lo suficiente para que quepa el eje de la rueda de la carretilla), y un espesor de 2,5mm, el juego de láminas serán unidas semipermanentemente por 2 pernos, por lo que las abrazaderas, poseen perforaciones de 6,4mm equidistantes entre sí, con una separación al borde de 6mm.

6.2.1.3 Tuberías "S":

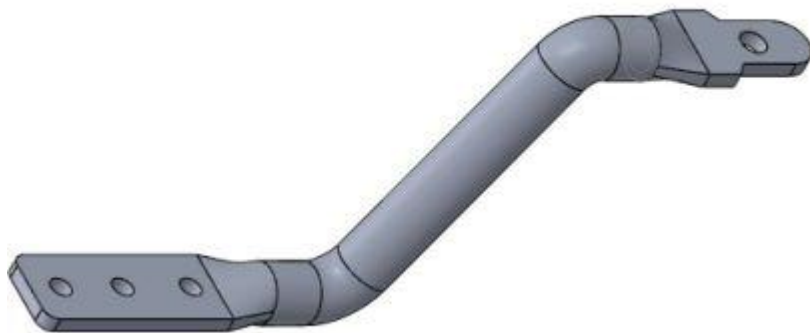


Figura N° 19 Tubería en S

Al igual que en el caso de la tubería en L, para la selección de esta tubería se aplicaron los mismos criterios de diseño, la única diferencia aquí con respecto al otro par es la forma y sus dimensiones, la forma dada a esta tubería radica en la diferencia de longitud que hay entre el eje de la rueda de la carretilla y el eje de las ruedas del cortacésped, por lo que se requiere que existan dos dobleces en sentido contrario, los cuales le dan la peculiar forma de letra S, ambos dobleces son de un ángulo de 110° , la longitud de esta pieza es de 302,16mm, con un peso de 89gr, en uno de los extremos (el lado donde se unirá al otro tubo) posee al igual que las tuberías en L, un aplanamiento y perforaciones con el fin de que la unión entre ambos tubos sea más firme, y por el otro lado también posee un aplanamiento que permite la conexión a modo de presión, entre el tubo y el eje del cortacésped, por medio de una perforación de 8mm de diámetro..

6.2.1.4 Eje de unión;



Figura N° 20 Eje de unión

Este elemento como se mencionó antes en la descripción general del acople, es colocada para darle rigidez al conjunto en sí, es decir, su función es de un marco para evitar principalmente excesiva deformación de los tubos, cuando el operario, realice movimientos bruscos, esto conlleva a una reducción sustancial de los esfuerzos soportados por las demás piezas del acople, en especial de los pernos. La forma de esta pieza es de una barra roscada de 12 mm de diámetro y una longitud de 160 mm para un peso total de 24 gramos debido a que esta, al igual que los otros elementos del acople, está fabricada de aluminio 6061, en ambos extremos de la barra lleva un roscado para rosca M6 de paso 2mm, debido a que esta pieza ira unida a los tubos de manera semipermanente, ambas zonas de roscado miden unos 50mm.

6.2.1.5 Tuerca para tubería: y esparrago



Figura N° 21 Tuerca para tubería

La función principal de esta pieza, es de unir el tubo en L con las abrazaderas mediante el esparrago, esta estará ubicada dentro del tubo, unida mediante soldadura, posee un peso de 2,26 gramos, y una longitud de 10mm, el diámetro externo es de 12,52 mm (similar al diámetro interno del tubo), el diámetro interno es de 6mm y posee un roscado para ajustar el esparrago, y por maneras estéticas, se le realiza un chaflán de 1,5mm para reducir el diámetro externo a 9,5mm.



Figura N° 22 Esparrago

Por su parte el esparrago, se realiza a partir de una barra roscada de 6mm, la longitud de este es de unos 10mm, se une al tubo en L mediante la tuerca descrita anteriormente, y a las abrazaderas mediante soldadura.

6.2.1.6 Pernos, Tuerca, Arandela:



Figura N° 23 Juego de tornillo, tuerca y arandela

Los pernos, las tuercas y las arandelas son elementos restantes del acople, son las únicas piezas que no se fabricarían desde cero, estos están regidos por medidas ISO, siendo escogidas el tamaño de diámetro= 6mm (M6) y todos fabricados de acero. El perno está constituido por un tornillo de cabeza hexagonal y un vástago de 18 mm, estas características hacen que el factor de seguridad de estos sea de 15,8 (ver anexo de cálculos), lo suficientemente seguros para el trabajo que se le aplicara al acople. La cantidad de pernos que posee el acople es de ocho, cuatro para unir los tubos S y L, y cuatro para unir las arandelas al eje de la rueda de la carretilla, por su parte para el acople se requerirán diez (10) tuercas M6, ocho para los pernos, y dos para asegurar la conexión entre el eje de unión y los tubos, y se requieren también 20 arandelas planas.

6.2.2 Resumen presupuesto y viabilidad económica

En este apartado, se mostrara un resumen del precio unitario calculado en base al material seleccionado en el anexo III y del diseño final de la alternativa del acople.

Concepto	Concepto	Concepto	Concepto	Concepto
TUBO DE ALUMINIO	t	1500	0,0004	0,6
BARRAS DE ALUMINIO	kg	6	0,4	2,4
ELECTRODOS PARA SOLDADURA	10 unidades	8	1	8
TORNILLOS	1 unidad	1,5	6	9
TUERCAS	1 unidad	0,2	6	1,2
ABRAZADERA	1 unidad	2,4	4	9,6
20% GASTOS AUXILIARES	-	-	-	4,12
TOTAL				34,92 €

Tabla 6 Precios unitarios

Estos Precios son el resultado de promediar varios precios obtenidos de varios fabricantes, tiendas locales e investigación desde la web, con ello podemos notar que el precio de fabricación es accesible para cualquier persona con un taller artesanal, estos costes se reducirán sustancialmente si se pone en práctica la fabricación en masa, haciendo en ambos casos que sea factible económicamente la alternativa seleccionada.

7 Conclusiones

A la hora de establecer las conclusiones de este proyecto, se deben revisar los objetivos de este, como se puede observar, a través de los diferentes documentos que complementan el proyecto se han cumplido dichos objetivos, siendo las conclusiones obtenidas tras la realización del trabajo las siguientes:

Se pudo realizar un diseño del acople que cumpla con las características de operaciones descritas antes, es decir, el acople seleccionado está diseñado para resistir cualquier condición de trabajo por más adversas que sea. Principalmente debido a los materiales que lo constituye.

El acople diseñado, posee buena factibilidad operativa debido a su sencillo sistema de montaje- desmontaje y a la poca cantidad de piezas, que lo hace un conjunto de poco peso.

Al nivel económico, como se demostró, el precio unitario para construir el acople es de alrededor de 35 €, siendo este un precio más que accesible.

En el apartado de fabricación, las piezas que constituyen el acople, son diez, de las cuales solamente seis se tendrán que fabricar, las piezas como tal no presentarían gran dificultad para su moldeado y elaboración, por lo que no es necesario de disponer de maquinaria y personal muy especializado para su construcción.

8 Referencias bibliográficas

- [1] J. Shigley. Diseño den ingeniería mecánica 8va edición, editorial McGraw- Hill (2008)
- [2] R. Norton. Diseño de máquinas 4ta edición, editorial Pearsons (2011)
- [3] R. Hibbeler. Mecánica de materiales 8va edición, editorial Pearsons (2011)
- [4] Beer, Ferdinand P. (2009). Mecánica de materiales 5ta edición, editorial McGraw- Hill (2007)
- [5] ACOPLAMIENTOS MECANICOS FUNCIONALIDADES disponible en:
<https://www.lbaindustrial.com.mx/acoplamiento-mecanicos/>
- [6] QUE ES UNA CARRETILLA MANUAL Y CUANOS TIPOS HAY disponible en:
<https://entaban.es/blog/post/225-que-es-una-carretilla-de-mano-y-que-tipos-hay>
- [7] CARACTERISTICAS DE LAS CARRETILLAS disponible en:
<https://www.tuherramienta.net/carretilla/>
- [8] TIPOS DE CORTACESPED disponible en:
<https://urbanandgarden.com/cortacespedes-caracteristicas-tipos-y-modelos/>
- [9] CARRETILLA SELLECCIONADA disponible en:
<https://www.obramat.es/carretilla-pintada-110l-paso-estrecho-10239726.html>
- [10] CORTACESPED MANUALES disponible en
<https://mejorescortacesped.com/manual>
- [11] ANALISIS DE ELEMENTOS FINITOS disponible en:
<https://www.autodesk.mx/solutions/finite-element-analysis>
- [12] QUE ES AUTODESK INVENTOR disponible en:
<https://www.3dnatives.com/es/que-es-autodesk-inventor-130620222/>
- [13] TIENDAS VIRTUALES PARA EVALUAR PRECIOS DE MATERIALES PARA EL ACOUPLE
<https://dir.indiamart.com/impcat/ss-pipes.html>
https://es.made-in-china.com/co_zhonghengsteel/product_AISI-301-303-304-304L-309-309S-310-310S-316-316L-410-420-430-Cold-Rolled-Stainless-Steel-Bright-Bar_uorheseorg.html
<https://www.leroymerlin.es/productos/herramientas/soldadura/accesorios-de-soldadura/30-electrodos-lincoln-electric-de-acero-2-5mm-de-19393241.html>
https://www.swiss-fittings.com/es/rohrschellen-ohne-schallschutzeinlage-723121?gclid=Cj0KCQjwwvilBhCFARIsADvYi7lL1lWHCsoVZ4VhgkF_E9a4lmpNuNPW6q3Wc0gmCvUrQDm0JUAXEKlaAna1EALw_wcB

ANEJO I: CALCULOS

INDICE

1	Estudio estático:.....	4
1.1	Calculo de las Cargas aplicadas	6
1.2	Calculo de las reacciones.....	7
2	Estudio de la tubería:	11
	Esfuerzos combinados normales.....	11
	Esfuerzos combinados cortantes:	11
2.1	Esfuerzos de Von Mises.....	12
3	Estudio de la abrazadera:	13
3.1	Momento en la abrazadera.....	14
4	Estudio de los tornillos:	15
4.1	Resistencia a la fluencia:	15
4.2	Contrastante de rigidez	18

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Segunda ley de newton.....	5
Ecuación 2 Ecuacion de momento	5
Ecuación 3 principios de equilibrio	5
Ecuación 4 fuerza máxima aplicada al acople	7
Ecuación 5 componente vertical de la reacción en A	8
Ecuación 6 componente horizontal de la reacción en A.....	8
Ecuación 7 Teorema de Pitágoras	9
Ecuación 8 esfuerzos combinados normales	11
Ecuación 9 Esfuerzos combinados cortantes	11
Ecuación 10 esfuerzo biaxial de Von Mises.....	12
Ecuación 11 Esfuerzo normal para una viga curva.....	13
Ecuación 12 Factor de seguridad para un tornillo	15
Ecuación 13 Constante de rigidez de un tornillo.....	18

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Diagrama de cuerpo libre de la carretilla	6
Figura N° 2 Triangulo de fuerzas en el punto A.....	8
Figura N° 3 diagrama de cuerpo libre del acople.....	9

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Esfuerzos de fluencia para tornillos de diferentes materiales	16
Tabla 2 Área de esfuerzo de tensión para tornillos métricos	17

Para efectuar la correcta selección del acople, se tuvieron que tener en cuenta varios criterios mecánicos con el fin de salvaguardar su correcto funcionamiento, garantizando así que, las piezas que conforman el acople seleccionado sea capaz de aguantar correctamente, el peso de la carretilla, los esfuerzos debido al movimiento, y otros criterios de diseño que fueron tomados en cuenta, en este anexo, se demostraran los cálculos requeridos para los siguientes estudios:

- Estudio estático
- Estudio de los tubos
- Estudio de las abrazaderas
- Estudio de los tornillos

1 Estudio estático:

Para el estudio estático, se deben establecer los criterios necesarios para que la pieza a diseñar, sea capaz de estar en equilibrio estático, considerando las diferentes fuerzas que actuaran sobre él, para ello definiremos primeramente los siguientes conceptos.

Fuerza:

Se denomina fuerza a cada una de las acciones mecánicas que se producen entre los cuerpos. Una fuerza se caracteriza por:

- Su punto de aplicación sobre el cuerpo
- Su dirección o línea de acción
- Su sentido, que puede ser en cualquiera de los dos opuestos que define la línea de acción
- Su magnitud que indica la intensidad de la misma

Las fuerzas se representan matemáticamente como vectores, de dirección y sentido coincidentes con los de la fuerza y de módulo igual o proporcional a la magnitud

El principio de transmisibilidad:

Establece que las condiciones de equilibrio o de movimiento de un cuerpo rígido permanecerán inalteradas si una fuerza que actúa en un punto del cuerpo rígido se sustituye por una fuerza de la misma magnitud y la misma dirección, pero que actúe en un punto diferente, siempre que las dos fuerzas tengan la misma línea de acción

Segunda ley de newton:

Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula no es cero, la partícula tendrá una aceleración, esta ley puede expresarse así

$$F = m * a$$

Ecuación 1 Segunda ley de newton

Donde F, m y a representan, respectivamente, la fuerza resultante que actúa sobre la partícula, la masa de ésta y la aceleración de la misma, expresadas en un sistema congruente de unidades.

Tercera ley de newton.

Las fuerzas de acción y reacción de cuerpos en contacto tienen la misma magnitud, la misma línea de acción y sentidos opuestos

Momento de una fuerza:

El momento de una [fuerza](#) se calcula como el [producto vectorial](#) entre la fuerza aplicada y el [vector](#) distancia que va desde el punto para el cual calculamos el momento (eje por el cual el cuerpo giraría) hasta el punto en dónde se aplica la fuerza. También recibe el nombre de torque.

$$\bar{M} = \bar{F} \times \bar{d}$$

Ecuación 2 Ecuacion de momento

Equilibrio estático:

Un objeto está en equilibrio estático cuando la suma de las fuerzas que actúan sobre él (fuerza neta o resultante) y los momentos producidos por ellas, es igual a cero. Se tienen en cuenta tanto las fuerzas de traslación como las fuerzas de torsión y por tanto un objeto está en equilibrio estático si está en equilibrio trasnacional y en equilibrio rotacional, es decir que:

$$\sum F = 0$$
$$\sum M = 0$$

Ecuación 3 principios de equilibrio

Ya teniendo los conceptos claros, procedemos a realizar el estudio estático del acople. De la figura siguiente, y de los datos recolectados anteriormente procedentes del estudio de mercado así como del uso del software Solid Works, obtenemos los siguientes valores

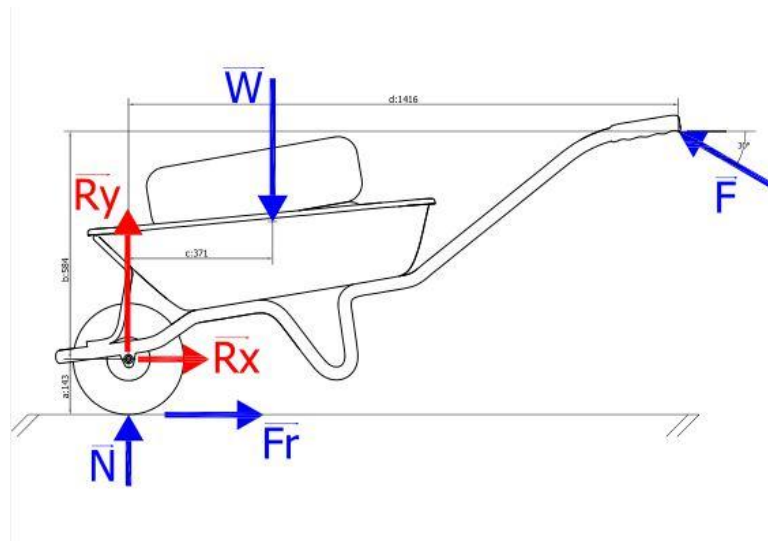


Figura N° 1 Diagrama de cuerpo libre de la carretilla

LEYENDA:

A: radio del caucho = 0.142 m

B: distancia entre el punto A y la aplicación de la fuerza = 0,58 m

C: distancia horizontal entre el punto A y el centro de gravedad = 0,39 m

D: distancia horizontal entre el punto A y la aplicación de la fuerza = 1,42 m

W: carga efectuada por el peso de la carretilla

M_{carr}: masa de la carretilla 15 kg

M_{carg}: masa de la carga = 100 kg

F: carga efectuada por el operario

Θ: ángulo de inclinación de la fuerza aplicada = 30°

μ: coeficiente de fricción estática entre el caucho de la carretilla y el cemento= 1

Fr: fuerza de fricción estática entre el piso y el caucho de la carretilla (Fr= μ * N)

N: fuerza normal

1.1 Cálculo de las Cargas aplicadas

Para estudiar la alternativa seleccionada, primeramente busquemos los pesos tanto de la carretilla como de la carga

$$W_{carretilla} = M_{carr} * Gravedad = 15Kg * 9,81 \frac{m}{s} = 147,5 \text{ Newtons}$$

$$W_{carga} = M_{carg} * Gravedad = 100 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s} = 981 \text{ Newtons}$$

Como se dijo antes, hay que tener en cuenta la ergonomía, para el empuje de la carga, por lo que se escogió un peso máximo permitido de 35kg, por lo tanto la fuerza máxima sería:

$$F = 35kg * 9,81 \frac{m}{s} = 343,5 \text{ Newtons}$$

Ecuación 4 fuerza máxima aplicada al acople

Ya teniendo en cuenta la fuerza máxima, se realizaron los cálculos estáticos

Por condiciones de equilibrio tomando en cuenta el punto A (centro de la rueda)

$$\sum Ma = 0$$

$$a. Fr + b. F. \text{Cos}(\theta) + d. F. S$$

$$\text{en}(\theta) - c. W = 0$$

$$a. Fr = c. W - b. \text{Cos}(\theta) + d. \text{Sen}(\theta)$$

Pero $Fr = \mu * N$ así que

$$a. \mu . N = c. W - b. \text{Cos}(\theta) + d. \text{Sen}(\theta)$$

Despejando la fuerza normal (N)

$$N = \frac{c. W - F[b. \text{Cos}(\theta) + d. \text{Sen}(\theta)]}{a. \mu}$$

Y sustituyendo valores

$$N = \frac{(0,39m * 1128,15\text{Newtons} - 343.5 \text{ Newtons}[0,58m\text{Cos}(30^\circ) + 1,42m\text{Sen}(30^\circ)])}{0,142m.}$$

$$N = 167,16 \text{ Newtons}$$

1.2 Calculo de las reacciones

Ahora haciendo sumatoria de fuerzas en X y en Y

$$\sum Fy = 0$$

$$N + F\text{sen}(\theta) + Ray - W = 0$$

De aquí se despeja Ray

$$Ray = W - N - F\text{sen}(\theta)$$

Sustituyendo los valores

$$R_{ay} = 1128N - 167,16N - 343,35N\text{sen}(30^\circ)$$

$$R_{ay} = 789,31N$$

Ecuación 5 componente vertical de la reacción en A

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{ax} + Fr - F\cos(\theta) = 0$$

Despejando R_{ax}

$$R_{ax} = F\cos(\theta) - Fr$$

Sustituyendo los valores correspondientes se obtiene que

$$R_{ax} = 130,2 N$$

Ecuación 6 componente horizontal de la reacción en A

Luego de calcular las reacciones en el punto A del acople, se debe deducir como afectan a este, los vectores de las reacciones se encuentran como se ve en la figura, teniendo en cuenta que los sentidos combinan por ley de acción y reacción

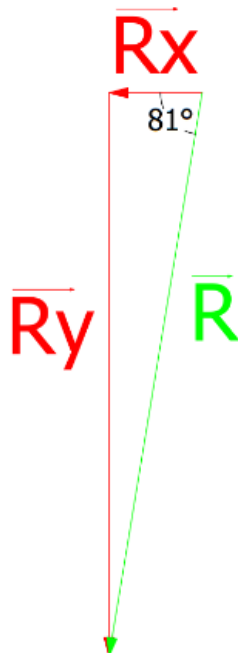


Figura N° 2 Triangulo de fuerzas en el punto A

Por trigonometría

$$Ra = \sqrt{Rax^2 + Ray^2}$$

Ecuación 7 Teorema de Pitágoras

$$Ra = 800 \text{ N}$$

$$\rho = \text{Tang}^{-1} \left(\frac{Ray}{Rax} \right)$$

$$\rho = 81^\circ$$

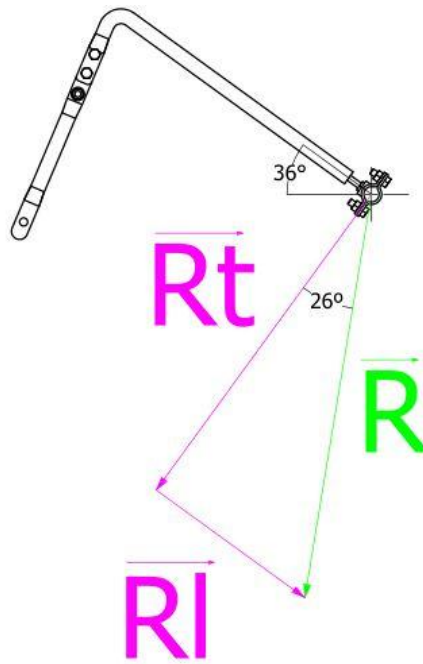


Figura N° 3 diagrama de cuerpo libre del acople

Del acople extraemos el Angulo de inclinación $\varphi = 36^\circ$. Y con esto ya se puede determinar las componentes ortogonal y paralela de la fuerza resultante R , para ello debemos buscar el ángulo β teniendo en cuenta que $\beta = \varphi + \rho - 90^\circ$

$$\text{Así } \beta = \varphi + \rho - 90^\circ = 26^\circ$$

Ya con el ángulo β buscaremos las componentes:

Componente perpendicular (R_i):

$$R_A = R_A * \sin(\beta)$$

$$R_A = 400 * \sin(26^\circ)$$

$$R_A = 175.35N$$

Componente Paralela (Rt):

$$R_A = R_A * \cos(\beta)$$

$$R_A = 400 * \cos(26^\circ)$$

$$R_A = 359.52N$$

2 Estudio de la tubería:

Para el acople se utilizó una tubería comercia de diámetro $3/8''$ debido a que esta es la de menor diámetro disponible en el mercado que garantice una buena resistencia,

Para la tubería $\phi_{NOM} = 3/8''$ de material A36

$$\phi_{INT} = 12.5mm$$

$$\phi_{EXT} = 17.14mm$$

$$A = 108.01mm^2$$

El tubo del acople a ser el elemento que más estará sometido a carga, se buscaran los esfuerzos combinados que inciden en el mismo. Recordemos que el esfuerzo combinado, como su nombre lo indica es la combinación de los esfuerzos que actúan sobre un punto de un elemento, este suele ser el resultado de la superposición de los esfuerzos normales, cortante, flectores y de torsión

Esfuerzos combinados normales: los esfuerzos normales combinados, son el resultado de la suma del esfuerzo normal debido a una carga, y el esfuerzo debido a un momento flector

$$\sigma = \pm \frac{F}{A} \pm \frac{M_f * C}{I}$$

Ecuación 8 esfuerzos combinados normales

Pero como el tubo de la abrazadera no está sometida a flexión, solamente quedara el esfuerzo normal

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{179.3N}{1.0801m^2 * 10^{-4}} = 1.66MPa$$

Esfuerzos combinados cortantes: estos esfuerzos son el resultado de la combinación d los esfuerzos de corte y el esfuerzo cortante debido a un momento torsor.

$$\tau = \pm \frac{VQ}{Ib} \pm \frac{M_T * C}{J}$$

Ecuación 9 Esfuerzos combinados cortantes

Pero debido a que el tubo no está sometido a torsión, el esfuerzo combinado cortante quedara como:

$$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

Donde

V = Carga radial o transversal.

Q = Primer momento.

b = Espesor de corte.

I = Momento de inercia

$$\tau = \frac{(357.55N) \left(\frac{2}{3} * (0.00857)^3 - (0.00625)^3 \right)}{\frac{\pi}{64} * ((0.0174)^4 - (0.0125)^4) * (0.01714)}$$

$$\tau = 0.881MPa$$

2.1 Esfuerzos de Von Mises

Ahora bien, teniendo en cuenta que al final solamente actúan 2 esfuerzos, según la teoría del esfuerzo biaxial del Dr. R. Von Mises, el esfuerzo combinado se calcula por la siguiente ecuación

$$S_d = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Ecuación 10 esfuerzo biaxial de Von Mises

Sustituyendo los valores obtenidos, el esfuerzo combinado es

$$S_d = \sqrt{1.66^2 + 3(0.881)^2}$$

$$S_d = 3.47MPa$$

3 Estudio de la abrazadera:

Para el estudio de la abrazadera, se tomara este elemento como una viga curva, se decidió de esta manera, debido a que la pieza en sí, vista desde el punto de fabricación, es una viga recta con dobleces

La fórmula de flexión es aplicable para un elemento recto, ya que se demuestra que la deformación normal dentro de dicho elemento varía linealmente desde el eje neutro, sin embargo, si el elemento es curvo, esta suposición se vuelve inexacta, por lo que se debe desarrollar otro método para describir la distribución de esfuerzo, por lo tanto para el caso de una viga curva el esfuerzo normal viene dado por:

$$\sigma = \frac{M(R - r)}{A * r * (\bar{r} - R)}$$

Ecuación 11 Esfuerzo normal para una viga curva

Donde:

σ = Esfuerzo Normal

M = Momento Interno

A = Área Secc. Transversal

R = Centro de la Curvatura hasta el eje neutro.

\bar{r}^2 = Centro de la curvatura hasta el centroide

r_1 = Centro de la curvatura hasta el punto (7,5mm)

De los términos anteriores, debemos ampliar, la definición de esfuerzo normal:

Esfuerzo normal:

El esfuerzo normal (esfuerzo axil o axial) es el [esfuerzo interno](#) o resultante de las tensiones perpendiculares (normales) a la sección transversal de un [prisma mecánico](#). Este tipo de sollicitación formado por tensiones paralelas está directamente asociado a la [tensión normal](#).

Ahora bien, procedemos a buscar el área

$$A = (20mm)(3mm)$$

$$A = 6 * 10^{-5}m^2$$

Con ello, se puede conseguir el centro de curvatura hasta el eje neutro con la siguiente formula:

$$R = \frac{A}{\int \frac{dA}{r}} = \frac{A}{b * \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Donde $r_2 = r_1 + \text{espesor} = 7,5 + 3 = 10,5 \text{mm}$

Sustituyendo:

$$R = \frac{A}{\int \frac{dA}{r}} = \frac{A}{b * \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} = \frac{(3\text{mm}) * (20\text{mm})}{(20\text{mm}) * \ln\left(\frac{10,5}{7,5}\right)}$$

$$R = 0,00892\text{m}$$

Ahora realizamos cálculo de momento en la abrazadera:

3.1 Momento en la abrazadera

$$\curvearrowleft + \sum M = 0$$

$$M + r(R_t - R_e) = 0$$

$$M = r(R_e - R_t)$$

De aquí R_t y R_e son las componentes perpendiculares y paralelas calculadas en el análisis estático, así

$$M = (0.0075\text{Nm}) * (179.3 - 357.55)\text{N}$$

$$M = -1.337\text{Nm}$$

Y por lo tanto ya con esto, se puede calcular el esfuerzo normal:

$$\sigma = \frac{(-1.337\text{Nm}) * (0.00892 - 0.0105)\text{m}}{(6 * 10^{-5}\text{m}^2) * (0.0105) * (0.009 - 0.00892)\text{m}}$$

$$\sigma = 41.91\text{MPa}$$

4 Estudio de los tornillos:

Primeramente para saber si los tornillos que se seleccionaran, soportara la carga efectuada, Se debe determinar si tienen el factor de seguridad adecuado

El factor de seguridad no es más que un número adimensional que indica, si un elemento mecánico es capaz de soportar la carga que se le aplica, usualmente viene identificado con la letra "n", y su valor es el resultado del cociente entre la el esfuerzo ultimo permisible del elemento (debido a sus propiedades físicas) y el esfuerzo puntal producido por la carga aplicada, si $n > 1$, indica que el elemento si soportara la carga puntual, caso contrario ($n < 1$) se debe rediseñar el elemento

En el caso de los tornillos el factor de seguridad viene dado por

$$n = \frac{S_d * A_T - F_i}{C * p}$$

Ecuación 12 Factor de seguridad para un tornillo

Donde

N: Factor de seguridad

At: Área de esfuerzo de tensión

Fi: factor de precarga del tornillo

P: Carga soportada por tornillo

C: constante de rigidez

S_d : Resistencia mínima a la fluencia

4.1 Resistencia a la fluencia:

La resistencia a la fluencia se define como la tensión máxima en un material que resultará en una cantidad específica de fluencia en un tiempo dado a una temperatura constante.

Para el caso de los tornillos del acople al estar hechos de acero de bajo carbono la resistencia a la fluencia será:









Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg.	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

Tabla 1 Esfuerzos de fluencia para tornillos de diferentes materiales

De la tabla 1

$$S_d = 36Kpsi = 250MPa$$

Por otra parte para conseguir el área de esfuerzo de tensión, consideremos que el tornillo/perno a utilizar es métrico cuyo diámetro nominal es 6mm (M6)

Diámetro mayor nominal d_r mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p_r mm	Área de esfuerzo de tensión A_r mm ²	Área del diámetro menor A_r mm ²	Paso p_r mm	Área de esfuerzo de tensión A_r mm ²	Área del diámetro menor A_r mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980

Tabla 2 Área de esfuerzo de tensión para tornillos métricos

De la tabla 2 para un tornillo M6

$$A_T = 20.10 \text{ mm}^2$$

Por otra parte la precarga inicial del perno F_i (Antes que actúen las fuerzas externas). Es una carga que produce compresión entre las piezas creando suficiente fricción entre las superficies para resistir la fuerza de deslizamiento, esta se determina de la siguiente manera:

$$F_i = \begin{cases} 0.07 * S_p * A_T; & \text{Si la conexion es sustituida} \\ 0.9 * S_p * A_T; & \text{Si la conexion es permante} \end{cases}$$

4.2 Contrastante de rigidez

La constante de rigidez de un tornillo es una medida de la resistencia que ofrece el mismo a la deformación cuando se somete a una carga axial, esta constante (C) se expresa en unidades de fuerza por longitud y depende de la rigidez de los elementos que conforman parte del apriete

La fórmula para calcularla es la siguiente:

$$c = \frac{K_b}{K_b + K_m}$$

Ecuación 13 Constante de rigidez de un tornillo

Donde:

K_b = Rigidez del perno

K_m = Rigidez de la pieza

Calculo de K_b

$$K_b = \frac{A * E}{L}$$

A= área del perno/tornillo

L= longitud del tubo

E = Modulo de elasticidad del perno

$$K_b = \frac{\pi}{4} * \frac{(0.006m)^2 * (2.07 * 10^9 Pa)}{(0.014m)}$$

$$K_b = 1.672 * 10^9 N/m$$

Calculo de K_m

$$K_m = \frac{0.577 * \pi * E * d}{2 \ln \left[5 \left(\frac{0.577 * L + 0.5d}{0.577 * L + 2.5d} \right) \right]}$$

$$K_m = \frac{0.577 * \pi * (207 * 10^9 N/m^2) * (0.006m)}{2 \ln \left[5 \left(\frac{0.577 * (0.007m) + 0.5 * (0.006m)}{0.577 * (0.007m) + 2.5 * (0.006m)} \right) \right]}$$

$$K_m = 1.832 * 10^9 N/m$$

Con ello se puede calcular la constante C:

$$C = \frac{(1.672 * 10^9)}{(1.672 * 10^9) + (1.832 * 10^9)} = 0.477N/m$$

Por otro lado la carga soportada por los pernos será:

$$p = \frac{\text{Carga total}}{\text{N}^\circ \text{ de tornillos}} = \frac{800N}{(4 \text{ Pernos})} = 200N$$

Sustituyendo:

$$n = \frac{0.3 * S_p * A_T}{C * p}$$
$$n = \frac{0.3 * (250 * 10^6) * (20.1 * 10^{-6})}{0.477 * 200}$$
$$n = 15.8$$

ANEJO II: ANALISIS DE ELEMENTOS FINITOS

INDICE

ANEJO II: ANALISIS DE ELEMENTOS FINITOS.....	1
1 Prefacio	3
2 Software elegido	3
2.1 Autodesk Inventor:.....	3
2.1.1 Análisis de elementos finitos.....	3
2.1.2 Mallado.....	4
3 Puntos Críticos.....	4
4 Resumen del estudio.....	5
5 Aplicación de cargas.....	7
6 Análisis de esfuerzos	8
6.1 Tensión de Von Mises	9
6.2 Análisis de desplazamiento	10
6.3 Factor de seguridad.....	10

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ficha técnica del análisis	5
Ilustración 2 Resumen de propiedades mecánicas.....	6
Ilustración 3 Aplicación de la componente Perpendicular (RL)	7
Ilustración 4 Aplicación de la componente paralela RT	8
Ilustración 5 Análisis de Tensión de Von Mises	9
Ilustración 6 Análisis de desplazamiento	10
Ilustración 7 análisis de factor de seguridad.....	10

1 Prefacio

Este apartado se va a centrar en elaborar los análisis que se han tomado con respecto a la simulación del comportamiento del acople en unas condiciones preestablecidas de trabajo. El análisis por elementos finitos es una herramienta que se ha usado con este fin. Su procedimiento se basa en la subdivisión de las piezas o ensamblaje en una serie de partes o “elementos” finitos, con el fin de poder simular su respuesta frente a ciertos escenarios. Estos elementos pueden ser de menos o mayor tamaño, y un menor tamaño de elemento generalmente indica una mayor fidelidad del modelo 3D al diseño original.

Para ello se ha utilizado la Herramienta de modelado 3D *Autodesk Inventor 2019*, el análisis de elementos finitos se realiza por medio de un mallado, que es como decir la unión de todos esos elementos en una malla para que se vuelvan un elemento sólido, a este elemento sólido que simula el real se le ve aplicado cargas puntuales ya previamente calculadas en el anejo I, y con ello ver la simulación del acople como si estuviera en la realidad

Pero antes de mostrar los resultados del análisis, se definirán algunas cuestiones para entrar en contexto de la situación

2 Software elegido

2.1 Autodesk Inventor:

Autodesk Inventor es un software de diseño asistido por computadora (CAD) para el modelado mecánico en 3D, la simulación, la visualización y la documentación desarrollada por Autodesk®. Inventor permite la integración de datos 2D y 3D en un único entorno, creando una representación virtual del producto final que permite a los usuarios validar la forma, el ajuste y la función del producto antes de que se construya.

Como se mencionó antes, una de las herramientas proporcionadas por este software es la simulación mecánica, Por lo que, la compañía Autodesk define los siguientes términos

2.1.1 Análisis de elementos finitos

El análisis de elementos finitos es un método computarizado para predecir cómo reaccionará un producto ante las fuerzas, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real. La simulación de elementos finitos te permite comprobar si un producto se romperá, desgastará o funcionará como se espera. Se denomina análisis, pero en el proceso de desarrollo de productos, se utiliza para predecir qué ocurrirá cuando se utilice un producto.

El análisis de elementos finitos descompone un objeto real en un gran número (entre miles y cientos de miles) de elementos finitos, como pequeños cubos. Las ecuaciones matemáticas permiten predecir el comportamiento de cada elemento. Luego, una computadora suma todos los comportamientos individuales para predecir el comportamiento real del objeto.

2.1.2 Mallado

Este proceso radica en la subdivisión de la pieza o ensamblaje en elementos de un tamaño determinado y un número finito. Estos elementos se comportarán como piezas de un puzle interconectadas entre sí, con la finalidad de poder estimar las tensiones que soporta el sistema tras haber aplicado una serie de restricciones, cargas y contactos. El proceso de mallado es simple, realiza el proceso completo de mallado por sí mismo, aplicando un tamaño de elemento predeterminado.

3 Puntos Críticos

Un punto crítico es por definición, aquel punto de un elemento mecánico que puede fallar súbitamente al aplicar una carga cercana a su carga máxima permitida, es aquel punto o región donde los esfuerzos concentrados son mayores que en otras partes, por lo que al nivel de diseño estos puntos son clave para el estudio de análisis finitos, debido a que, al simularlo, es por estos donde la pieza puede empezar fallar.

En el caso del acople para el cortacésped – carretilla, como fue descrito anteriormente en el resumen y demostrado en el anexo I, el elemento que más va a soportar cargas es la abrazadera, y las cargas propiamente dichas, fueron calculadas en el análisis estático del conjunto

4 Resumen del estudio

Analyzed File:	Estudio Acople.iam
Autodesk Inventor Version:	2020 (Build 240168000, 168)
Creation Date:	22/7/2023, 12:00 p. m.
Study Author:	Ingenieria
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Author Ingenieria

Project

Part Number	Estudio Acople
Designer	Ingenieria
Cost	
Date Created	26/5/2023

Status

Design Status WorkInProgress

Physical

Mass	0,448831 kg
Area	0,124572 m ²
Volume	0,000139523 m ³
Center of Gravity	x=0,174641 m y=0,000825143 m z=0,0741749 m

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

Static Analysis: 1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	22/7/2023, 11:57 a. m.
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2

Ilustración 1 Ficha técnica del análisis

Como se puede observar en la ilustración 1 del archivo donde se generó el modelado de la pieza se pueden sacar sus propiedades físicas, además se muestran los datos técnicos de la prueba como la fecha de elaboración, entre otros.

Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

☐ **Material(s)**

Name	Aluminum 6061	
General	Mass Density	2,7 g/cm ³
	Yield Strength	275 MPa
	Ultimate Tensile Strength	310 MPa
Stress	Young's Modulus	68,9 GPa
	Poisson's Ratio	0,33 ul
	Shear Modulus	25,9023 GPa
Part Name(s)	Pieza Agarre.ipt Abrazadera.ipt Propuesta 4.ipt Abrazadera.ipt Propuesta 4.ipt Esparrago.ipt Esparrago.ipt	
Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
	Shear Modulus	86,2745 GPa
Part Name(s)	Plain Washer (Metric) 6 N Plain Washer (Metric) 6 N Plain Washer (Metric) 6 N Plain Washer (Metric) 6 N Plain Washer (Metric) 6 N Plain Washer (Metric) 6 N Plain Washer (Metric) 6 N Plain Washer (Metric) 6 N Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 25 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 25 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 25 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 25 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 16 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 16 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 16 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 16 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Nut Metric M6 x 1 Hex Bolt - Metric M6 x 1 x 16	

Ilustración 2 Resumen de propiedades mecánicas

Posteriormente, se selecciona el material con el que estará fabricado la pieza, para nuestro caso aluminio 6061; de este material el software extrae las propiedades mecánicas del material, las cuales serán el punto de comparación con los datos que se obtendrán en los posteriores análisis.

5 Aplicación de cargas

Para la aplicación de cargas, se tomara en cuenta la cara interna de la abrazadera, por lo que las fuerzas aplicadas aquí, serán las mismas reacciones del punto A (ver anexo 1), tanto la reacción R_t (paralela) y R_l (perpendicular)

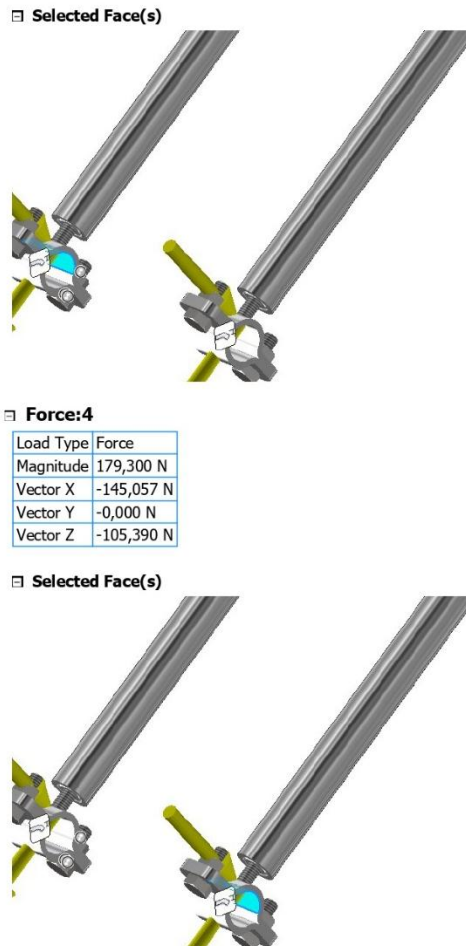
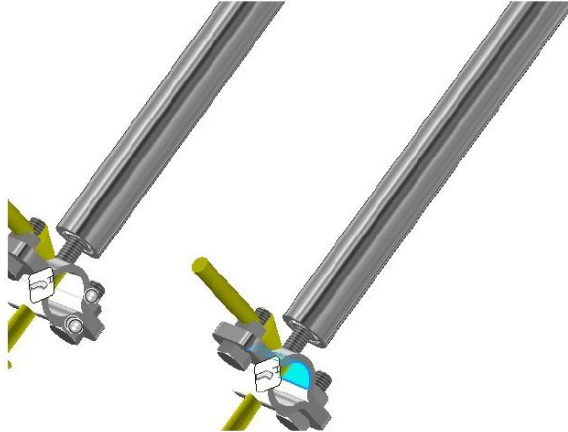


Ilustración 3 Aplicación de la componente Perpendicular (R_l)

Selected Face(s)



Force:2

Load Type	Force
Magnitude	357,540 N
Vector X	210,157 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	-289,256 N

Selected Face(s)

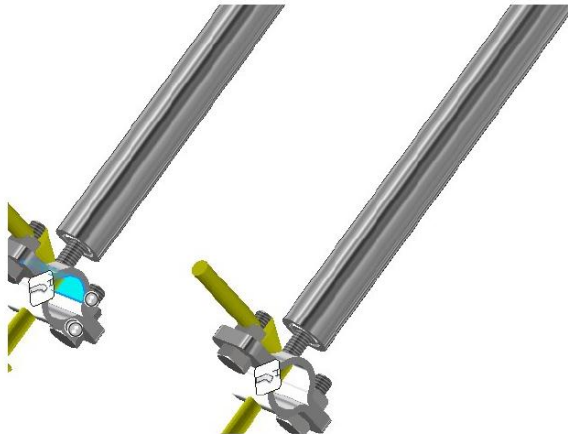


Ilustración 4 Aplicación de la componente paralela RT

6 Análisis de esfuerzos

Ya aplicada las cargas, y seleccionado el material, se procedió a realizar el mallado y posterior a ello simular la pieza, de los análisis de elementos finitos obtenidos, destacamos tres en cuestión, los cuales son: desplazamiento, análisis de Tensión de von mises, y factor de seguridad, la elección de estos tiene que ver con que fueron los análisis realizados a mano en los cálculos y por ende, serán corroborados con el software

6.1 Tensión de Von Mises

☐ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	139540 mm ³	
Mass	0,448875 kg	
Von Mises Stress	0,00000197723 MPa	109,638 MPa
1st Principal Stress	-23,7443 MPa	111,859 MPa
3rd Principal Stress	-117,084 MPa	26,8783 MPa
Displacement	0 mm	0,0245535 mm
Safety Factor	1,88804 ul	15 ul

☐ Figures

☐ Von Mises Stress

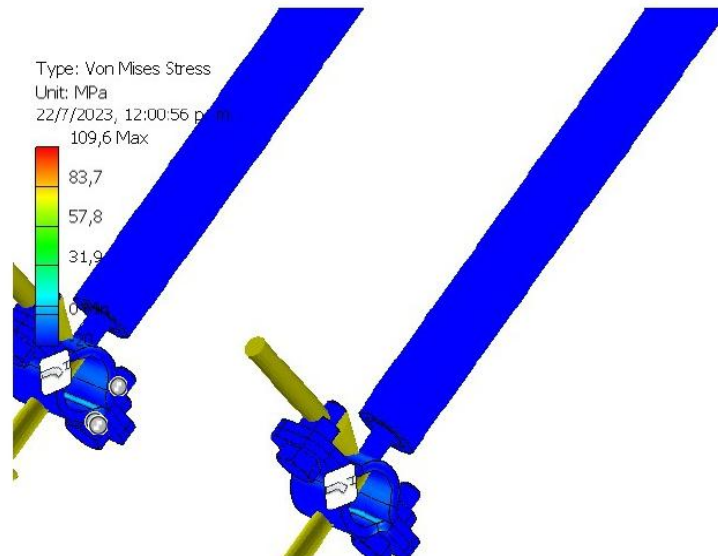


Ilustración 5 Análisis de Tensión de Von Mises

Al realizar el análisis, se puede observar en la figura por la coloración azul que, la tensión de von mises es menor a 20 MPa en todo el conjunto, teóricamente la tensión de von mises es de 3.47MPa , calculada en el estudio de la tubería (ver apartado 2 en el anexo 1), por lo que los resultados del análisis concuerdan con los teóricos, además de que, si se comparan con el esfuerzo de fluencia y ultimo de material (ver ilustración 2), estos valores obtenidos están muy por debajo de ellos, por lo que teóricamente la pieza no fallará

6.2 Análisis de desplazamiento

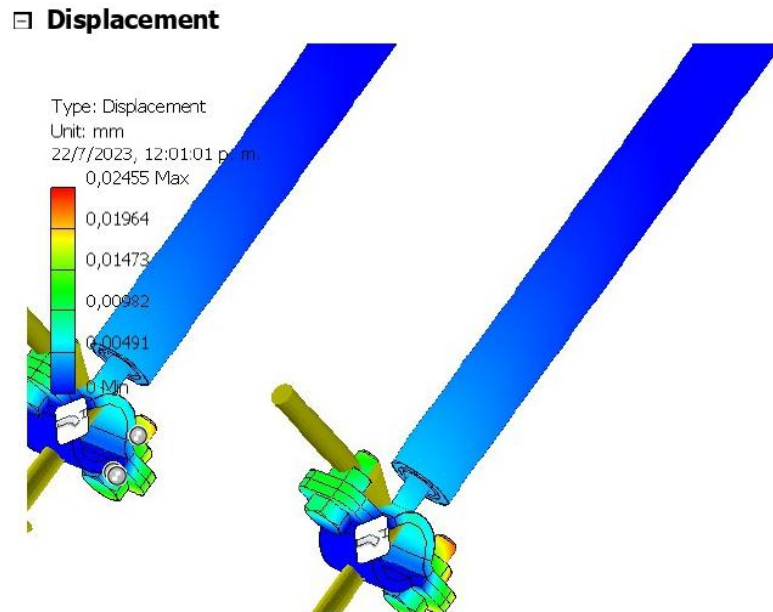


Ilustración 6 Análisis de desplazamiento

Otro punto importante a tener en cuenta es el desplazamiento máximo que tendrá el objeto cuando esté sometido a cargas, esto sirve para ilustrar, posibles deflexiones que pueden ser perjudiciales con el tiempo, teniendo en cuenta la elasticidad del material. Para el caso de estudio, el máximo desplazamiento ocurrirá en el punto donde exista mayor distancia con respecto al punto de aplicación de la carga, como se puede observar en la ilustración, este punto está ubicado en los pernos inferiores de las abrazaderas, sin embargo, como indica la escala de colores, esta deflexión máxima es de 0,01964 mm, un valor muy pequeño, por lo que podemos decir que el desplazamiento es insignificante.

6.3 Factor de seguridad

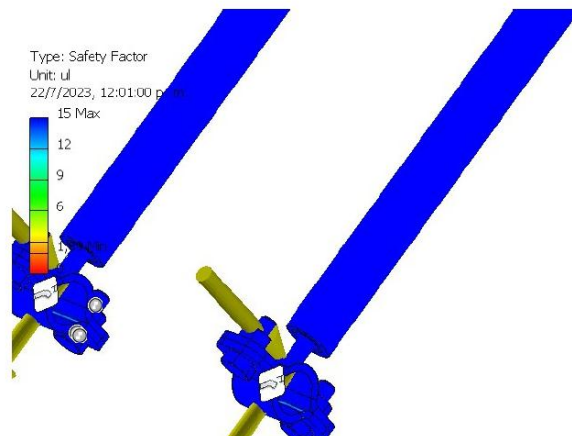


Ilustración 7 análisis de factor de seguridad

Similarmente como pasa en el caso de tensión Von Mises, se puede observar que en la figura por el color azul, el factor de seguridad esta significativamente alejado de los valores críticos, según la escala de colores, el factor de seguridad dado en la simulación es mayor a 15, que concuerda con el calculado en el apartado 4 del anexo 1, cuyo valor es de 15,8, lo que nos indica que la pieza tendrá una gran capacidad de aguante mecánico.

ANEJO III: Selección de materiales

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Colocación de las propiedades en el eje x (módulo de Young)	4
Tabla 2 Colocación de propiedades en el eje x (densidad)	5
Tabla 3 Designación del parámetro (precio) en el eje Y.....	6
Tabla 4 Selección de criterios del material	6
Tabla 5 Selección de parámetros de durabilidad.....	7
Tabla 6 Colocación del rango de precios.....	8
Tabla 7 Selección de los materiales más óptimos.....	9
Tabla 8 Grafica Densidad vs Dureza	10
Tabla 9 Grafico precio vs densidad	11
Tabla 10 Selección de los materiales según el programa	11

La realización del presupuesto se ha utilizado el programa de CES EDUPACK para la selección de los materiales que pueden ser utilizados en nuestro acople.

La utilización del programa que cataloga los materiales en distintas bases de datos, que pueden ser de formas generales y otras específicas, para determinados sectores de actividad.

Y tras introducir en las propiedades del programa de los ejes X e Y como Módulo de Young y Densidad de los cálculos que anteriormente hemos calculado. Junto con la selección de unas propiedades, un precio estimado y el límite elástico.

Por lo cual se nos generaría un mapa de los materiales en función de dichas propiedades.

Primeramente en el eje X colocaremos las propiedades del material relevantes para nuestro diseño, estas propiedades serán el módulo de elasticidad y la densidad, el primero debido a que necesitamos que el acople este realizado de un material que sea lo suficientemente dúctil pero resistente debido a las condiciones demandantes de trabajo en la que estará, y por el otro lado la densidad, debido a que requerimos un material que sea liviano para mayor operatividad del acople. En las siguientes tablas se mostrara la manera de como colocar estos parámetros.

Configuración de etapa 3

Configuración de la etapa Eje X Eje Y

Propiedad individual o avanzada Buscador de índice de rendimiento [¿Qué es un índice de rendimiento?](#)

Definición de la propiedad del eje

Selecciona la propiedad que deseas representar o haz clic en el botón avanzado [Videotutoriales](#)

Categoría: <Por orden alfabético> Avanzado...

Atributo: Toughness (G)

Ajustes del eje

Título del eje: Toughness (G) (kJ/m²)

Valores absolutos Valores relativos

Logarítmica Lineal

Escala automática Manual -33,64 mín. - 294,94 máx.

Parámetros

Cambiar los valores de los parámetros utilizados en este eje

Valores predeterminados del proyecto

Tabla 1 Colocación de las propiedades en el eje x (módulo de Young)

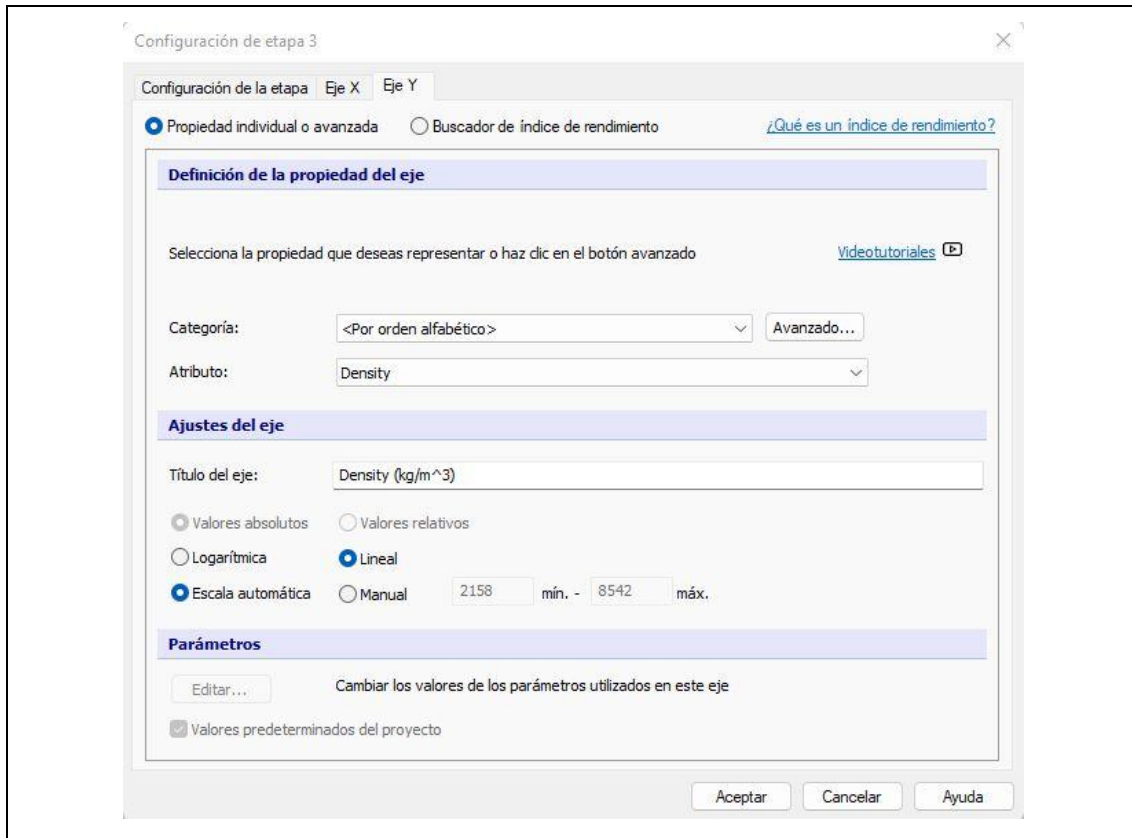


Tabla 2 Colocación de propiedades en el eje x (densidad)

Posteriormente, se le asigna el parámetro al eje y, que para nuestro caso será el precio, esto con el fin de tener una comparativa entre materiales basado en el precio que una persona pueda costear

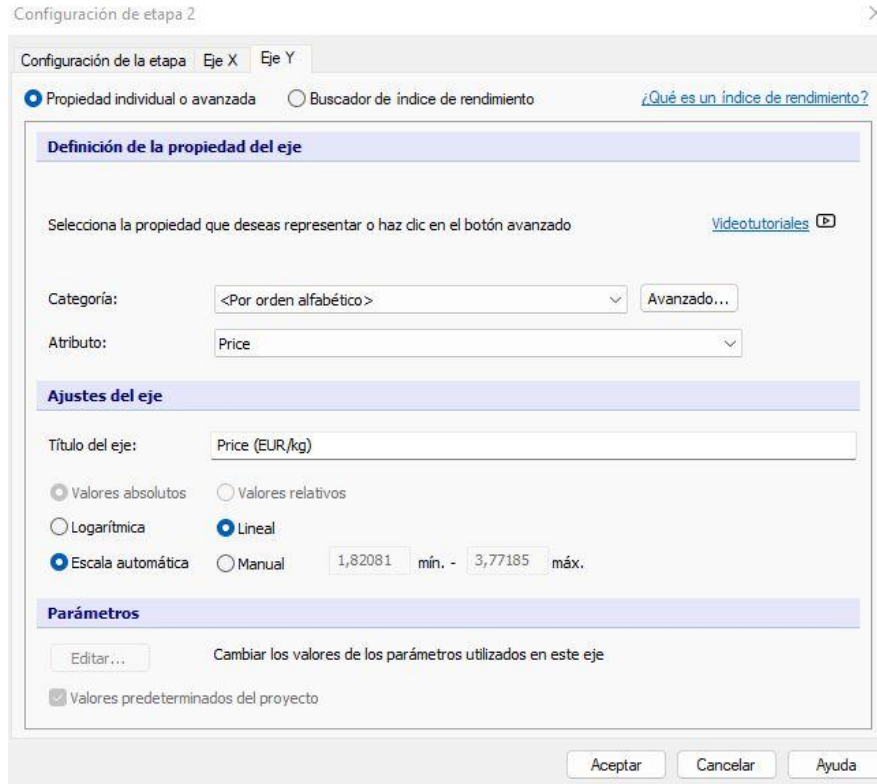


Tabla 3 Designación del parámetro (precio) en el eje Y

Ya definidos los parámetros en los ejes, nos dirigimos al siguiente recuadro y seleccionamos la casilla de **RECYCLE**, esto para indicarle al programa que necesitamos que nos muestre materiales que a priori sean reciclables

▼ Recycling and end of life		Mínimo	Máximo	
Recycle	<input checked="" type="checkbox"/>			
Embodied energy, recycling	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kg/kg
Recycle fraction in current supply	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	%
Downcycle	<input type="checkbox"/>			
Combust for energy recovery	<input type="checkbox"/>			
Landfill	<input type="checkbox"/>			
Biodegrade	<input type="checkbox"/>			

Tabla 4 Selección de criterios del material

Después de ello, le indicamos al programa, las condiciones de durabilidad que queramos que tenga el material, para nuestro caso, las más importantes son, que el material sea resistente al agua, a los desperdicios orgánicos (incluyendo tierra) y a la radiación UV del sol

▼ Processing properties	
	Mínimo Máximo
Metal casting	<input type="text"/>
Metal cold forming	<input type="text"/>
Metal hot forming	<input type="text"/>
Metal press forming	<input type="text"/>
Metal deep drawing	<input type="text"/>
Machining speed	<input type="text"/> <input type="text"/> m/min
Weldability	Excellent
Carbon equivalency	<input type="text"/> <input type="text"/>
▼ Durability	
Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	<input type="text"/>
Strong acids	<input type="text"/>
Weak alkalis	<input type="text"/>
Strong alkalis	<input type="text"/>
Organic solvents	Excellent
Oxidation at 500C	<input type="text"/>
UV radiation (sunlight)	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	<input type="text"/>
Flammability	<input type="text"/>
▼ Corrosion resistance of metals	
	Mínimo Máximo
Pitting resistance equivalent number (PREN)	<input type="text"/> <input type="text"/>
Stress corrosion cracking	Not susceptible

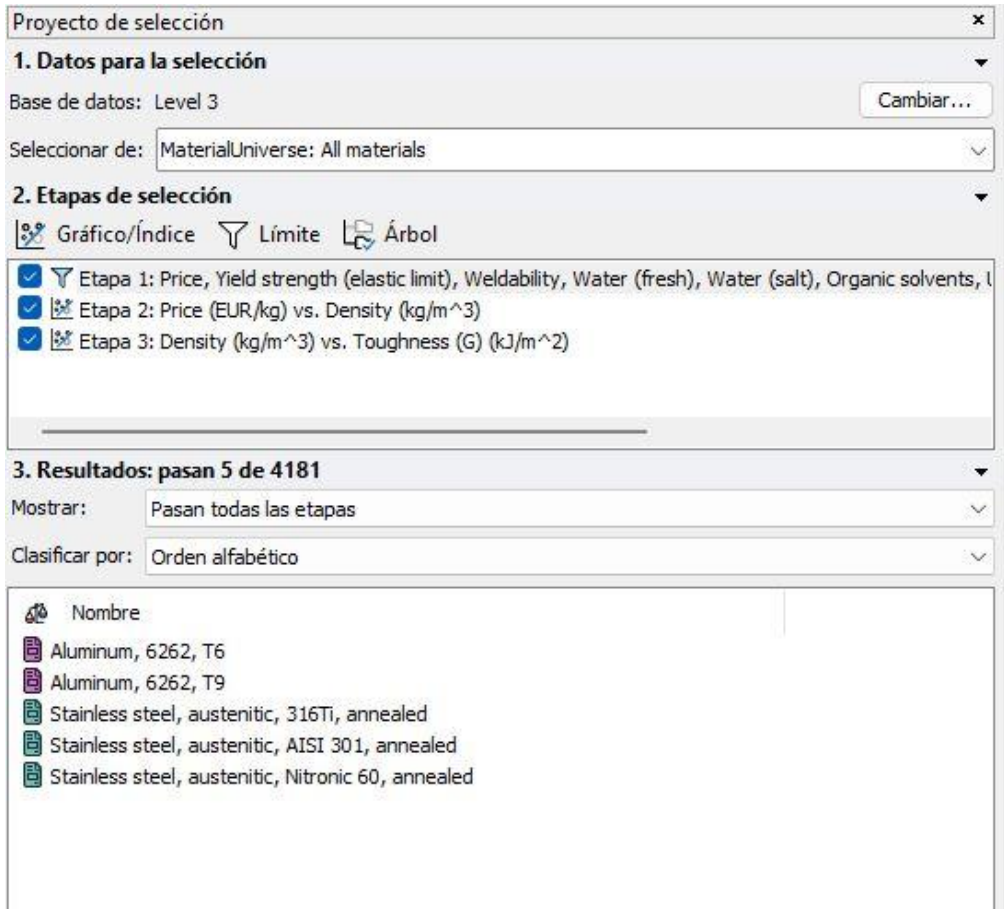
Tabla 5 Selección de parámetros de durabilidad

Luego establecemos en el eje Y un rango de valores para limitar la cantidad de materiales mostrados, en nuestro caso el eje Y (Precio), estará limitado a un valor entre 0 y 5 (euros).

▼ Price			
		Mínimo	Máximo
Price	<input type="text"/>	<input type="text" value="5"/>	EUR/kg
Price per unit volume	<input type="text"/>	<input type="text"/>	EUR/m ³
▶ Physical properties			
▼ Mechanical properties			
	Existe	Mínimo	Máximo
Young's modulus	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Specific stiffness	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Yield strength (elastic limit)	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="200"/>	<input type="text"/>
Tensile strength	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Specific strength	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Elongation	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tangent modulus	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
True plastic stress-strain	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Compressive strength	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Flexural modulus	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Flexural strength (modulus of rupture)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Shear modulus	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bulk modulus	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Poisson's ratio	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Shape factor	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hardness - Vickers	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Elastic stored energy (springs)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fatigue strength model (stress amplitude)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Tabla 6 Colocación del rango de precios

Y a continuación usando el rectángulo de selección, podremos acotar y seleccionar los resultados que cumplan con las determinadas especificaciones que buscamos para nuestros materiales.



Proyecto de selección

1. Datos para la selección

Base de datos: Level 3 Cambiar...

Seleccionar de: MaterialUniverse: All materials

2. Etapas de selección

Gráfico/Índice Límite Árbol

- Etapa 1: Price, Yield strength (elastic limit), Weldability, Water (fresh), Water (salt), Organic solvents, l
- Etapa 2: Price (EUR/kg) vs. Density (kg/m³)
- Etapa 3: Density (kg/m³) vs. Toughness (G) (kJ/m²)

3. Resultados: pasan 5 de 4181

Mostrar: Pasan todas las etapas

Clasificar por: Orden alfabético

Nombre
Aluminum, 6262, T6
Aluminum, 6262, T9
Stainless steel, austenitic, 316Ti, annealed
Stainless steel, austenitic, AISI 301, annealed
Stainless steel, austenitic, Nitronic 60, annealed

Tabla 7 Selección de los materiales más óptimos

Con los materiales ya pre- seleccionados y con los ejes ya definidos procedemos a la ejecución del programa

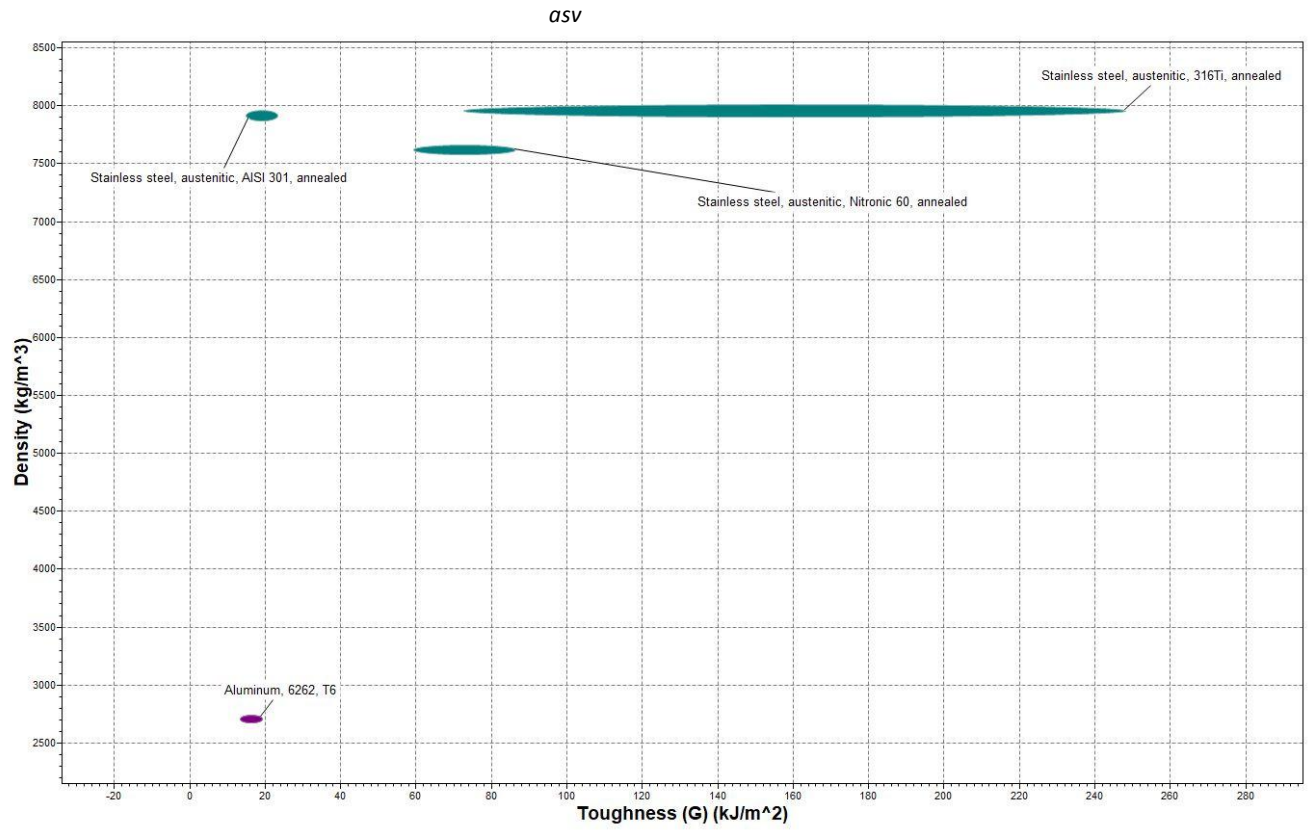


Tabla 8 Grafica Densidad vs Dureza

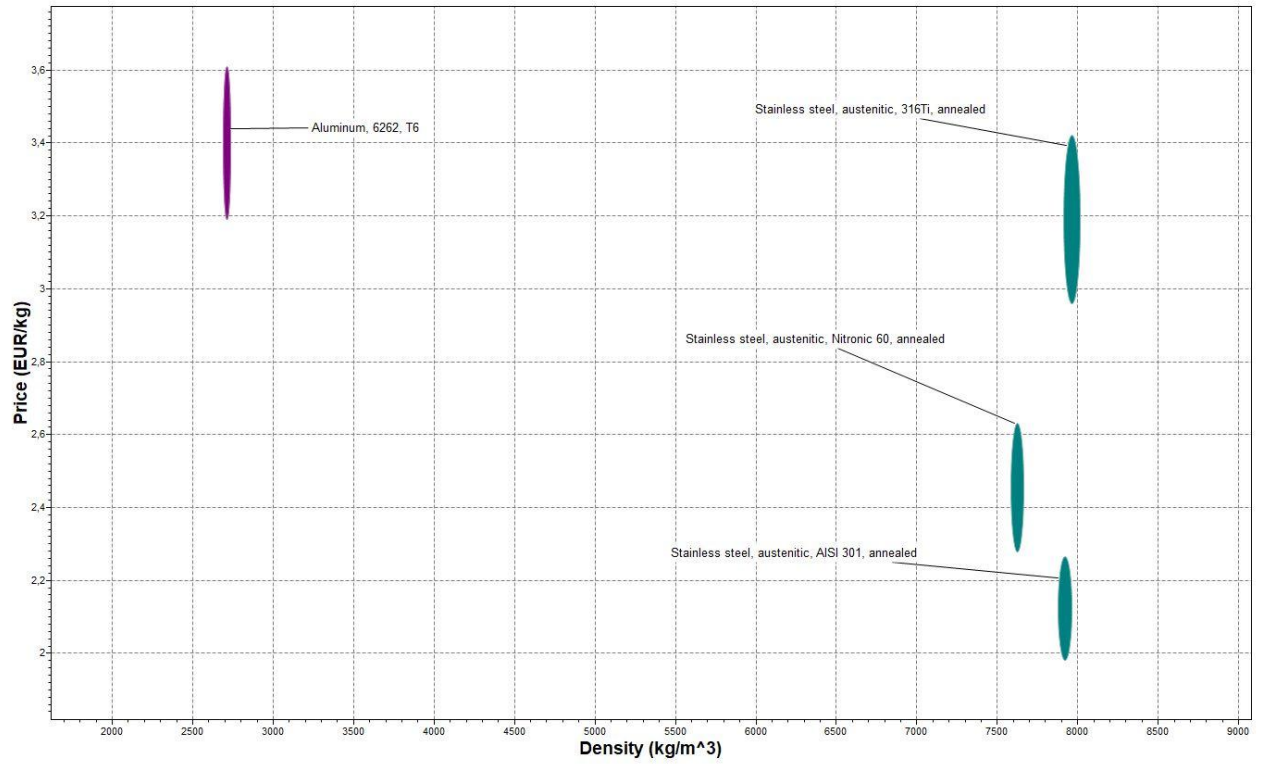


Tabla 9 Grafico precio vs densidad

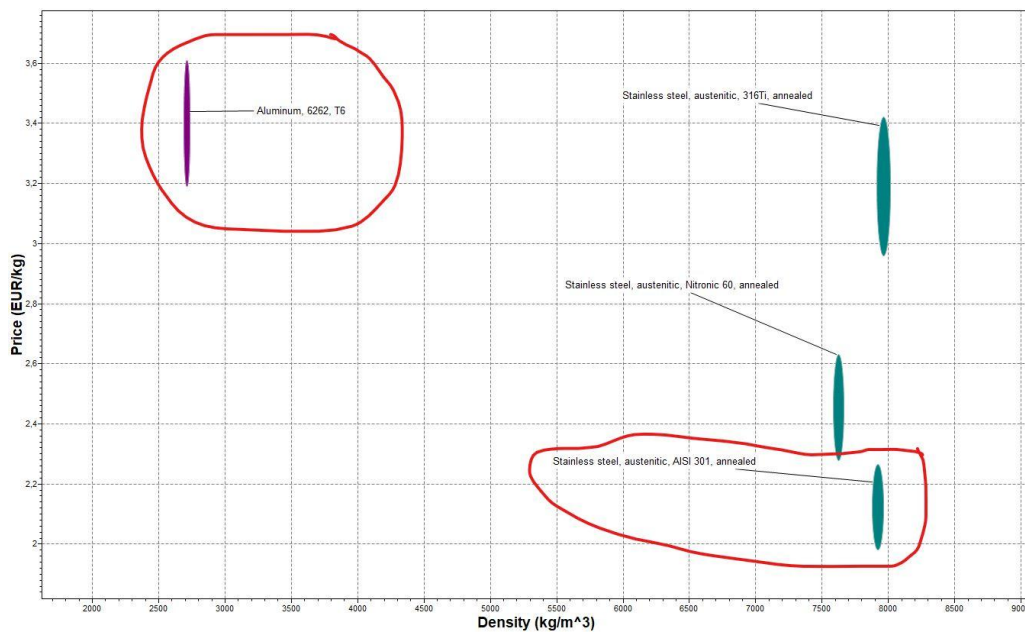


Tabla 10 Selección de los materiales según el programa

Los dos materiales que hemos podido obtener dentro de los parámetros impuestos en el programa y nos servirían para la realización del acople serían:

- Aluminio: cualquiera de la serie 6000 aunque se nombre 6262. Son buenos para la corrosión y fáciles de mecanizar. Se utilizan para perfilaría naval.
- Acero inoxidable de la serie 300: auténticos, resistentes a la corrosión, buenas propiedades mecánicas. Aunque el programa nombre AISI301.

De los cuales se escogerá el aluminio, debido a que presenta mayores niveles de dureza y menor peso en comparación al acero. De toda la serie 6000 de aluminio, por recomendaciones de sitios web especializados, y sobre todo el precio real del mercado, se escoge el aluminio 6061.

PLIEGO DE CONDICIONES

ANEJO IV: PROCEDIMIENTO DE FABRICACION

INDICE

1	Tubo "S"	4
1.1	Pasos de fabricación:.....	4
2	Abrazadera 3 mm	6
2.1	Pasos de Fabricación:	6
3	Tubo "L"	6
3.1	Pasos de Fabricación	6
4	Eje Macizo de Diámetro 12 mm	8
4.1	Pasos de Fabricación	8
5	Eje Macizo 13 mm de diámetro	8
5.1	Pasos de Fabricación	8

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1	Doblador de Tubos de $\frac{3}{8}$ a 1 in.	4
Figura N° 2	Tubo "S"	5
Figura N° 3	Abrazadera	6
Figura N° 4	Tubo "L"	7
Figura N° 5	Eje Macizo de 12 mm	8
Figura N° 6	Eje Macizo 13 mm	9

1 Tubo "S"

1.1 Pasos de fabricación:

- Primeramente se cortan los tubos de la longitud necesaria para abastecer las medidas requeridas, se puede cortar el tubo con un poco de holgura para realizar cualquier esmerilado o corte en los extremos del tubo.
- Se procede a realizar los dobleces en ambos extremos, esto se realiza con un doblador de tubos, se debe tener precaución de utilizar el molde de doblado de la medida estipulada ($\frac{3}{8}$ "), de la misma manera es importante destacar el cuidado con la tolerancia en los ángulos en ambos extremos, algún error en este procedimiento puede implicar desnivel en el prototipo fabricado. Para este tipo de procedimientos de doblado se puede utilizar el equipo mostrado en la figura 1.



Figura N° 1 Doblador de Tubos de $\frac{3}{8}$ a 1 in.

- Luego de realizar los dobleces y verificar que las medidas y ángulos coinciden con el plano de diseño, se realiza el aplanado en los extremos del tubo, esto se puede realizar en una prensa con consideraciones en la fuerza ejercida sobre el tubo, un exceso de fuerza puede fracturar el tubo de manera no deseada.
- Seguidamente se corta y esmerila los extremos del tubo doblado, se debe indicar las medidas y formas deseadas en dichos extremos y realizar estas operaciones con los cuidados necesarios para no dañar el material, es importante añadir que la zona de donde está el aplanado y los dobleces son zonas críticas debido a la deformación que sufre el material.
- Para finalizar se procede a realizar los agujeros en las zonas planas, se deben seleccionar las brocas correspondientes para dichos agujeros y ubicar de manera precisa los centros de los mismos, de esta manera se evita cualquier desalineación o desnivel en el prototipo.
- Luego de aplicar los procedimientos descritos se debe rectificar todas las medidas de modo que la fabricación cumpla con los requisitos del plano de diseño. En la Figura 2 se puede detallar la vista isométrica de la pieza.

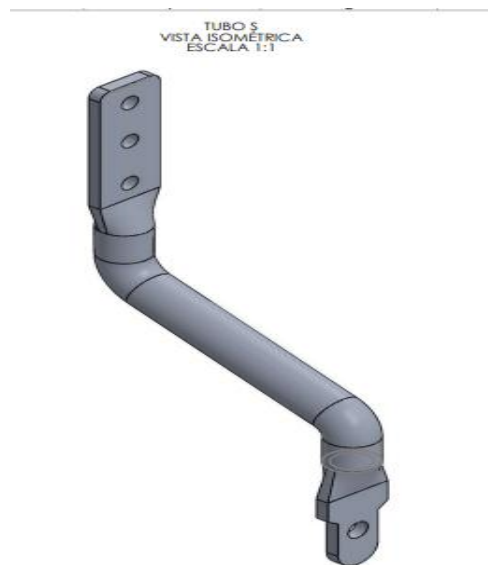


Figura N° 2 Tubo "S"

2 abrazadera 3 mm

2.1 Pasos de Fabricación:

- Cortar lámina con las medidas correspondientes, este procedimiento se puede realizar en una cizalla. Cabe destacar que las medidas de la chapa debe ser el desarrollo de lámina para cumplir con las dimensiones requeridas.
- Seguidamente se realizan los agujeros en los extremos de la lámina, utilizando un taladro o troquel que cumpla con el diámetro del agujero de la chapa.
- Para finalizar se procede al doblado de la chapa, este proceso se puede realizar mediante embutido teniendo en cuenta que se requiere la matriz para lograr la curvatura estimada. Se debe esmerilar las esquinas de la chapa.
- Al finalizar estos pasos las dimensiones de las piezas fabricadas deben ser verificadas con las medidas de los planos de diseño, en la Figura 3 se puede observar la vista isométrica de la pieza.



Figura N° 3 Abrazadera

3 Tubo "L"

3.1 Pasos de Fabricación

- De igual manera como con el tubo "S", se debe cortar la longitud del tubo necesaria para cumplir con las medidas requeridas. Este procedimiento se puede realizar conjuntamente con el corte del tubo "S", esto para optimizar procesos de fabricación.

- Se utiliza el doblador para tubos, siguiendo el mismo procedimiento descrito para el tubo "S", con la diferencia de los ángulos de doblado.
- Se realiza el aplanado del extremo del tubo con la prensa, teniendo las mismas precauciones mencionadas en los pasos del tubo "S", al realizar el aplanado se realiza el corte y esmerilado necesario para conseguir la forma y dimensiones requeridas para el diseño.
- Para finalizar se realizan los agujeros en la zona aplanada, de la misma manera como se explicó en el tubo "S", cabe destacar que el tubo "S" y "L" están acoplados, por lo tanto se debe tener precaución de que dichos agujeros estén bien posicionados.
- Al finalizar estos pasos se debe rectificar las medidas de la fabricación con las medidas en los planos de diseño. El resultado de la fabricación se puede detallar en la vista isométrica representada en la Figura 4.



Figura N° 4 Tubo "L"

4 Eje Macizo de Diámetro 12 mm

4.1 Pasos de Fabricación

- Se debe cortar la barra maciza de la longitud requerida, este proceso se puede realizar en un torno, de esta manera se puede rectificar el diámetro de la barra de manera que este balanceada, para esto debe tener 12 mm de diámetro en toda su longitud.
- Luego se procede a mecanizar los extremos de la barra con las medidas estipuladas en los planos, se debe mecanizar hasta alcanzar el diámetro de 6 mm, el cual es el diámetro de la rosca requerida para este diseño, se recomienda hacer chaflanes en cualquier zona con 90 gr para evitar zonas concentradoras de esfuerzo.
- Seguidamente se realiza el proceso de roscado, este proceso se realiza en una roscadora con la medida para roscas M6. Se debe realizar el roscado en toda la longitud de la barra mecanizada a 6 mm de diámetro.
- Al finalizar este proceso se rectifican las medidas del producto con los planos de diseño, la pieza se puede detallar en la vista isométrica proporcionada en la Figura 5.

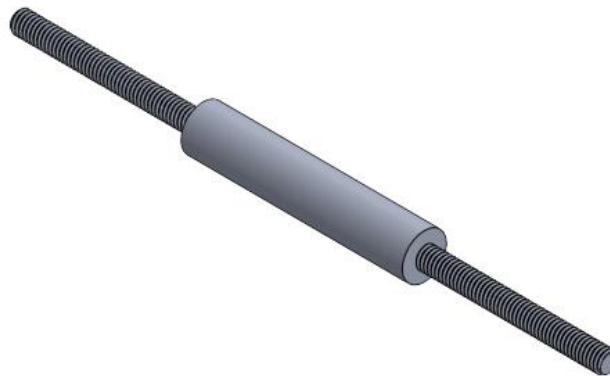


Figura N° 5 Eje Macizo de 12 mm

5 Eje Macizo 13 mm de diámetro

5.1 Pasos de Fabricación

- Primeramente se mecaniza el eje en el torno para conseguir los 13 mm de diámetro externo, en este paso se puede cortar la pieza en la longitud deseada y realizar el chaflán 1.5x1.5.

- Luego se realiza el agujero para el roscado, este agujero se puede realizar con un taladro con la broca correspondiente. Al realizar el agujero se realiza la rosca interna este proceso se puede realizar con un roscado macho, dicha rosca debe ser pasante.
- Al finalizar los pasos se debe verificar las dimensiones con las medidas de los planos, de manera de asegurar las mismas. En la Figura 6 podemos detallar la vista isométrica de dicha pieza.

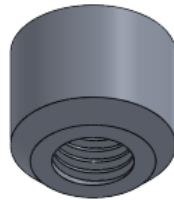


Figura N° 6Eje Macizo 13 mm

Recomendaciones y Observaciones

- Los operadores deben estar calificados para realizar todas las operaciones descritas.
- Todas las operaciones se pueden realizar con equipos convencionales, sin embargo, con equipos CNC se optimiza el proceso y se asegura la calidad de cada procedimiento requerido para lograr la manufactura de las piezas solicitadas.

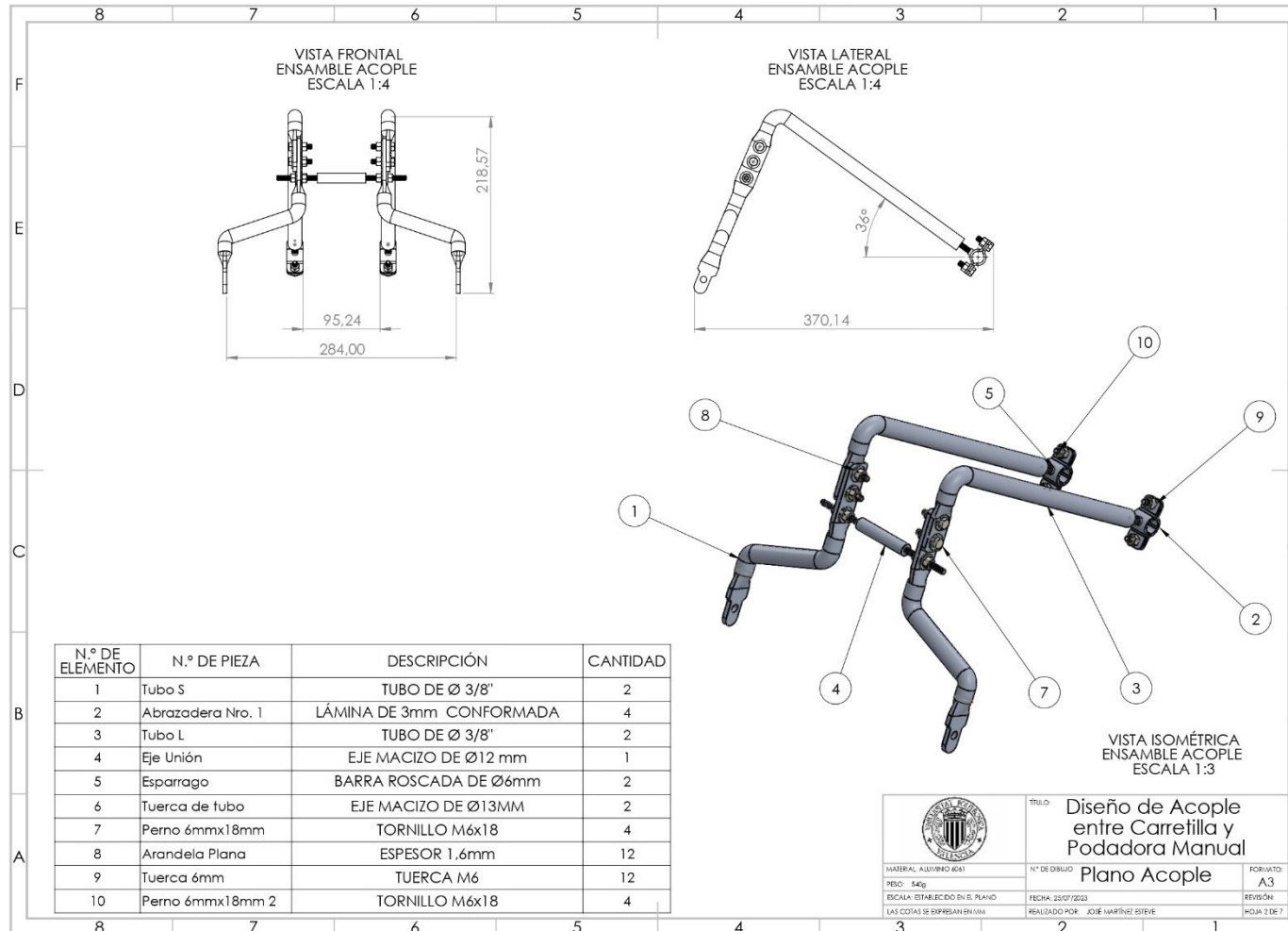
ANEJO V: PLANOS

Índice

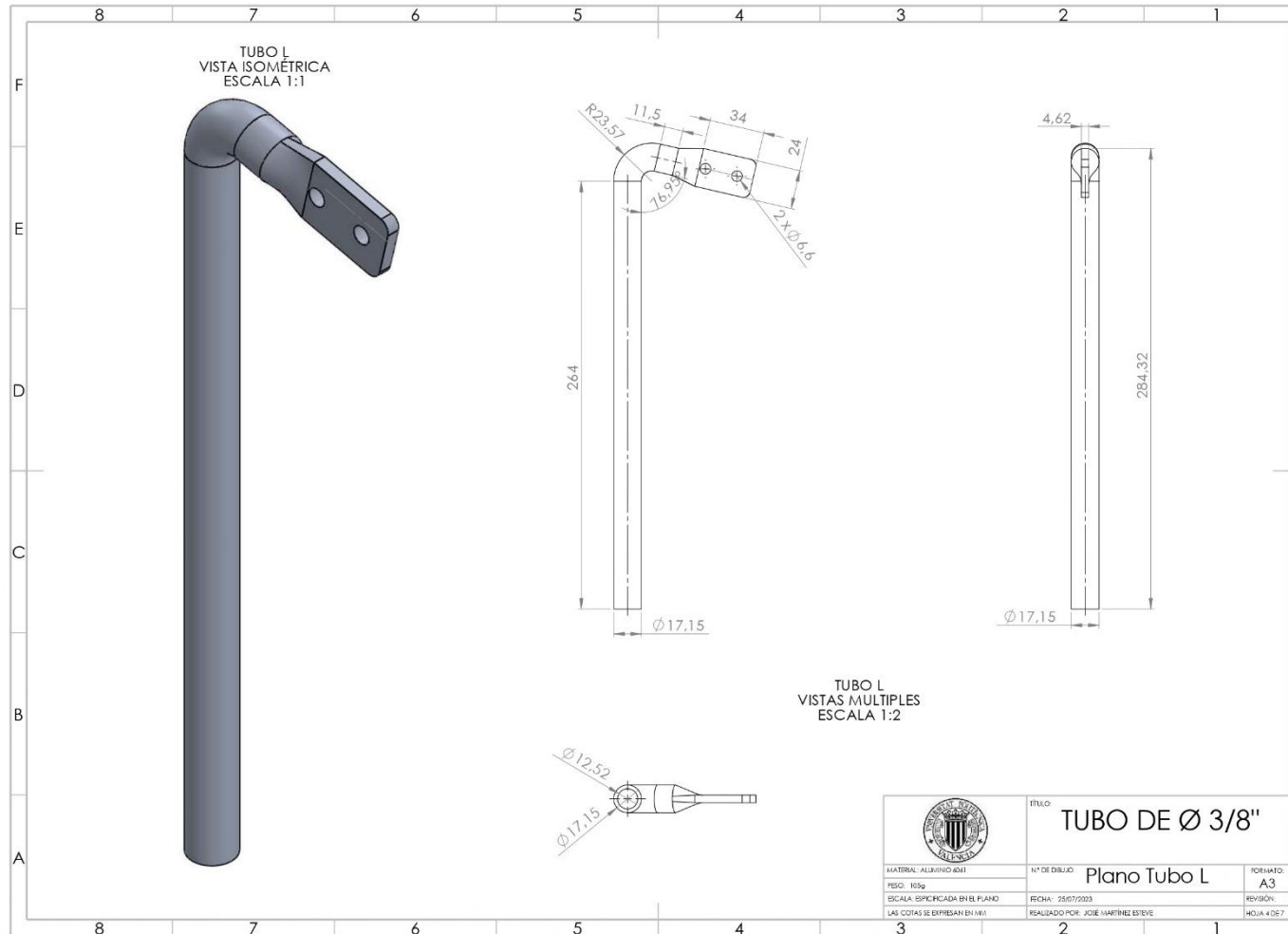
Plano N° 1 Representación isométrica del acople.....	3
Plano N° 2 Lista de partes del acople	4
Plano N° 3 Tubo en L	5
Plano N° 4 Tubo en S	6
Plano N° 5 Abrazadera.....	7
Plano N° 6 Eje de unión	8
Plano N° 7 Tuerca Para tubería	9



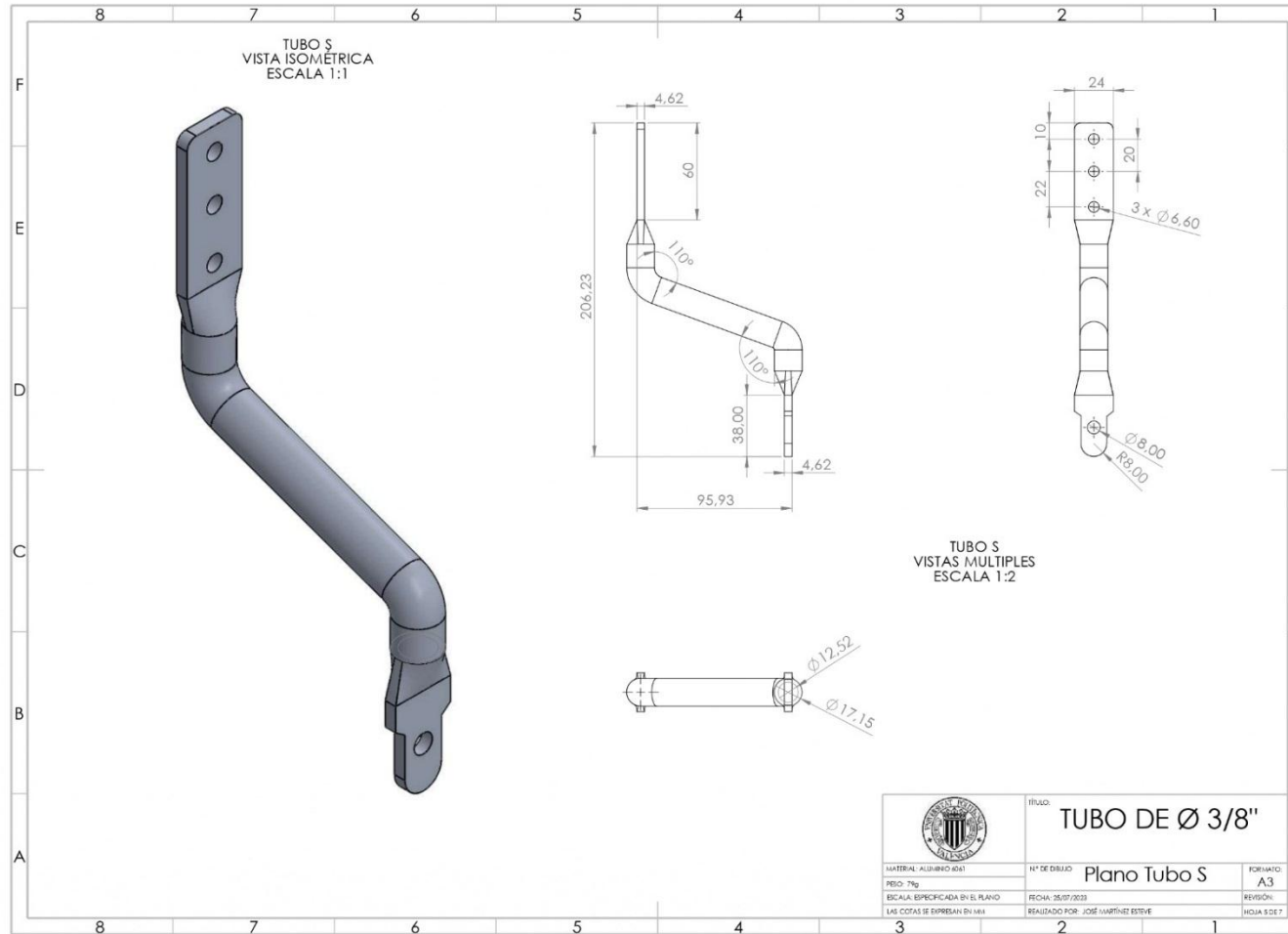
Plano N° 1 Representación isométrica del acople



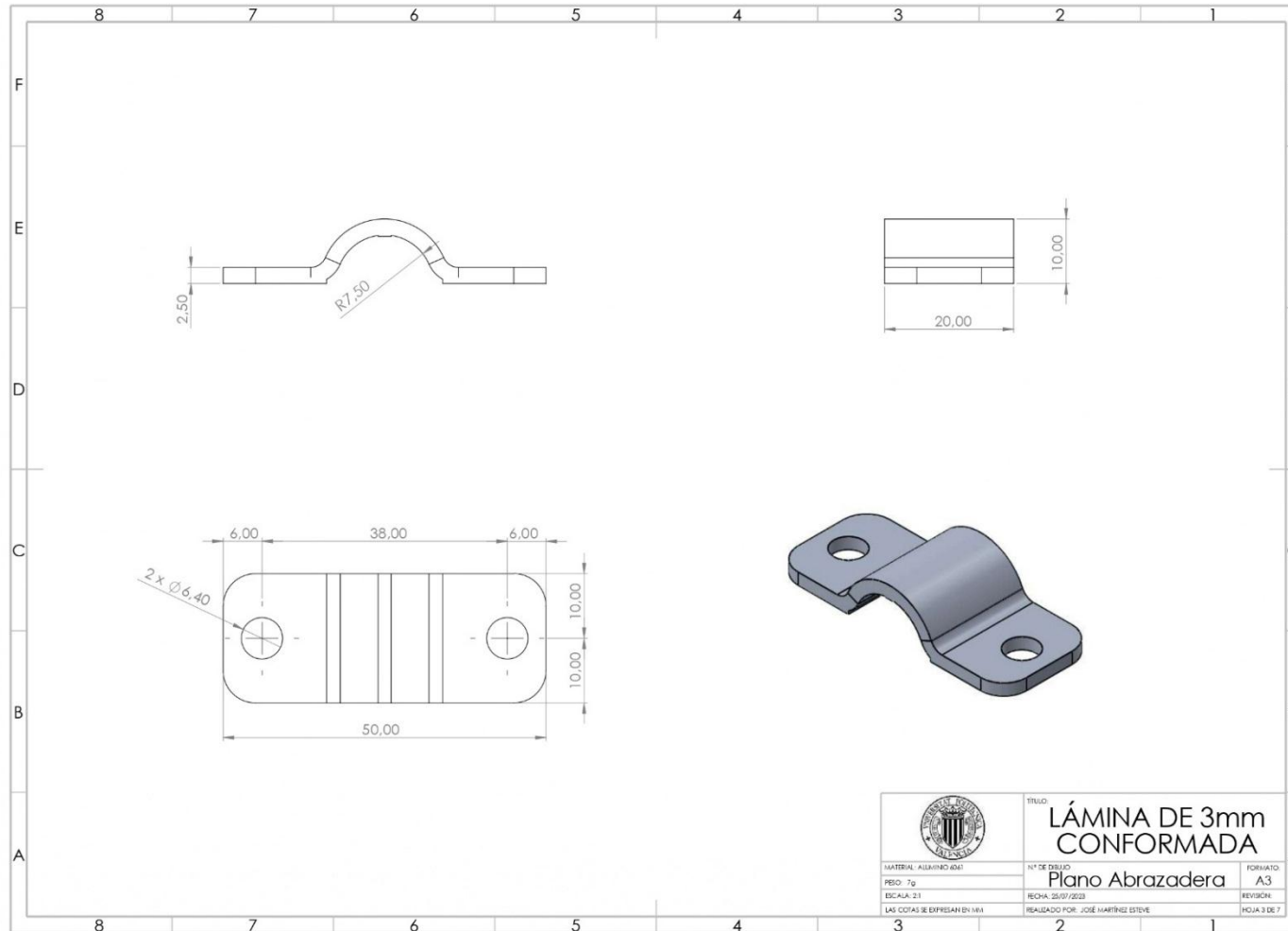
Plano N° 2 Lista de partes del acople



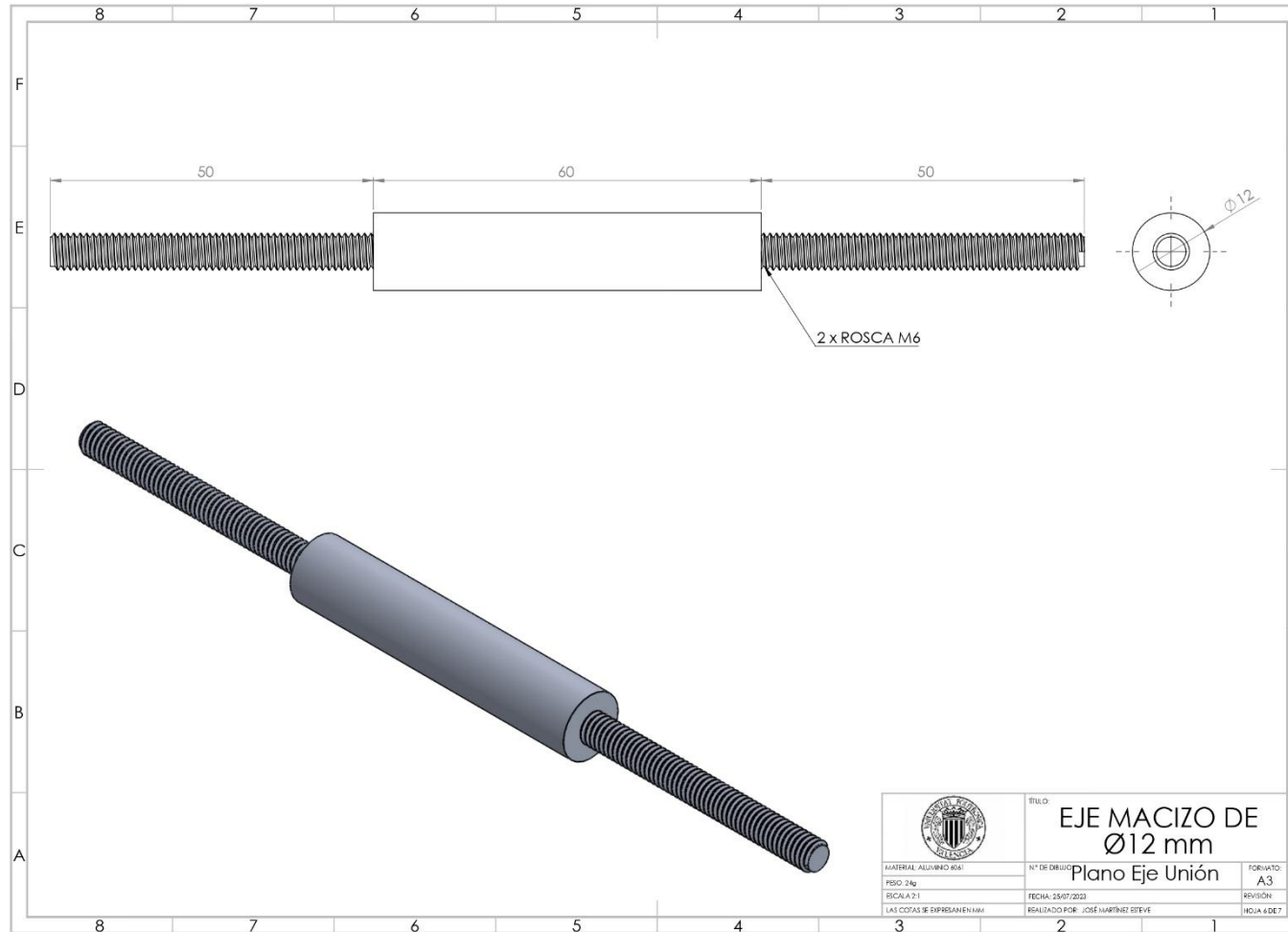
Plano N° 3 Tubo en L



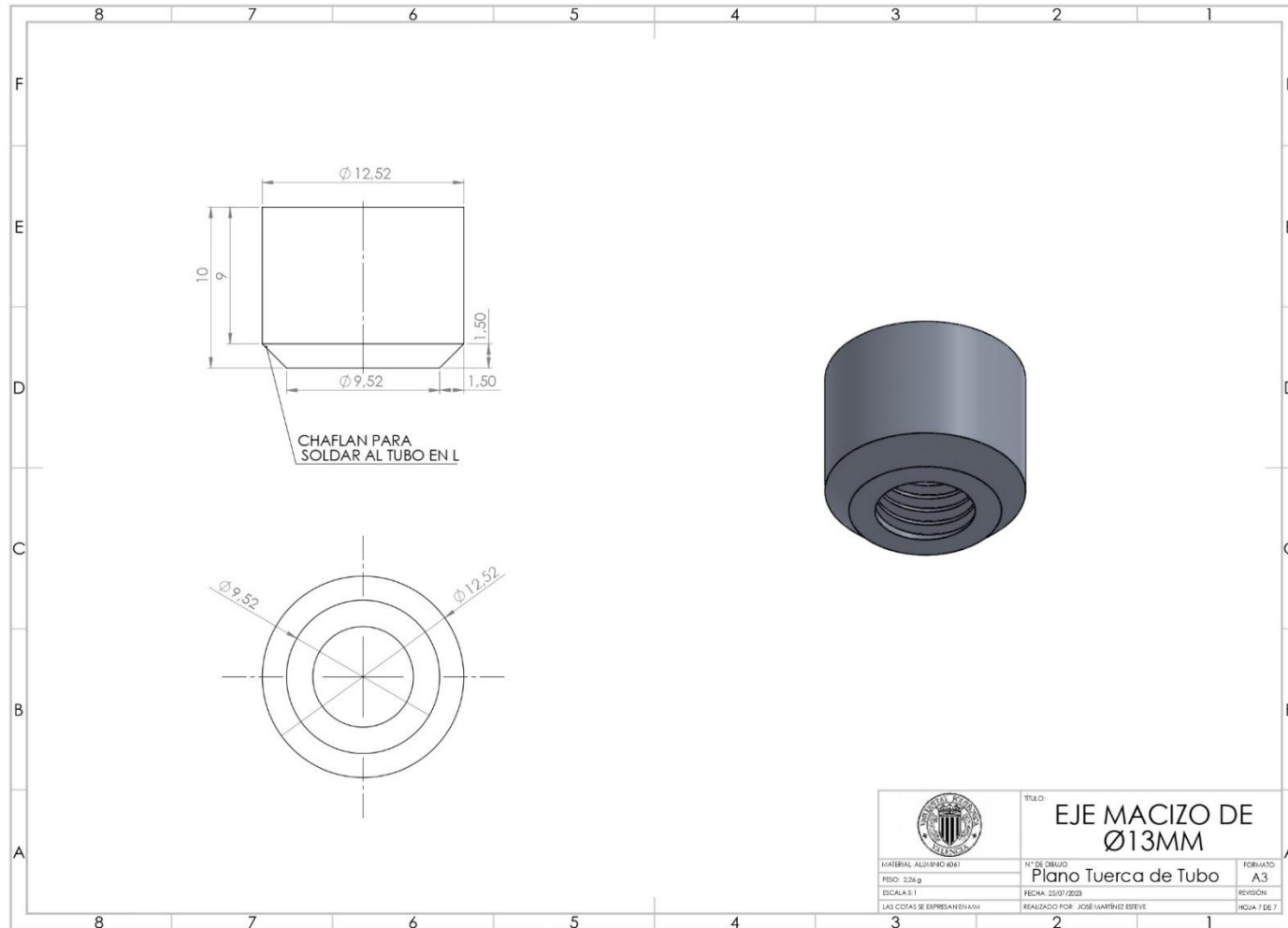
Plano N° 4 Tubo en S



Plano N° 5 Abrazadera



Plano N° 6 Eje de unión



Plano N° 7 Tuerca Para tubería