

DISEÑO DE UN CONECTOR AUTOMÁTICO TRACTOR-REMOLQUE

Autor: **Estébanez García, José María**

Directores: Sánchez Martín, Pedro

Lumbreras Sancho, Sara

Jiménez Octavio, Jesús R.

Dietrich, Kristin

Entidad colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia de Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto proviene de una idea nacida en el entorno del autor, el cual ha pasado algunos momentos de su vida dedicado a la tarea agrícola. Esta tarea agrícola en muchas ocasiones implica el acoplamiento y desacoplamiento del conjunto tractor-remolque, el cual se realiza operando **el enganche**, el objeto de este proyecto.

El conjunto de enganche agrícola tradicional está formado por dos partes principales (Ilustración 1):

- El enganche propiamente dicho, el cual se encuentra fijado a la parte trasera del tractor, detrás del diferencial.
- La argolla de tracción. Es una anilla de cierto grosor perteneciente al remolque, la cual queda atrapada en el interior del enganche mediante el bulón. Ésta argolla es la que transmite la fuerza de tracción al remolque.

Modelos de enganche existentes

Hoy en día los tractores siguen incorporando en su mayoría este tipo de enganches, no obstante existen otros dispositivos más modernos y más efectivos. Vamos a hacer un repaso por los distintos tipos de enganche agrícola que podemos encontrar en el mercado.

- Barra de tiro: Es el modelo del cual hemos hablado al comienzo de este texto. Es el modelo más sencillo de enganche, también

es el más económico, pero presenta algunos problemas de operación de los cuales hablaremos más tarde.

- Enganche de fuerza con embocadura: Enganche homologado para transporte por carretera.
- Enganche de bola: El enganche se articula en un conjunto bola-cuchara.
- Enganche automático: Su cierre se produce al contacto de la argolla con un gatillo.
- Hydraulic Push Back Hitch: Enganche que permite el acoplamiento de remolques sin bajar de la cabina.

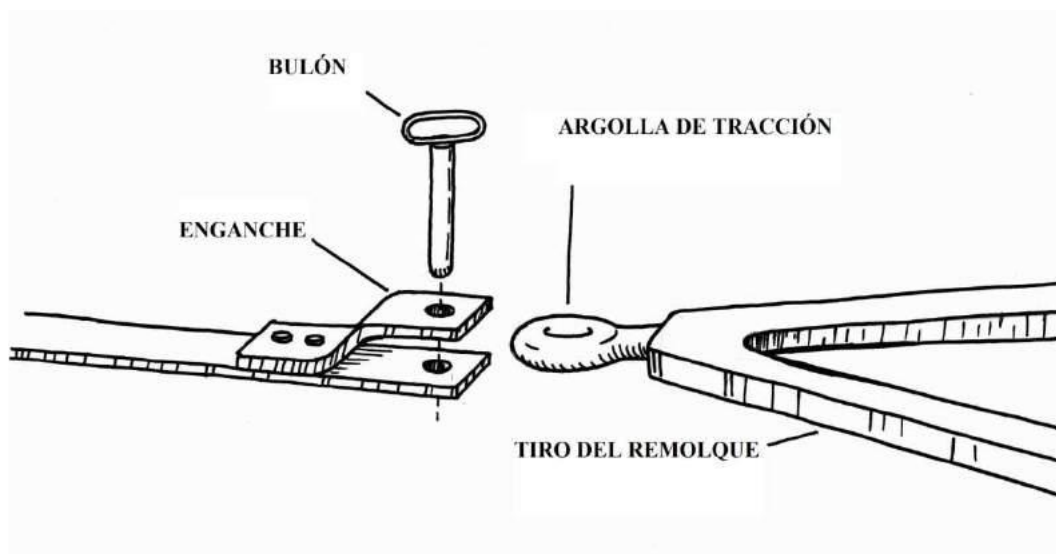


Ilustración 1

Problemática que plantea la operación con remolques

La operación de un conjunto tractor-remolque no siempre es sencilla, esta situación es aún menos favorable cuando se trata de un remolque de dos ejes (los más comunes), los cuales poseen un tiro articulado de altura regulada por muelle.

La manipulación de estos equipos tan pesados a menudo conlleva sobreesfuerzos para el operador. Estos esfuerzos se producen cuando la operación de enganche no puede ser llevada a cabo de forma sencilla debido a que la posición relativa de **enganche** y **argolla de tracción** no es la adecuada, lo cual sucede muy a menudo. Distintas situaciones:

- Remolque con carga desequilibrada: El cabeceo hace que la argolla no esté en el mismo plano que el enganche.
- Remolque hundido ligeramente en la tierra: La argolla se coloca ligeramente por debajo del enganche imposibilitando el acoplamiento.
- Remolque ajustado para otro modelo de tractor: A menudo se combinan distintos modelos de tractor y de remolque, los cuales incorporan distintos modelos de enganche.
- Tractor con pala cargada: La carga de la pala hace cabecear al tractor hacia adelante, por lo tanto enganche y argolla ya no están alineados.

Propuesta de solución

- Un accesorio de fácil instalación, que no exija realizar ninguna modificación en el tractor
- Apto para enganchar todo tipo de maquinaria, por tanto debe ser compatible con los otros acoplamientos existentes en el tractor
- Regulable en altura desde la cabina, elimina el problema de la altura de la argolla de tracción
- De cierre automático al contacto con la argolla de tracción.
- De apertura desde la cabina de forma hidráulica
- Resistente al agua, al barro y al polvo así como a las condiciones extremas que se requieren en este entorno
- Precio competitivo y bajo mantenimiento

Diseño

Desde un principio se pensó en un dispositivo que fuera regulable en altura de forma hidráulica, de esta forma su operación sería llevada a cabo desde la cabina del tractor. Para su mayor sencillez se diseñó de forma que se operara con un único mando, de esta forma superaría a su competidor directo, Push Back Hitch, el cual se opera con 2 y 3 mandos según el modelo.

El **proceso de funcionamiento** es el siguiente:

1. Situar el tractor en línea con el remolque maniobrando lentamente hacia atrás
2. Abrir el enganche (en caso de que este cerrado) pulsando el mando del elevador hacia arriba, esto provocará la elevación completa del bulón
3. Ajustar la altura del enganche con el mismo mando del elevador hasta que enganche y argolla se encuentren en el mismo plano.
4. Dar marcha atrás lentamente hasta que la argolla impacte en el gatillo de cierre
5. Si se desea desenganchar el remolque sólo es necesario pulsar de nuevo el mando del elevador en sentido ascendente

Se comenzó haciendo algunos bocetos sobre papel y también en CAD. Podemos ver algunos de estos dibujos en la Ilustración 2.

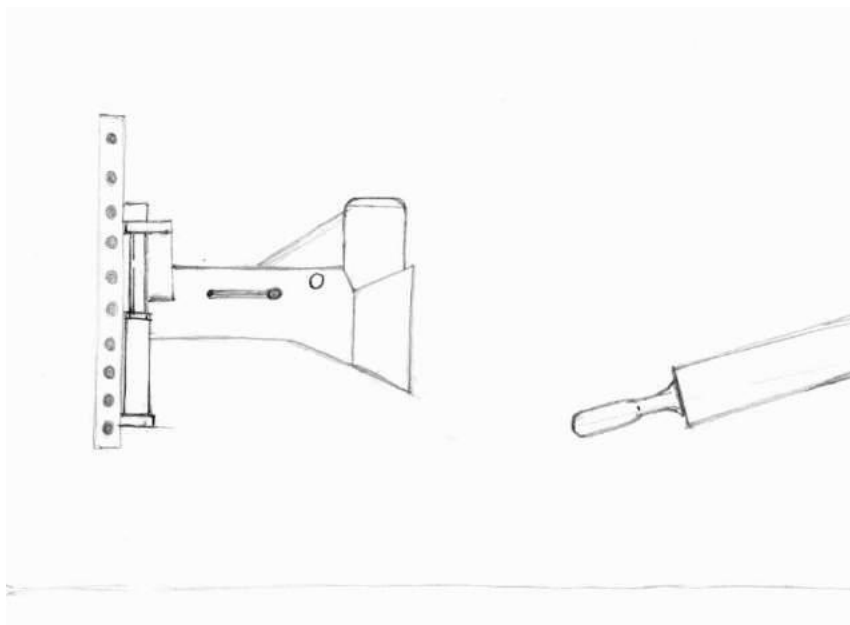


Ilustración 2

Este proceso no fue fácil en ningún momento, pues el diseño del mecanismo interno requirió de muchas horas de trabajo para conseguir que un elevado número de piezas se movieran de forma ajustada y sin colisionar en un espacio muy reducido. Para conseguir un resultado satisfactorio del conjunto fue necesario integrar el diseño estético del producto con el diseño mecánico.

Para favorecer la definición del producto se decidió construir un **prototipo en cartón a escala real**. Luego, este prototipo se implementó en CATIA V5. Este modelo en CAD es analizado desde el punto de vista de los esfuerzos mecánicos por el **método de elementos finitos**. También se determina a partir de las distintas piezas modeladas un **proceso de fabricación** adecuado a cada una. Por último se hacen algunos cálculos y estimaciones a cerca del **coste de fabricación** del dispositivo así como un pequeño **estudio estimando la rentabilidad** de su posible comercialización.

Los distintos pasos del diseño han servido para establecer claramente unas características constructivas, muchas de las cuales están presentes en el modelo final, el cual podemos ver renderizado en CATIA V5 en la Ilustración 3.



Ilustración 3



Diseño de un conector automático tractor-remolque

José María Estébanez García

Madrid, 25 de mayo de 2012

Índice general

Índice general	I
Índice de tablas	VII
Índice de figuras	IX
I Memoria	1
1. Introducción	3
1.1. Algunos términos de la mecánica en agricultura	4
1.2. Motivación	5
1.3. Objetivos	6
1.4. Estructura del proyecto	7
2. Estado del arte	9
2.1. Antecedentes	9
2.1.1. La barra de tiro tradicional	9
2.1.2. El enganche de fuerza con embocadura y bloqueo del bulón	11
2.1.3. Bancada con boca, pitón y barra de tiro	13

2.1.4. El enganche de bola	14
2.1.5. El enganche automático	17
2.1.6. Hydraulic Push Back Hitch	19
2.2. Planteamiento del problema	19
2.2.1. Problemática propia del trabajo con remolques	21
2.2.2. Sujeción del tiro mediante muelle elástico	24
2.3. Propuesta de solución a estos problemas	28
3. Proceso de diseño	29
3.1. Introducción	29
3.2. Diseño exterior	30
3.2.1. Primeros bocetos	30
3.2.2. Avance en el diseño exterior	30
3.3. Mecanismo interno	31
3.3.1. Mecanismo de arrastre	33
3.3.2. Sistema elevador	36
3.3.3. Mecanismo disparador	38
3.3.4. Embrague	40
3.4. Sistema de desplazamiento	42
3.4.1. Primer boceto del sistema de desplazamiento	42
3.4.2. Cambio en el concepto del sistema de desplazamiento . .	43
4. Dimensionamiento	49

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	III
-----------------------	-----

5. Construcción del modelo	51
-----------------------------------	-----------

5.1. Construcción a escala real	52
5.1.1. Construcción de los engranajes	56
5.1.2. Construcción de los ejes	58
5.1.3. Construcción del sistema de leva y elevador	60
5.1.4. Construcción del embrague	60
5.1.5. Construcción del bulón	60
5.1.6. Construcción de la carcasa	61
5.2. Implementación del modelo en CATIA V5	62

6. Análisis de esfuerzos	69
---------------------------------	-----------

6.1. Ensayos	69
6.1.1. Primer ensayo, tracción sobre el eje longitudinal	70
6.1.2. Segundo ensayo, compresión sobre el eje longitudinal	70
6.1.3. Tercer ensayo, carga vertical ascendente	71
6.1.4. Cuarto ensayo, carga vertical descendente	73
6.1.5. Quinto ensayo, esfuerzo lateral	73
6.2. Conclusiones	75

7. Fabricación	77
-----------------------	-----------

7.1. Procesos de fabricación	77
7.1.1. Fabricación del soporte (Pieza 1)	77
7.1.2. Fabricación del soporte inferior (Pieza 2)	80

7.1.3. Fabricación de la corona de transmisión	81
7.1.4. Fabricación de los ejes	84
7.1.5. Fabricación de la leva	85
7.1.6. Fabricación del elevador	86
7.1.7. Fabricación del embrague	88
7.1.8. Fabricación de la base	89
7.1.9. Fabricación de la barra de enganche	91
7.1.10. Fabricación de la palanca de apertura manual	91
7.1.11. Fabricación del bulón	92
7.1.12. Fabricación de los railes	93
7.1.13. Fabricación de la carcasa	94
7.2. El producto final	95
7.3. Planos de fabricación	97
8. Costes y rentabilidad	111
8.1. Análisis de costes	111
8.1.1. Coste de materiales	112
8.1.2. Coste de mecanizado	114
8.1.3. Coste de mano de obra	116
8.1.4. Coste estimado total de fabricación del dispositivo	117
8.2. Factibilidad de negocio	118
8.2.1. Creación de una empresa	118
8.3. Venta de la patente	121

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	V
8.3.1. Venta de la patente en su integridad	121
8.3.2. Venta de la patente con royalties	122
8.4. Conclusiones extraídas del estudio	123
9. Conclusiones	125
 II Planos	 127
 10. Planos constructivos	 129
 11. Planos de montaje	 165

Índice de tablas

8.1. Bases para el cálculo de costes	111
8.2. Peso de los principales componentes del dispositivo	112
8.3. Factores de corrección: factor de desperdicio y tasa de piezas defectuosas	113
8.4. Peso de cada pieza tras aplicar factores de corrección	114
8.5. Precio del acero utilizado en la fabricación del dispositivo	115
8.6. Desglose de elementos auxiliares y sus precios	115
8.7. Tiempo estimado de mecanizado de cada pieza y coste	116
8.8. Costes de mano de obra estimados	117
8.9. Desglose de los principales costes de fabricación	117
8.10. Datos de ventas anuales de tractores con potencia superior a 90 CV, datos 2007.	119
8.11. Resultados obtenidos a partir del cálculo de VAN y TIR	120
8.12. Resultados obtenidos a partir del cálculo de VAN y TIR	120
8.13. Resultados de VAN y TIR para la inversión de patente internacional	122

Parte I

Memoria

Capítulo 1

Introducción

Desde tiempos inmemoriales ha existido el concepto de remolque, ya sea en forma de carro, carreta, cuadriga, trineo ...utilizado como elemento de transporte precedido por un elemento tractor, pudiendo ser este último una persona, un animal o un tractor motorizado. Ya antes de la invención de la rueda existía la idea de remolque y tractor, eran camillas hechas con palos y pieles que se arrastraban por el suelo siendo tiradas por personas. Más tarde, a finales del Neolítico, con la domesticación de los animales y la invención de la rueda comenzó a desarrollarse el carro, que ha ido evolucionando hasta nuestros días. En el ámbito agrícola se ha utilizado sin apenas evolución hasta el siglo XX. Los últimos carros de varas (carro de un eje tirado por una o dos mulas) se retiraron paulatinamente de la agricultura en Europa hacia la década de los 30 con la generalización del uso de tractores motorizados. En España este tipo de carros no se retiraron hasta la década de los 60 cuando se impulsó la mecanización del campo y llegaron los remolques de dos ejes (algunos aún tirados por mulas). Por definición, un remolque es un vehículo tirado por otro que se emplea para el transporte. Consta como mínimo de chasis, ruedas, superficie de carga y, dependiendo de su peso y dimensiones, frenos propios.

Una vez definido el remolque vamos a tratar el objeto de esta memoria, el nexo de unión entre tractor y remolque, su enganche. El enganche es un sistema que permite el acoplamiento y desacoplamiento entre remolque y tractor. Tradicionalmente ha constado de una argolla simple en el lado del remolque y de una argolla doble en el lado del tractor, uniéndose estas dos partes con la ayuda de un bulón (imagen 1.1). Podemos ver este sistema en los primeros trenes, en camiones y en vehículos agrícolas.

En este proyecto vamos a tratar específicamente el enganche que incorporan

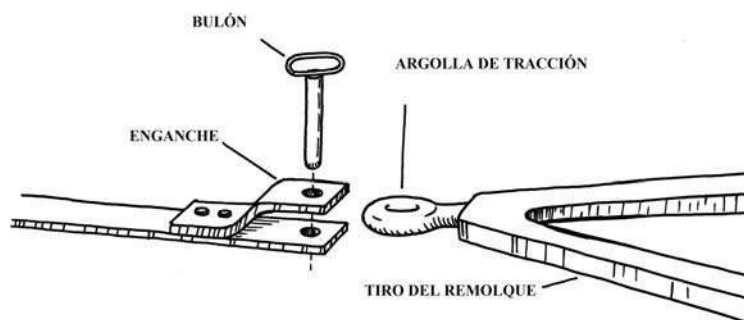


Figura 1.1: Dibujo de los distintos elementos que conforman un enganche básico.

los tractores agrícolas que, a pesar de las grandes innovaciones que ha vivido la maquinaria agrícola en las últimas décadas, todavía no satisface algunas de las necesidades que surgen de las labores agropecuarias y no se adapta plenamente a la legislación vigente del actual Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

1.1. Algunos términos de la mecánica en agricultura

A continuación describimos algunos términos que se utilizan para definir elementos presentes en la maquinaria agrícola, éstos ayudaran más tarde a comprender el problema que se trata.

Argolla de tracción: Es una pieza metálica de forma circular de tal forma que permite el acoplamiento con el enganche al quedar atravesada por el bulón, ésta está soldada al tiro del remolque para transmitir el esfuerzo de tracción.

Bulón: Es una pieza metálica, de forma cilíndrica y alargada, que cumple la función de cerrar la unión entre enganche y remolque, esta soporta la tensión de la unión mediante un esfuerzo de cizalladura.

Equipos remolcados: Son aquellos equipos tales como empacadoras, abonadoras o cubas, que debido a su tamaño y características son remolcados por el tractor y alimentados con la potencia de éste para desarrollar su función.

Equipos suspendidos: Son aquellos equipos tales como sembradoras, abonadoras o cubas, que por su tamaño y características pueden ir suspendidos

sobre el levantamiento hidráulico del tractor y alimentados de potencia de éste para desarrollar su función.

Levantamiento hidráulico: También llamado enganche de tres puntos, consiste en un conjunto mecánico formado por dos brazos fijos (primer y segundo punto) que se elevan por efecto de sendos cilindros hidráulicos de simple efecto y por un brazo extensible (tercer punto) que sirve para fijar el conjunto. Este sistema es utilizado para fijar aperos y de esta forma poder suspenderlos en el aire y desplazarlos con facilidad.

Tiro: Es una pieza metálica que sirve para transmitir el esfuerzo de tracción de la argolla al chasis del remolque. Esta pieza suele tener forma triangular, o de “V”, de ahí su nombre más coloquial. Ésta suele estar articulada en su unión con el chasis para poder situar la argolla a distintas alturas.

Toma de fuerza: Se trata de un eje nervado que sobresale por la parte posterior del diferencial, se utiliza para proporcionar potencia en forma de giro a los equipos remolcados o suspendidos, normalmente a través de una junta cardan extensible perteneciente al equipo.

1.2. Motivación

La idea de este proyecto proviene del entorno del autor, que, aunque con vocación de ingeniero, ha pasado varios veranos ocupado en el noble oficio de la agricultura. A pesar de que esta actividad ha sufrido una enorme evolución en las últimas décadas sigue siendo en ocasiones una tarea dura y frustrante para el trabajador. Es por eso que el autor ha decidido dar solución a algunas de las ineficiencias de la labor agrícola aprovechando la oportunidad que el brinda este proyecto. Algunas de estas situaciones se narran a continuación.

Uno de los trabajos más comunes de la agricultura cerealista es la recogida de paquetes de paja. Este trabajo consiste en desplazarse al campo con un tractor, estando éste dotado de una pala con lanzas capaz de ensartar paquetes y un remolque con plataforma para poder cargarlos. El proceso de carga es el siguiente: se avanza por la finca hasta encontrarse en un punto con buena densidad de paquetes (los cuales han sido depositados aleatoriamente por la empacadora), en este punto se desengancha el remolque, al estar descargado se extrae el bulón manualmente sin esfuerzo, después se va cargando con fardos en pilas de tres o cuatro. El problema surge cuando se han cargado todos los paquetes alrededor de la plataforma y es necesario moverla en busca de otra zona con más densidad de paquetes. Como la plataforma se carga de adelante hacia atrás, es decir, desigualmente, el peso produce un efecto en el remolque

haciéndolo cabecear hacia adelante, resultando que, cuando se está realizando la maniobra de enganche, que requiere de precisión y tiempo, y se está tratando de alinear enganche y argolla, el conductor se da cuenta de que el tiempo que ha invertido en esta maniobra ha sido inútil, pues argolla y enganche ya no se encuentran en el mismo plano. Ahora hay que pensar en la forma de que estas dos piezas encajen y lo cierto es que cuando se está en mitad del campo no existe una solución fácil, o bien se recoloca la carga o bien se varía la altura del tiro, siendo esta última poco útil ya que cuando se nivele la carga nos encontraremos con un tiro demasiado alto y no habremos solucionado el problema.

En casi todas las instalaciones se dispone de varios tractores de diferentes características que se emplean para tareas específicas. Entre sus características diferentes se encuentra la altura del enganche. Normalmente se dispone también de varios remolques, los cuales tienen características diferentes, o cada uno está reglado para adaptarse mejor a un tractor determinado. El problema surge cuando se desea enganchar un remolque que no ha sido reglado para ese tractor. De nuevo surge el esfuerzo físico y la pérdida de tiempo.

Al igual que sucede en las situaciones anteriormente descritas, se producen los mismos contratiempos en otras tareas agrícolas como puede ser la cosecha del cereal y la vendimia, en las cuales el enganche y desenganche de remolques es continuo. Este tipo de problemas a lo largo de una jornada de trabajo prolongada generan trastornos al trabajador ya que éste debe estar continuamente subiendo y bajando de la cabina y forzando su espalda con los pesados elementos del remolque. Además, el retraso producido por este tipo de contratiempos genera una merma de la productividad.

Por estos motivos anteriormente citados se ha decidido diseñar un nuevo concepto de enganche agrícola, éste estará concebido para combatir todos los problemas derivados del acoplamiento de remolques, haciendo ésta una simple operación que se puede llevar a cabo desde el asiento del conductor.

1.3. Objetivos

Desde un principio éste se ha postulado como un proyecto ambicioso, pues el diseño integral de un nuevo producto a menudo es llevado a cabo por un equipo de profesionales durante varios meses. No obstante se va a intentar satisfacer los siguientes objetivos:

- Idear de forma clara un dispositivo que cumpla las exigencias establecidas

- Llevar esas ideas al papel y unir las
- Concretar una estética y unos mecanismos que sean capaces de funcionar
- Apoyar las explicaciones con gráficos e imágenes
- Procesar el modelo en formato digital utilizando CAD y CAE
- Construcción de un modelo real
- Determinación de un proceso para su posible fabricación en metal
- Estudio económico del proyecto

1.4. Estructura del proyecto

Durante los siguientes capítulos vamos a intentar explicar el desarrollo del proyecto de una forma ordenada.

- En el **Capítulo 2: Estado del arte**, vamos a hacer un repaso por los distintos modelos de enganche agrícola que existen, explicando sus características y su modo de operación así como sus pros y contras. En este mismo capítulo se hablará de la problemática que surge del trabajo con remolques detallando todas las situaciones de ineficiencia en su operación. Así pues se propondrán unas características que debería incluir el dispositivo a diseñar para satisfacer esas situaciones de ineficiencia.
- En el **Capítulo 3: Proceso de diseño**, se describe paso a paso el proceso llevado a cabo para implementar un diseño del dispositivo. En éste se clasifica el diseño en varias partes dentro de las que cabe destacar: mecanismos y estética. Más tarde se irán detallando todos y cada uno de los mecanismos diseñados y se hará referencia a figuras de los dibujos hechos a tal efecto.
- El **Capítulo 4: Dimensionamiento** es un capítulo de corta extensión, sin embargo es de gran importancia en el proyecto ya que sobre este se asienta el dimensionamiento y construcción de un modelo a escala real (**Capítulo 5**).
- El **Capítulo 5: Construcción del modelo** relata el proceso de diseño y construcción de un prototipo de cartón a escala real. Prototipo que posteriormente será modelado en CAD (CATIA V5).

- En el **Capítulo 6: Análisis de esfuerzos**, se analiza el modelo desde el punto de vista de la resistencia mecánica, comprobando así su validez frente a las hipotéticas cargas a las que será sometido.
- El **Capítulo 7: Fabricación**, aborda de forma sencilla los posibles procesos de fabricación que habría que llevar a cabo para la fabricación del dispositivo. En sus sucesivos apartados se indican las máquinas, los procesos, y las superficies a tratar. En este capítulo se incluyen planos en los que se indican las superficies y elementos a tratar.
- El **Capítulo 8: Análisis de costes y factibilidad de negocio**, recoge algunas estimaciones de costes así como el cálculo de indicadores sobre la factibilidad del negocio. En el se adjuntan tablas de datos y las ecuaciones necesarias para realizar los cálculos.

Capítulo 2

Estado del arte

En este capítulo se hace una recopilación de los avances tecnológicos más relevantes que se han hecho hasta el momento en enganches para agricultura. Esta lista va desde las primitivas barras de tiro hasta los modernos enganches automáticos. Explicaremos las características funcionales así como las ventajas e inconvenientes que presenta cada uno.

2.1. Antecedentes

Antes de comenzar a innovar se debe conocer la historia del enganche agrícola desde su nacimiento así como las diferentes patentes y productos que ya existen en el mercado. Esta información será esencial a la hora de desarrollar un nuevo producto.

2.1.1. La barra de tiro tradicional

Consiste en una barra de acero forjado que va sujeta con pasadores al chasis del tractor de forma que se puede retirar o colocar en distinta posición (izquierda o derecha) en caso de necesidad. Como se ve en la figura 2.3 detalle B, es una barra que se bifurca en su extremo teniendo en éste dos orificios a través de los cuales se coloca el bulón. A pesar de que en ocasiones resulta complicado el acoplamiento con este tipo de accesorios su utilidad radica en que proporciona un punto de articulación del conjunto tractor-remolque más alejado del eje trasero del tractor que otros enganches que van empotrados en el chasis, esto favorece en dos aspectos:

1. En las maniobras marcha atrás con remolques de dos ejes. Siendo ésta una maniobra complicada, resulta más rápida (aunque menos precisa) con barra de tiro que con otros enganches.
2. Mejora el comportamiento del conjunto tractor-remolque en las curvas haciendo que la trayectoria de las ruedas directrices del remolque sea más próxima a las del tractor y por lo tanto utiliza una anchura menor en los giros (imágenes 2.1 y 2.2). Facilita el no tener que “abrirse” demasiado cuando se gira en una esquina. Problema muy común para los tractoristas que operan en poblaciones con calles estrechas.

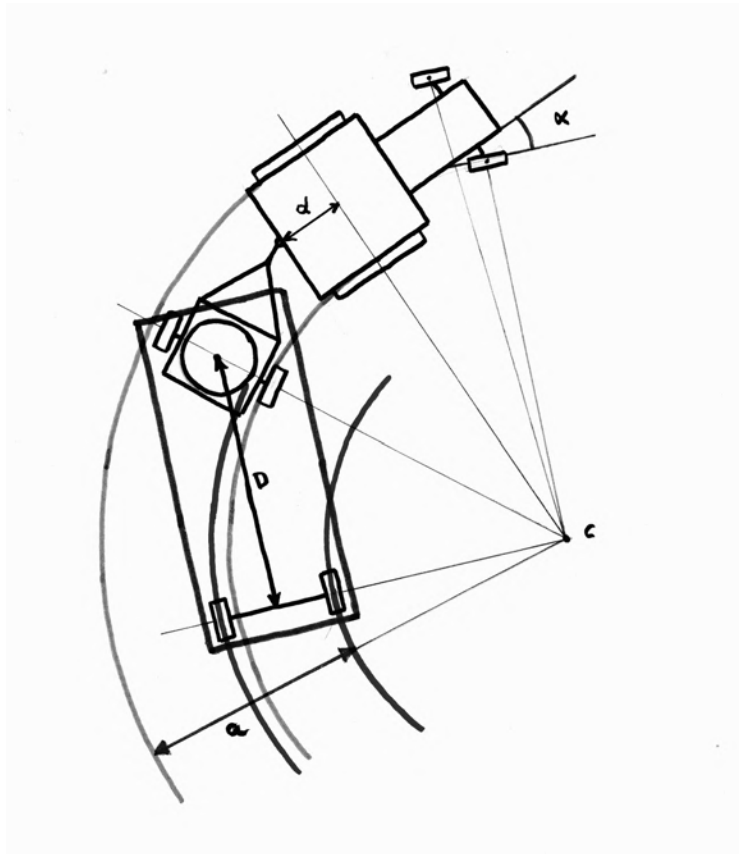


Figura 2.1: Área barrida por un conjunto con el enganche corto.

Es un accesorio de fácil fabricación y bajo coste debido a su simplicidad. Sin embargo, en ocasiones no cumple las condiciones de robustez y seguridad requeridas y es necesario recurrir a un enganche acoplado directamente al chasis 2.3.

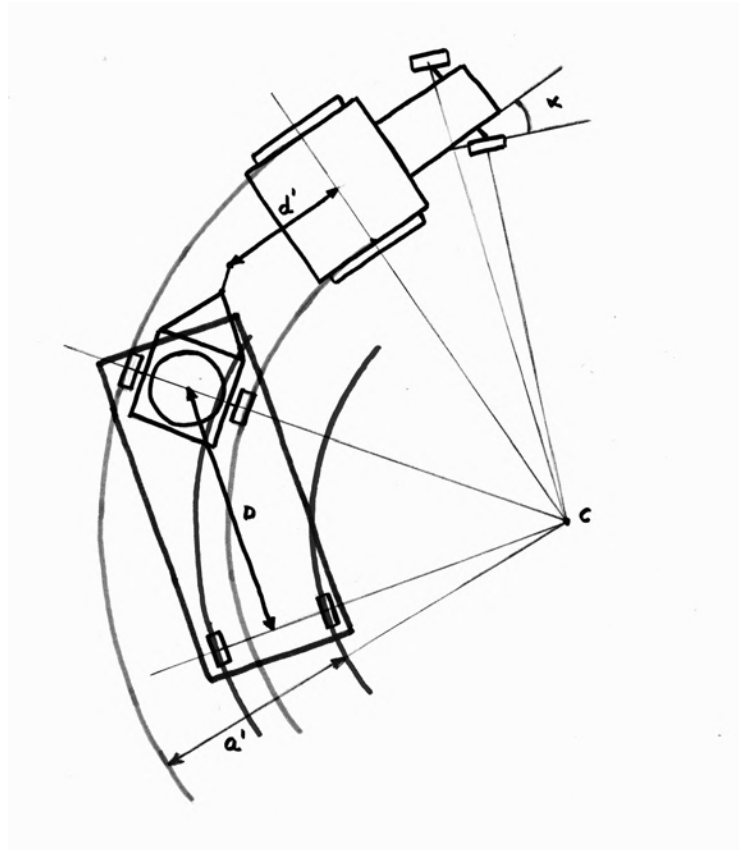


Figura 2.2: Área barrida por un conjunto con el enganche largo, menor en comparación al corto.

2.1.2. El enganche de fuerza con embocadura y bloqueo del bulón

Es un enganche robusto y con embocadura para facilitar el enganche marcha atrás, su bulón incorpora un sistema mediante el cual se puede dejar éste bloqueado. Va sujeto con pasadores a una fijación en la parte posterior del chasis del tractor. Se puede incorporar simultáneamente con la barra de tiro. Éste es el enganche indicado por la normativa para utilizar en la vía pública. Este tipo de enganche es el mínimo exigido para poder validar la ITV (Inspección Técnica de Vehículos) de vehículos agrícolas. Ha de estar homologado por el organismo competente. Este enganche es apto para soportar esfuerzos tanto horizontales como verticales. Ofrece también las garantías de seguridad exigidas ya que incorpora un cierre para el bulón, este puede ser un pasador, una horquilla de acero u otro sistema que impida que el bulón por cualquier efecto indeseado abandone su posición y libere la carga.

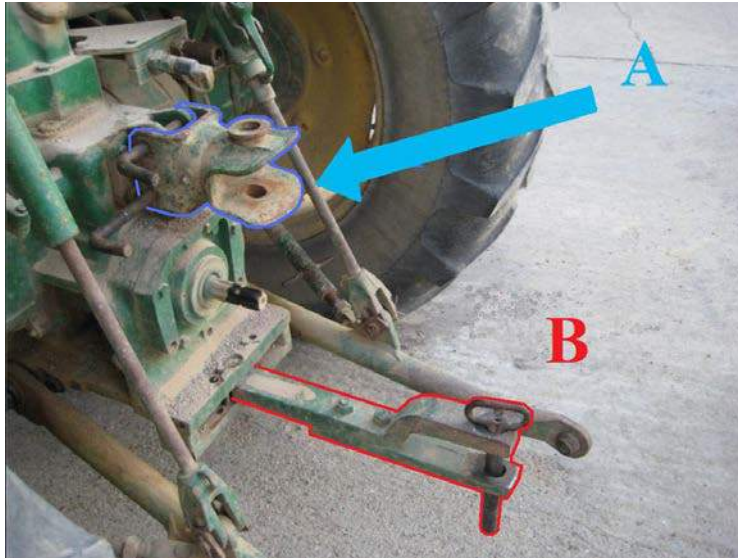


Figura 2.3: montados simultáneamente, barra de tiro(B) y enganche acoplado directamente al chasis ilustrado en la figura 2.3(A).

En la imagen 2.5 se muestra uno de estos enganches desmontado, se puede ver montado en la imagen 2.4. También se muestra el bulón especial que incorpora un elemento de bloqueo en el propio mango de éste (en color verde).



Figura 2.4: Enganche de fuerza perteneciente a un John-Deere 3130.



Figura 2.5: Enganche de fuerza desmontado perteneciente a un John-Deere 3130.

2.1.3. Bancada con boca, pitón y barra de tiro

Algunas marcas de accesorios agrícolas incorporan un juego de enganche con bulón y pasador, un pitón fijo con cierre rápido y a parte de una barra de tiro extraíble (imagen 2.6). El pitón se utiliza sobre todo para el anclaje de cables de acero y cadenas con el fin de arrastrar troncos, piedras u otros objetos pesados, lleva un cierre de seguridad para evitar que el cable o la cadena se

suelten en tensión. Como se puede ver en la imagen 2.6, la boca de enganche (en la parte superior del conjunto) es de altura regulable gracias a los pasadores que la sujetan y que se pueden ajustar a varias alturas. Esto plantea el problema del espacio necesario para la transmisión cardan de equipos remolcados (figura 2.7) que va situada entre los dos raíles perforados para pasadores. La mayoría de fabricantes diseñan este accesorio regulable de forma que en su posición más alta el espacio entre la boca de enganche y el pitón es suficiente para acoplar esta transmisión, por tanto esta boca queda inútil, pues los equipos remolcados en sus acoplamientos presentan la argolla del enganche por debajo de la transmisión cardan. Algunos de estos equipos se apoyan en un conjunto de dos ruedas (semirremolque) o cuatro ruedas en un eje (tándem), por lo cual su peso recae parcialmente sobre la barra de tiro no siendo ésta adecuada para el soporte de cargas verticales.

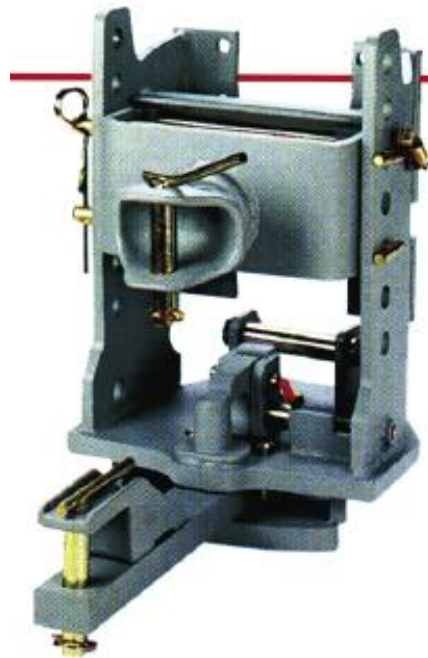


Figura 2.6: Mailleux LB 19. Imagen obtenida en <http://www.talleresalmerich.com>.

2.1.4. El enganche de bola

Este sistema se compone de una bola solidaria a una placa, unida ésta al chasis del tractor. En este caso por parte del remolque hay una protuberancia con forma de cuchara que se acopla superiormente a la bola del enganche. Finalmente un cierre se encarga de dejar la “cuchara” del remolque atrapada sobre la bola impidiendo que pueda abrirse de ninguna manera. Se muestran



Figura 2.7: Imagen de la disposición de los elementos, argolla (parte inferior) y toma de fuerza cardan (parte superior).

sus características en las imágenes 2.8, 2.9 y 2.10. Este tipo de enganches es muy novedoso y cada vez lo incorporan más equipos agrícolas. Lo que en un principio sólo se incorporaba en arrastre para turismos y otros vehículos de carretera cada vez se utiliza más en agricultura. La ventaja que ofrece este tipo de enganche es sobre todo el confort que ofrece en movimiento, ya que minimiza el efecto de traqueteo típico del conjunto tractor-remolque al no haber apenas juego entre los dos componentes implicados. El inconveniente que sin duda surge es que para utilizar este tipo de enganche hay que modificar el tiro de los remolques estándar de argolla instalando uno con forma de cuchara. Además, para su buen funcionamiento, las superficies implicadas en el sistema deben estar continuamente engrasadas con el consiguiente problema que supone, este conjunto trabaja continuamente expuesto al polvo y a la arena. Esto implica que el sistema requiere de una limpieza y engrase muy frecuente llegando algunos modelos a incorporar tomas para el circuito de engrase del tractor. El proceso de acoplamiento del enganche de bola es sencillo, pero resulta muy caro implementar el sistema necesario para su funcionamiento. Esto es debido a que ha de instalarse en todos los remolques y equipos que vayan a acoplarse con el sistema. Como se muestra en la imagen 2.11 para operar este tipo de sistemas es necesario el montaje de un mecanismo auxiliar, este puede ser mediante un gato manual a manivela (mecanismo A) o bien un hidráulico que realice el mismo trabajo (mecanismo B).

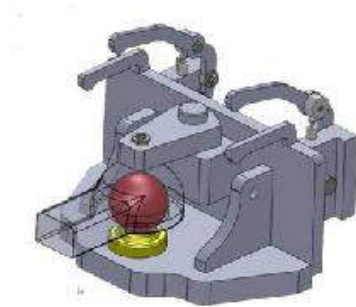


Figura 2.8: Simulación de un enganche de bola en CAD, AGROKIT - S07R. Comercial Agrinava, <http://www.agrinava.com/>.



Figura 2.9: Enganche de bola desmontado, SCHARMÜLLER K-80. Comercial Agrinava, <http://www.agrinava.com/>.



Figura 2.10: Enganche de bola montado sobre soporte multifunción, SCHARMÜLLER K-80. Comercial Agrinava, <http://www.agrinava.com/>.

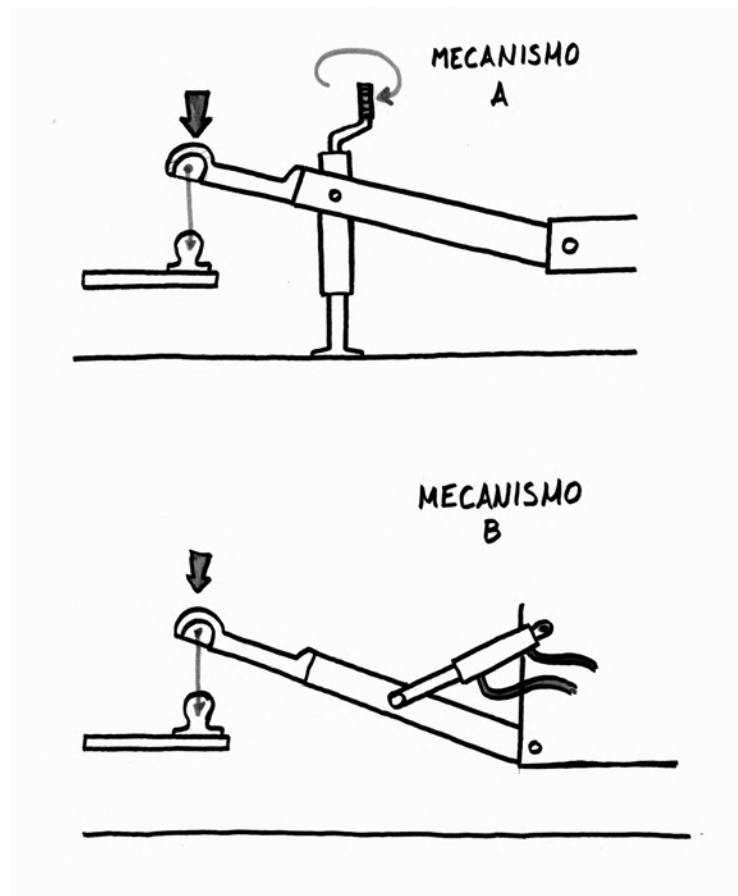


Figura 2.11: Gráfico de los sistemas de acoplamiento para enganche de bola, manual con gato (superior) e hidráulico (inferior).

2.1.5. El enganche automático

Consiste en un dispositivo que una vez abierto mediante una palanca, se cierra al contacto con la argolla de tracción del remolque quedando ésta atrapada por su bulón (Imágenes 2.12 y 2.13). Es un sistema poco extendido en nuestro país y no hay muchas marcas que lo comercialicen para uso agrícola. En un principio sólo se utilizó para el transporte por carretera, especialmente en camiones con remolque ya que en estos vehículos la visión del enganche es imposible y ha de hacerse de manera automática. En estos últimos años algunas marcas de maquinaria agrícola de alta gama han comenzado a incorporar este tipo de enganches en sus tractores. Los principales fabricantes de enganches automáticos son Rockinger y Ringfeder, cada una ofrece un sistema diferente de disparo del mecanismo.

Las ventajas de este tipo de enganche son evidentes. En primer lugar elimina el esfuerzo de tener que bajar de la cabina una vez situado el tractor en la

posición correcta para introducir el bulón. También evita el tener que emplear fuerza física con el tiro del remolque en caso de que no coincidan los orificios y no entre el bulón. Este va a ser el punto de partida de nuestro proyecto.



Figura 2.12: Enganche automático ROCKINGER RO-783 D montado en uno de los tractores de la gama alta de FENDT.

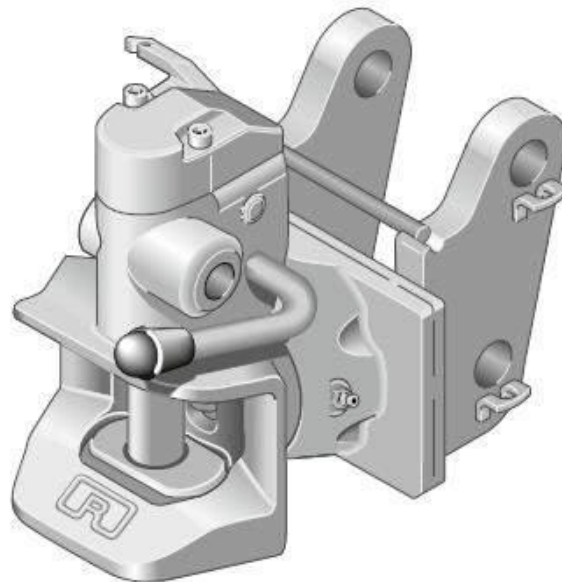


Figura 2.13: Enganche automático ROCKINGER RO-850 A. Catálogo Rockinger.

2.1.6. Hydraulic Push Back Hitch

Este es un artilugio propiedad de la firma irlandesa Dromone, un fabricante de acoplamientos para todo tipo de vehículos, especialmente excavadoras y tractores. Este dispositivo ha tenido cierto éxito en algunos países como Irlanda, Alemania o EEUU, pero aun no es conocido en nuestro país. Vemos una imagen de éste en la figura 2.14

El dispositivo consta de un gancho extensible a través de un hidráulico que se sitúa debajo del tractor, este gancho se desplaza verticalmente gracias al levantamiento hidráulico del tractor. El cierre del enganche se produce cuando el gancho es llevado hasta un tope que cierra su geometría atrapando a la argolla de tracción en su interior. Por último un cierre de seguridad es activado a través de un cable de acero en vaina accionado desde la cabina.

Las ventajas de este sistema superan a las del enganche automático, pues no es necesario bajar de la cabina para enganchar o desenganchar el remolque. No obstante este dispositivo también es de mayor complicación técnica y presenta algunas desventajas:

- Su parte inferior (hidráulico) está muy expuesta a la zona de impacto de barro, piedras y otros elementos
- Para operarlo es necesario realizar tres operaciones (operar tres mandos)
- Es necesario instalar una toma hidráulica para el cilindro inferior
- Para poder instalarlo hay que reemplazar la bancada de enganche anterior por la del nuevo enganche, ésta sólo está disponible para algunas marcas y modelos

2.2. Planteamiento del problema

Para desempeñar su tarea un tractor debe remolcar varios tipos de vehículos, según la función que realicen estos vehículos presentaran unas características específicas, serán estas características las que van a plantear los diferentes problemas técnicos de enganche.

Elementos a acoplar en un enganche:



Figura 2.14: Push Back Hitch, propiedad de Dromone Ltd.

- Remolques de transporte:
 - Remolque de dos ejes con eje delantero directriz
 - Semirremolque un eje: simple (dos ruedas) o en tándem (cuatro ruedas)
- Equipos remolcados:
 - Empacadoras
 - Sembradoras
 - Abonadora
 - Sulfatadora

- ...

En este proyecto vamos a centrarnos en el artilugio más común, el remolque de dos ejes, un ejemplo de éste lo podemos ver en las imágenes 2.15 y 2.16. Éste está compuesto por un bastidor sobre el cual se sujeta la caja de transporte, cuatro ruedas unidas de dos en dos por ejes, los cuales están acoplados al carro mediante una suspensión de ballestas de acero. El bastidor sobre un extremo monta un cuadro giratorio donde va instalado el eje delantero, esto le permite girar. A este cuadro se conecta el tiro o la “v” (como es más conocido) de forma articulada, de manera que la argolla de tracción tenga dos grados de libertad.



Figura 2.15: Remolque de dos ejes con el tiro apoyado sobre el suelo.

2.2.1. Problemática propia del trabajo con remolques

Como se muestra en las imágenes, el tiro o la “v” del remolque está articulado dando a la argolla de tracción un grado de libertad en el plano vertical, es decir, la argolla de tracción se puede situar a cualquier altura dentro del rango de giro respecto del eje del tiro. Normalmente esta pieza (el tiro o “v”) suele ser considerablemente pesada y ha ido creciendo en peso con el aumento de la capacidad de los remolques.



Figura 2.16: Remolque de dos ejes con el tiro sujeto por un muelle.

2.2.1.1. Proceso de desacoplamiento de un remolque, problemas que conlleva

Tradicionalmente cuando se desea desacoplar un remolque el procedimiento es el siguiente:

1. Dejar el enganche sin tensión mediante un preciso ajuste con el embrague
2. Pisar el freno y colocar al menos una caja de cambios en punto muerto

3. Poner el freno de mano para que el tractor no se mueva y vuelva a provocar tensión en el enganche
4. Bajar de la cabina y retirar el bulón
5. Dar marcha adelante dejando caer la “v” al suelo

Los problemas que surgen de este proceso son evidentes:

- En ocasiones es tremendamente complicado dejar el enganche sin tensión. Esto puede ser provocado porque el terreno sea irregular y los dos vehículos no consiguen una posición de reposo por separado o bien porque el tractor del que se dispone monta un embrague no progresivo. Si el enganche tiene tensión es completamente imposible sacar el bulón con la mano. En ocasiones se consigue eliminar la tensión longitudinal, pero no la lateral, en estos casos el operador debe esforzarse con el tiro del remolque haciéndolo traquetear arriba y abajo hasta que consigue sacar el bulón. Teniendo en cuenta que el tiro tiene un peso de unos 60 kg esto supone un esfuerzo enorme para la espalda del operador.
- La cabina de un tractor se encuentra a 1,8 m de altura aproximadamente. En algunos modelos antiguos, con cabina hecha a medida, subir y colocarse en el asiento del conductor resulta tremendamente incómodo. Fallos en los intentos de enganchar o desenganchar suponen continuas subidas y bajadas de la cabina.
- Estos casos provocan en el operador del tractor agotamiento físico y dolores de espalda.
- Si esta operación se realiza sobre asfalto, la argolla de tracción, de acero templado, corre el riesgo de quebrarse al impactar contra el suelo.

2.2.1.2. Proceso de acoplamiento de un remolque, problemas que conlleva

Tradicionalmente cuando se desea enganchar un remolque el procedimiento es:

1. Aproximar el tractor al remolque hasta que enganche y argolla de tracción estén próximos
2. Descender de la cabina

3. Colocar un palo bajo el tiro de forma que la argolla quede a la altura del enganche
4. Maniobrar el tractor de forma muy precisa para hacer coincidir los orificios de enganche y argolla
5. Descender de la cabina
6. Colocar el bulón

Los problemas que surgen de este proceso son:

- En la mayoría de casos hay que descender dos veces de la cabina
- Cuando se llevan acumulando ciertas horas de trabajo y las condiciones de visibilidad no son buenas, resulta muy complicado maniobrar el tractor para hacer coincidir los orificios
- Levantar el tiro del remolque y colocar el palo resulta un trabajo muy pesado y perjudicial para la espalda. La maniobra resulta además peligrosa, pues el tiro podría caer sobre los pies del operario.
- Si en una explotación utilizan varios tractores, cada tractor tiene el enganche a diferente altura, con lo cual habría que fabricar distintos palos y colocar cada uno con la altura del enganche correspondiente
- El remolque se encuentra sobre una tierra labrada, el palo se hunde en el suelo con lo que habrá que buscar una piedra adecuada para impedir que se hunda

2.2.2. Sujeción del tiro mediante muelle elástico

En los últimos años se ha venido dando una solución al problema del tiro articulado y el palo de sujeción. Consiste en instalar un muelle de acero (imágenes 2.17 y 2.18) entre el cuadro de la dirección del remolque y el punto medio de la “v” de tiro (imágenes 10.a y 10.b), de tal forma que ésta adquiere un movimiento elástico quedando la argolla de tracción en una posición de reposo a la altura deseada, estando regulada ésta por las tuercas de sujeción del muelle. Los remolques de nueva fabricación ya incluyen este sistema y en gran parte de los remolques de antigua generación ha sido instalado debido a las ventajas que ofrece y al bajo coste de la operación.

Ventajas de este sistema:

- Suprime el palo de sujeción
- Suprime el esfuerzo que supone tener que levantar el tiro con las manos
- Impide que el tiro caiga al suelo

Desventajas del sistema:

- Cuando esta desenganchado el muelle permanece en constante tensión
- La regulación de la altura resulta pesada y esta sólo se puede regular en un rango muy pequeño



Figura 2.17: Detalle del muelle de sujeción en el lado derecho del tiro en rojo.

Problemas que surgen a la hora del enganche con este sistema:

- La altura de la argolla permanece constante y suele estar ajustada a la medida del enganche de un tractor en concreto, con lo que surgen dificultades en las explotaciones en las que se combinan varios tractores y remolques a distintas alturas (imagen 2.19).
- Podemos tener la altura reglada para un tractor pero a la hora de enganchar las dos piezas no se encuentran a la misma altura debido a varios factores:
 - El remolque se encuentra muy cargado y por lo tanto los neumáticos han cedido unos centímetros



Figura 2.18: Detalle del muelle de sujeción central del tiro en rojo.

- El remolque ha sido cargado desigualmente en la parte delantera o trasera y esto ha producido un cabeceo provocando que la argolla de tracción ya no esté a la altura deseada
- El remolque se encuentra en un terreno blando de grava o arena y sus ruedas se han hundido ligeramente
- El remolque se encuentra en un terreno pedregoso o irregular haciendo que los dos vehículos no se encuentren en el mismo plano
- Montando en un tractor con pala, si esta no está apoyada en el suelo provoca un cabeceo del tractor hacia delante consiguiendo que el enganche suba unos centímetros

Algunos de los enganches que se encuentran en el mercado, los cuales se muestran en las páginas anteriores, han ido dando solución a varios de estos problemas.

- La barra de tiro no soluciona ninguno de los problemas anteriores, pues es el más simple de los sistemas de enganche.
- El enganche de fuerza con embocadura resiste más tensión tanto vertical como horizontal que la barra de tiro y a demás soluciona el problema legal, ya que este debe estar homologado por el Ministerio de Industria. Dependiendo del modelo, su embocadura puede corregir en mayor o menor medida la posición de la argolla para reconducirla hasta la altura del enganche. En todo caso esto suele ser un par de centímetros.

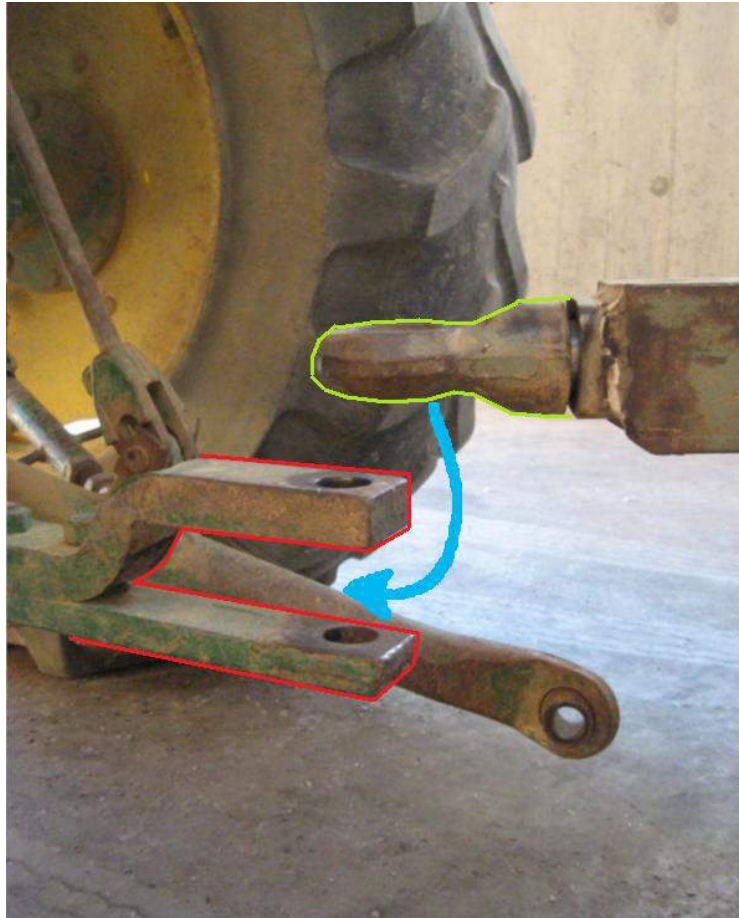


Figura 2.19: En este caso el enganche no se puede realizar directamente debido a la diferencia de altura.

- El enganche de bola soluciona unos problemas pero a su vez genera otros. El principal problema que soluciona es el traqueteo en carretera, lo cual a la velocidad permitida en España (25 km/h) no es un gran problema, es un sistema comercializado sobre todo en Alemania donde este límite es superior y el control del conjunto en carretera se hace más necesario. El problema que genera es su enganche. Como es evidente, éste no puede realizarse en el plano horizontal sino que la “cuchara” del tiro debe caer sobre la bola del enganche de forma vertical. Para esto el remolque o equipo remolcado debe sujetarse sobre pivotes extensibles que permiten regular la altura a manivela o bien instalar accionamientos hidráulicos que cumplan esta función, resulta en un coste añadido. Este sistema lleva tiempo funcionando en el enganche de remolques y caravanas para turismo, sólo que estos son habitualmente menos pesados y esta operación se puede realizar a mano.
- El enganche automático sin duda ha supuesto un gran avance. Para empezar ha eliminado el problema de bajar de la cabina cuando se desea

enganchar un remolque y también ha eliminado la necesidad de que el operario tenga que emplear demasiada fuerza física con el tiro para conseguir introducir el bulón. Es de fácil manejo y también es seguro gracias a su bloqueo.

2.3. Propuesta de solución a estos problemas

Algunos de estos problemas parecen ser de fácil solución, otros no tanto. Vamos a intentar dar una solución satisfactoria a la mayoría de los problemas expuestos. Por eso se propone el siguiente dispositivo:

- Un accesorio de fácil instalación, que no exija realizar ninguna modificación en el tractor. De esta forma este se podría comercializar por separado e instalarlo en el tractor como cualquier accesorio.
- Apto para enganchar todo tipo de maquinaria, por tanto debe ser compatible con los otros acoplamientos existentes en el tractor.
- Regulable en altura desde la cabina, elimina el problema de la altura de la argolla de tracción, eliminando el problema del palo.
- De cierre automático al contacto con la argolla de tracción. Elimina la necesidad de bajarse varias veces a insertar el bulón.
- De apertura desde la cabina de forma hidráulica. Elimina la necesidad de "pelearse con el tiro para poder sacar el bulón. A pesar de que aún quede tensión en el enganche, la fuerza de un hidráulico vencerá el rozamiento entre bulón y argollas.
- Resistente al agua, al barro y al polvo así como a las condiciones extremas que se requieren en este entorno.
- Precio competitivo y bajo mantenimiento.

Capítulo 3

Proceso de diseño

3.1. Introducción

Una vez dadas las características que debe satisfacer nuestro diseño (explicadas en el apartado final del estado del arte, sección 2.3) comenzaremos a realizar algunos bocetos que más tarde podrán ser incluidos o desechados en función de criterios de utilidad.

Debemos implementar geometrías y mecanismos que vayan satisfaciendo uno por uno los requisitos exigidos en los objetivos establecidos. La geometría debe atender a una forma y dimensiones que se adecuen al espacio disponible en el emplazamiento del dispositivo y los mecanismos deben satisfacer las exigencias funcionales y mecánicas del mismo.

En este capítulo se trata la evolución del proyecto desde la primera idea, pasando por los primeros bocetos, hasta la concreción de los mecanismos y el dimensionamiento del conjunto. El diseño preliminar se realizará simultáneamente sobre papel (a mano) y en CAD (CATIA V5), estos métodos combinan la simplicidad y la rapidez de transmitir las ideas al papel y la precisión, la versatilidad y la capacidad de visualización que ofrece el CAD. Después de haber completado un diseño preliminar lo que se pretende es avanzar en el diseño, concretar el funcionamiento de los mecanismos, y finalmente dar una forma y unas medidas adecuadas a los componentes que intervienen en el diseño. Para exponer este proceso de diseño de una forma clara vamos a dividirlo en tres partes principales: **diseño del aspecto exterior, diseño del mecanismo interno y diseño del sistema de desplazamiento**. A su vez vamos a dividir el mecanismo interno en cuatro subsistemas: **mecanismo de arrastre, sistema elevador, disparador y embrague**. En la figura 3.1 vemos un

mapa conceptual en el que se detalla esta distribución.

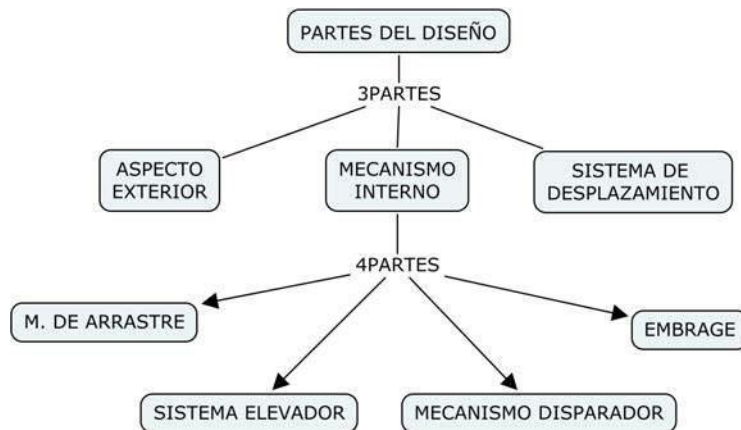


Figura 3.1: Mapa conceptual de las distintas áreas de diseño a tratar.

3.2. Diseño exterior

3.2.1. Primeros bocetos

Desde un primer momento se había tenido en mente una cierta estética para el conjunto que era capaz de satisfacer las condiciones tanto mecánicas como funcionales. Algunos de estos diseños preliminares los podemos ver en las imágenes 3.2 3.3. Estos primeros bocetos son muy diferentes a la apariencia actual del conjunto pues el diseño ha ido cambiando tanto interior como exteriormente aunque aún conserva la esencia de la idea original.

3.2.2. Avance en el diseño exterior

Según va avanzando el proyecto nos damos cuenta de que ciertas geometrías que en un primer momento parecieron atractivas, no son funcionales, o suponen una complicación innecesaria y una falta de dinamismo. Por esto van surgiendo nuevos diseños del posible aspecto del dispositivo, los cuales se adaptan a criterios de estética, ergonomía y funcionalidad. Estos diseños se van plasmando según el momento y la disponibilidad sobre papel o en CAD (CATIA V5). Así la figura 3.3 representa uno de los primeros bocetos referidos a la estética del dispositivo, la figura 3.4 muestra la parte delantera del dispositivo modelado en CAD y la figura 3.5 muestra la parte trasera del mismo dispositivo.

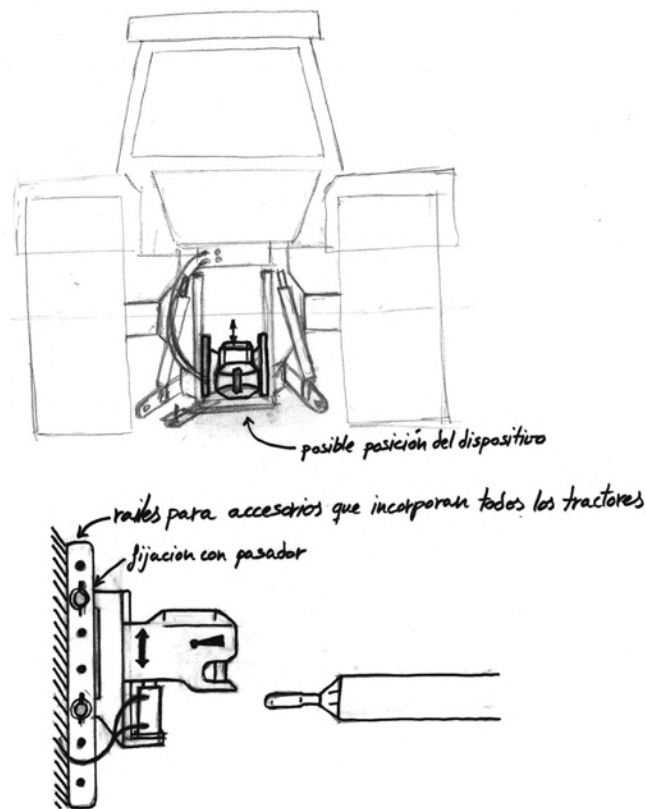


Figura 3.2: En esta figura se puede ver el primer concepto que se tuvo del dispositivo así como de su disposición sobre el tractor.

3.3. Mecanismo interno

Al mismo tiempo que se diseña el exterior del dispositivo se comienza a pensar en una serie de mecanismos concretos que cumplan con los requerimientos funcionales: engranajes, palancas, resortes...

Las figuras 3.7, 3.8, 3.10 muestran algunos gráficos que se hicieron para establecer las características funcionales del mecanismo interno, el cual incluye los 4 sistemas básicos: **arrastre**, **elevador**, **embrague**, **disparador** (figuras 3.9 y 3.6). Estos mecanismos, inicialmente, fueron diseñados de forma independiente para que cada uno cumpliera su misión, no obstante, en este momento aun no se había pensado (o se había hecho vagamente) en la forma en la que estos se relacionaban entre sí. Será más tarde, cuando el mecanismo se vaya concretando, cuando estas relaciones van a ser detalladas y especificadas.

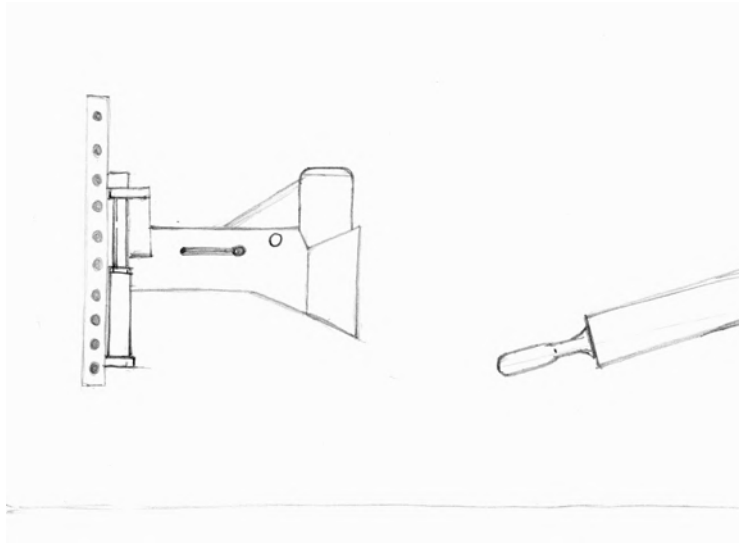


Figura 3.3: Dibujo de perfil de uno de los primeros diseños del acoplamiento, se distingue el dispositivo en sí, a la izquierda y la argolla de tracción perteneciente al remolque a la derecha.

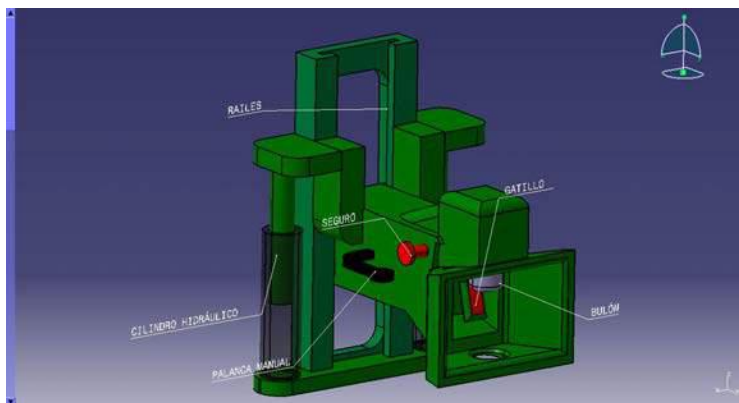
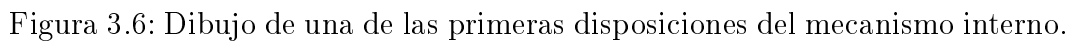
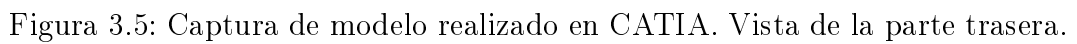


Figura 3.4: Captura de modelo realizado en CATIA. Vista del frontal.

Tras plantear varias distribuciones se decide que estos cuatro sistemas van a montarse entorno a dos ejes. Estos dos ejes se van a definir como: **eje primario y eje secundario** (3.19).

Eje primario: Sobre este eje ira montado el sistema de arrastre y también será el punto de articulación de la palanca del elevador. Este eje será de sección cuadrada, de forma que pueda transmitir par sin necesidad de mecanizar chavetas en su superficie.

Eje secundario: Sobre este eje ira montado el sistema de embrague, la leva del elevador y también la pieza de anclaje del disparador. Sobre el extremo derecho de éste se montará la palanca de apertura manual del



enganche.

3.3.1. Mecanismo de arrastre

3.3.1.1. Concepción inicial del mecanismo

Este es el mecanismo que provee de fuerza al sistema elevador para poder levantar el bulón hasta su posición de “abierto”. Está compuesto de un conjunto de engranajes que transmiten el movimiento. El sistema comienza con una o dos ruedas dentadas que engrana en una cremallera fijada al raíl por el cual discurre el enganche, esta rueda va montada en el extremo de un eje de sección cuadrada que transmite el movimiento a un piñón, el cual se encuentra en el otro extremo, a través de estos engranajes el movimiento llega a la rueda principal, la cual está compuesta de dos partes, la parte exterior, que es la que recoge el movimiento y la parte interior que es la que transmite el movimiento al elevador al ser solidaria con este sistema. El movimiento entre estas dos

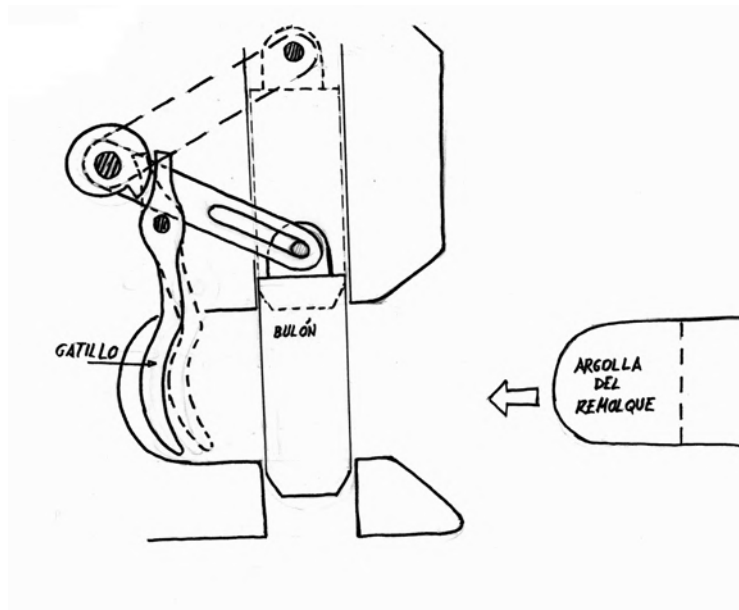


Figura 3.7: En esta figura se puede ver el mecanismo concebido para disparar el mecanismo. La argolla de tracción entra en el enganche empujando el gatillo el cual libera el sistema que hace caer el bulón dentro de la argolla cerrando así el acoplamiento.

partes está regulado por dos palanquillas con resorte, la función de estas es permitir el giro de la parte exterior sobre la interior en un solo sentido, no obstante este efecto se puede anular gracias al embrague (que explicaremos en el párrafo 3.3.4). El primer boceto de esta pieza se puede ver en la imagen 3.10.

3.3.1.2. Concretando el mecanismo de arrastre

Anteriormente lo habíamos definido como el sistema que proveía de fuerza al mecanismo a través del arrastre de una rueda dentada sobre una cremallera. Sin embargo desde aquel primer concepto del mecanismo hemos hecho cambios sustanciales además de haberlo mejorado y simplificado.

- En un principio se había diseñado este sistema de forma que, ya fuera en sentido ascendente o descendente el mecanismo transmitía fuerza para que el enganche pudiera abrirse. Este diseño pronto fue desechado por motivos de seguridad pues, ante cualquier falla del sistema elevador, el enganche descendería por si solo liberando la carga. Por consiguiente se limitó la transmisión de par al mecanismo al movimiento ascendente.

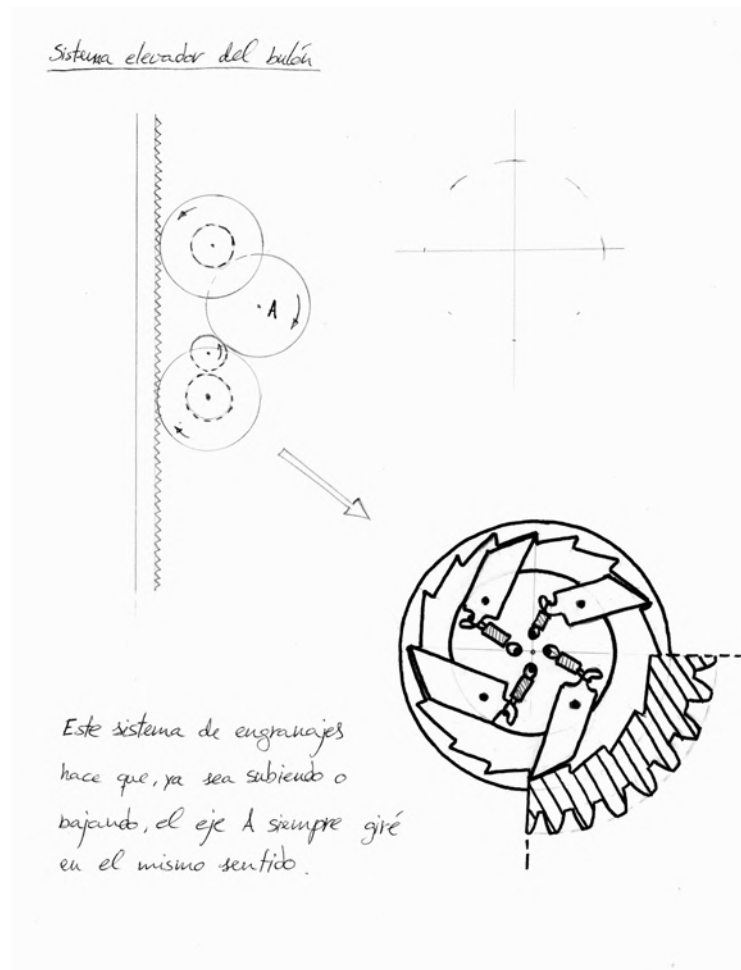


Figura 3.8: Sistema de engranajes concebido en un principio. Este funciona de forma que ya sea girando hacia un lado o hacia el otro la rueda secundaria “A” siempre gira en el mismo sentido, esto es gracias al sistema que solo permite a cada engranaje primario transmitir movimiento en un solo sentido de giro (parte inferior derecha de la imagen).

- Este mecanismo en un principio iba a ser simétrico, es decir, se compondría de dos ruedas dentadas, una a cada lado el enganche, las cuales engranarían en sendas cremalleras. sin embargo, este diseño se desecha dejando una sola rueda dentada posicionada a la izquierda. Esta decisión se toma ya pensando en criterios de economía.

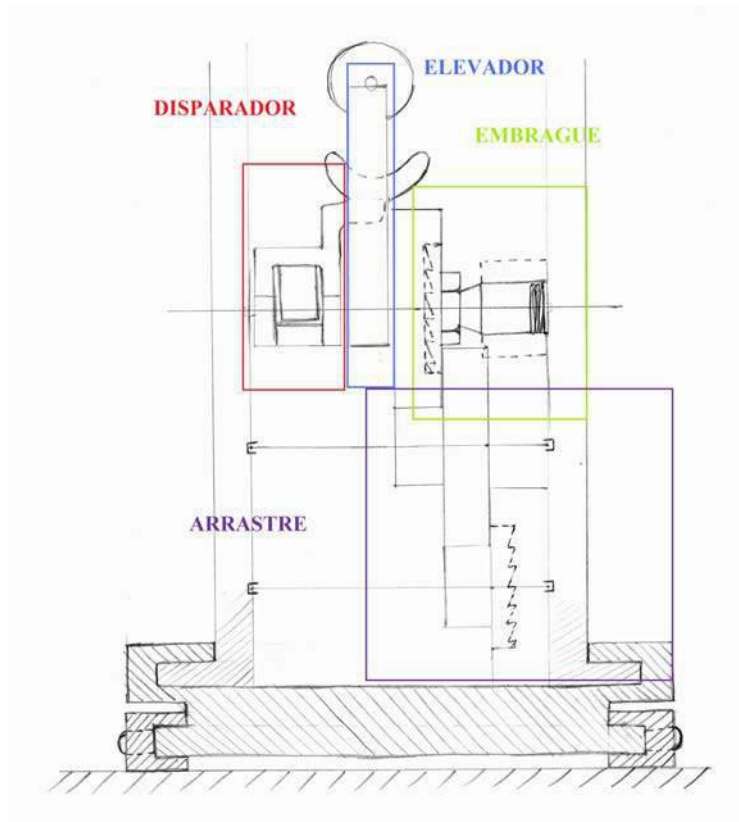


Figura 3.9: Dibujo de la posible distribución en planta de los elementos del mecanismo.

3.3.2. Sistema elevador

3.3.2.1. Concepto inicial del sistema elevador

Este sistema consiste en una palanca solidaria al eje cuya función es desplazar el bulón de su posición de “cerrado” a su posición de “abierto” y viceversa. Transforma un movimiento angular (el del eje) en un movimiento lineal (el del bulón). La imagen 3.7 muestra el primer boceto que se hizo de este sistema.

Tal y como estaba concebido este primer diseño el sistema elevador era muy sencillo, sin embargo, dinámica y funcionalmente era muy rudimentario, no tardó en ser rediseñado para montar un sistema ligeramente más complejo pero también más eficaz.

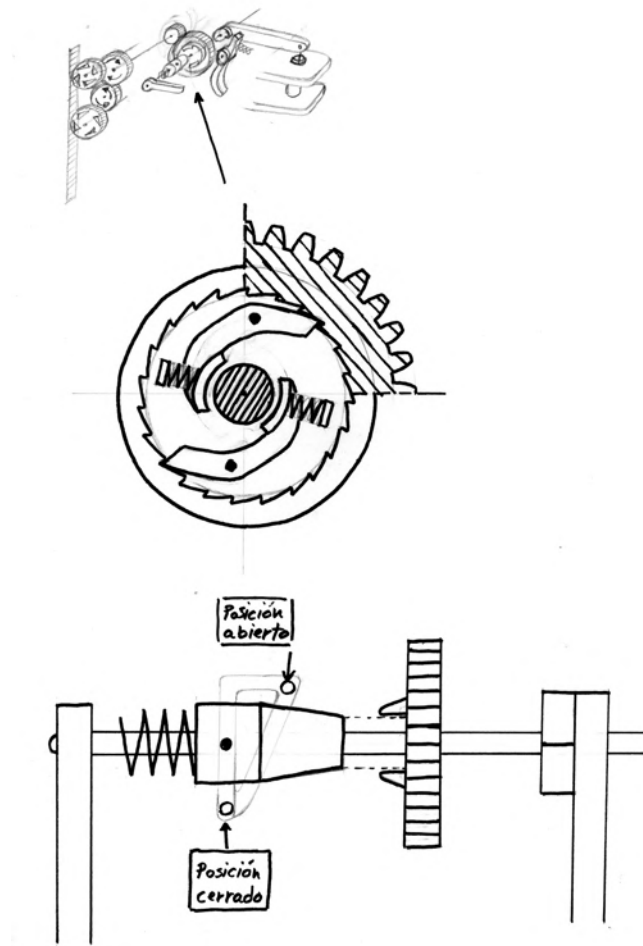


Figura 3.10: Mecanismo concebido para servir a modo de embrague, consiste en una pieza troncocónica que se introduce entre dos palanquillas que al separarse del eje desacoplan el exterior del engranaje del interior.

3.3.2.2. Concretando el sistema elevador

Hasta ahora el sistema elevador había consistido en una palanca montada sobre el eje secundario, ésta estaba articulada con el bulón en su extremo y lo levantaba de forma directa. Este sistema era demasiado rudimentario por lo que se decidió rediseñarlo. Ahora consta de dos partes: una palanca que, en un extremo, está articulada en el eje primario, en el otro extremo está articulada con el bulón y en el centro se encuentra el punto de aplicación de la fuerza, es decir, la leva (segunda parte de este mecanismo), la cual se encuentra montada sobre el eje secundario y según su posición angular desplaza la palanca hacia arriba o hacia abajo 3.12, 3.11.

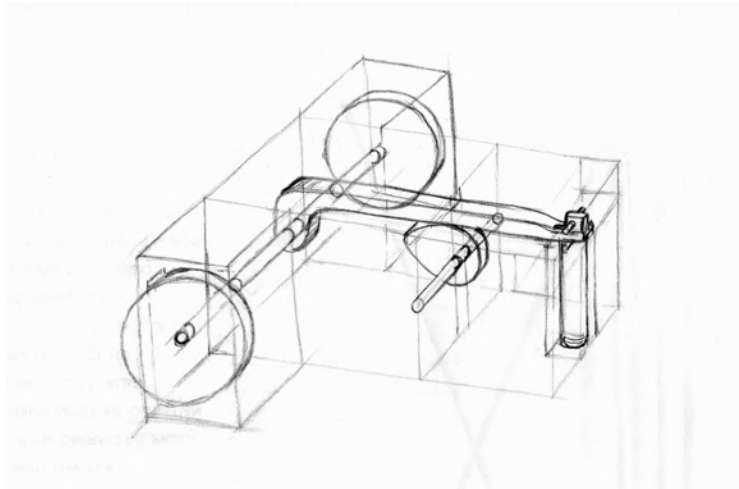


Figura 3.11: Esquema del sistema elevador mejorado, disposición en el espacio.

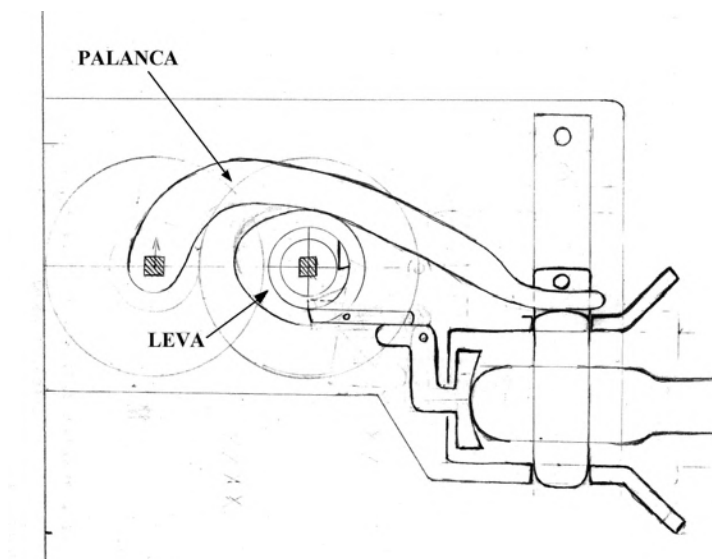


Figura 3.12: Esquema del sistema elevador mejorado.

3.3.3. Mecanismo disparador

3.3.3.1. Concepto inicial del mecanismo disparador

Para poder disparar el mecanismo, es decir, para poder provocar el cierre del enganche, se ideó un sistema de gatillo y palancas que liberaban el movimiento del eje dejando caer el bulón (imágenes 3.13, 3.14), este mecanismo funcionaba de forma muy compleja, por tanto no tardó en ser desechado y sustituido por otro más sencillo.

Desde el diseño inicial siempre se pensó en un mecanismo capaz de cumplir un requisito: que una vez introducida la argolla, el mecanismo se pudiese recargar sin necesidad de que el gatillo vuelva a su posición inicial, es decir, aunque el gatillo que libera el mecanismo permanezca pulsado el mecanismo puede volver a cargarse independientemente de la posición de éste.

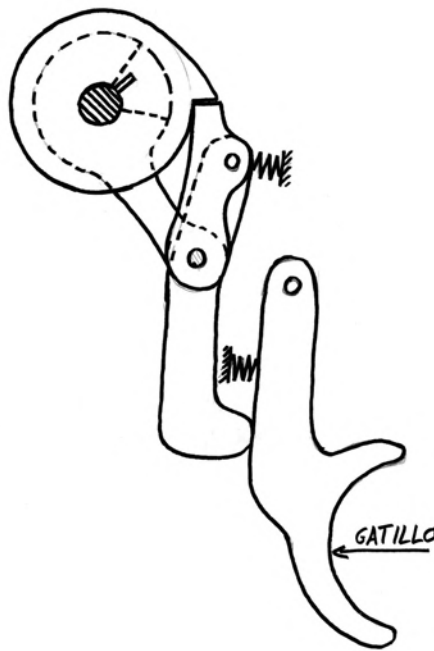


Figura 3.13: Boceto de mecanismo disparador, perfil.

3.3.3.2. Simplificación y mejora del mecanismo disparador

Dada la complicación del primer sistema disparador se decide diseñar otro más sencillo pero con la misma funcionalidad y eficacia. La función de este sistema continua siendo la de cargar y descargar el mecanismo a través del accionamiento del gatillo. Este mecanismo constará de varias piezas 3.15:

- Un anclaje solidario al eje secundario
- Un resorte intermedio que actúa con el anclaje
- Un gatillo que va a ser el punto de contacto con la argolla
- una palanca solidaria al gatillo que va a interactuar con el resorte

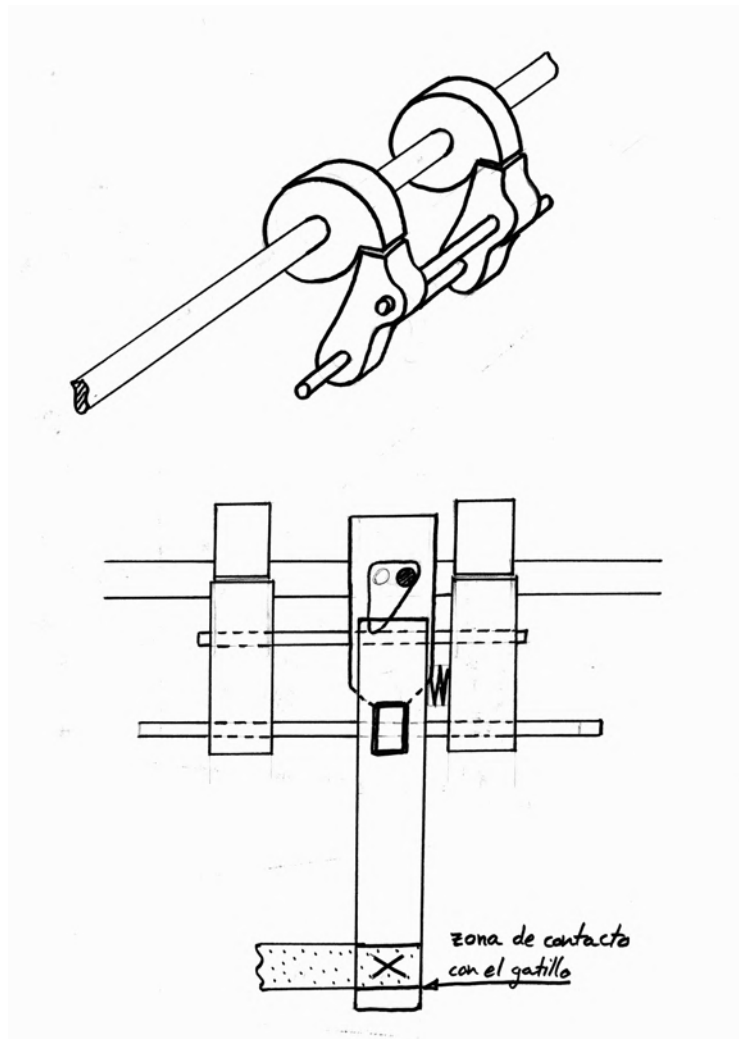


Figura 3.14: Boceto del mecanismo disparador, planta.

3.3.4. Embrague

3.3.4.1. Concepto inicial del embrague

El objetivo de este mecanismo consiste en separar mecánicamente el sistema de “arrastre” (que es el que provee de fuerza al mecanismo) y el sistema elevador (que es el que desplaza el bulón). Concretamente se trataría de un embrague “todo o nada” pues, no tiene término medio (como sí sucede en el embrague de los automóviles). Este está concebido para dotar de funcionalidad completa al dispositivo pues, una vez que este ha alcanzado su posición de “cargado” o “abierto” es decir, el bulón se encuentra atrapado dentro de la carcasa, la actuación del embrague permite ajustar la altura del enganche sin que esto dispare el embrague o fuerce el mecanismo. Como se muestra en la imagen

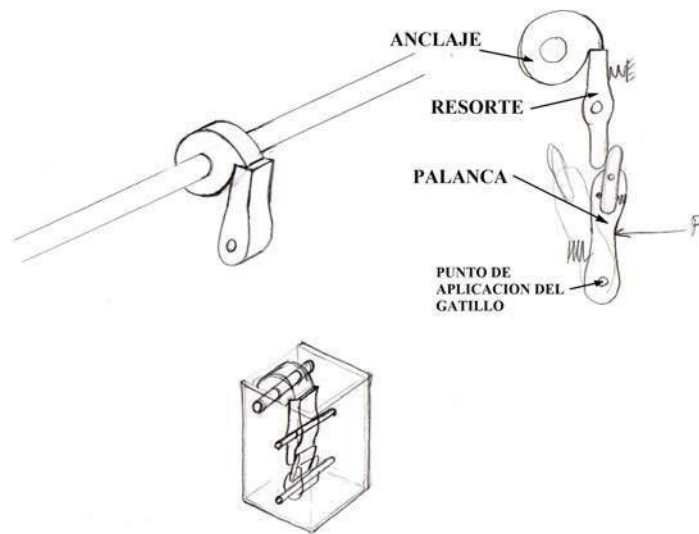


Figura 3.15: Dibujo de las distintas piezas que componen el disparador .

3.10 el sistema consiste básicamente en una pieza de forma troncocónica que se desplaza unos milímetros a lo largo del eje y está pilotada a través de unas guías, de esta forma girando el eje hasta la posición de abierto el tronco de cono se desplaza hacia la derecha separando los resortes del interior del engranaje y desacoplando así los dos sistemas. Cuando el enganche se cierra la pieza cónica vuelve a la derecha recuperando su posición original y desembragando el sistema.

No obstante este diseño del embrague no cumplía enteramente con la función del mecanismo y aunque básicamente conserva el mismo concepto de tronco de cono y resortes ha sido rediseñado de forma que cumple totalmente con las exigencias funcionales.

3.3.4.2. Concreción y mejora del embrague

El embrague, al igual que los otros mecanismos, es rediseñado, no obstante, aun no se da con la solución para que cumpla exactamente su función, es decir: cuando el eje se encuentra en la posición angular de abierto, el tronco de cono debe separar los resortes y cuando se encuentra en su posición de cerrado debe permitir a los resortes recuperar su posición inicial instantáneamente reacoplando así el mecanismo.

Algunos cambios se van efectuando en los detalles de este mecanismo, se trata de hacer que unas finas barras encastradas en el tronco de cono recorran

un circuito, siempre en el mismo sentido (a modo de mecanismo de bolígrafo), para ello se pensó en colocar un muelle que las obligara a saltar hacia la posición de abierto y una rampa que las obligara a retroceder según se acercaba a la posición de cerrado, y entre estas dos fases una puerta antirretorno. En la figura 3.16 podemos ver el diseño de uno de estos circuitos pensados para que la barra del embrague recorra el camino siempre en la misma dirección. En la figura 3.17 vemos el plano de corte del conjunto de embrague, corona y leva, destacándose la barra y el circuito anteriormente nombrados.

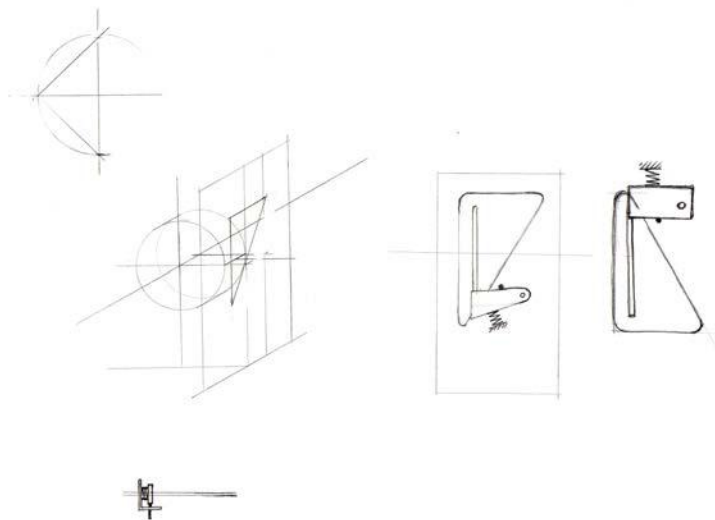


Figura 3.16: Esquema del circuito que deben realizar las varillas del embrague

3.4. Sistema de desplazamiento

3.4.1. Primer boceto del sistema de desplazamiento

Como se puede ver en la figura 3.2, en un principio se pensó en un sistema que permitiera al enganche subir y bajar gracias a un cilindro hidráulico de doble efecto colocado debajo de él, éste proveería de fuerza al enganche siendo alimentado a través de unas mangueras de alta presión conectadas al circuito auxiliar de periféricos que incorpora todo tractor.

Para este sistema se diseñó un esquema de funcionamiento detallado en la figura 3.18, en el cual se puede ver claramente el ciclo de trabajo.

1. Apertura del enganche

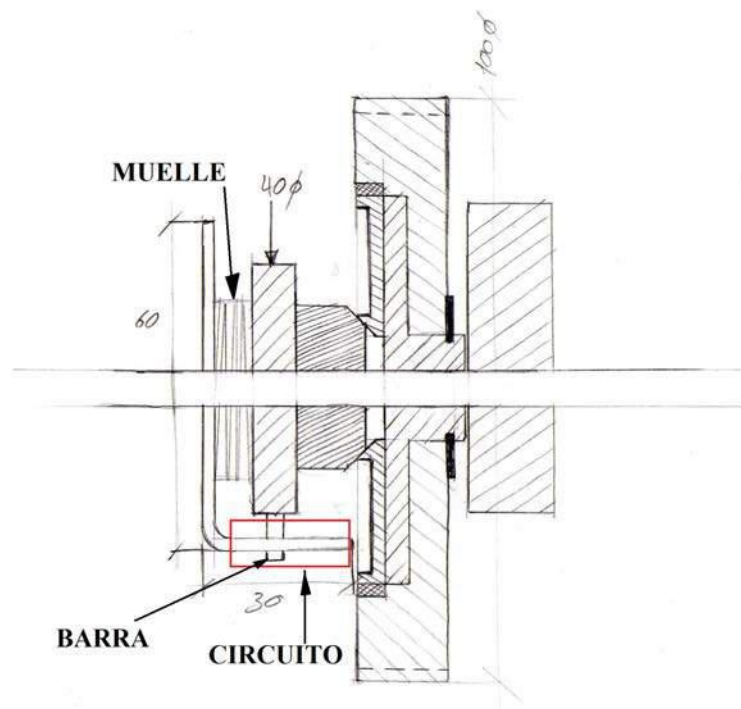


Figura 3.17: Esquema del embrague, en el se muestran los distintos elementos: el tronco de cono, el muelle, la chapa en la que se encuentra el circuito y la barra que discurre a través de él.

2. Ajustar el enganche a la altura adecuada
3. Dar marcha atrás hasta hacer colisionar la argolla del remolque con el gatillo de forma que se libere el bulón atrapando la argolla
4. Elevar el enganche para abrirlo y recomenzando así el ciclo

3.4.2. Cambio en el concepto del sistema de desplazamiento

3.4.2.1. Diseño con dos cilindros laterales

En un principio se había imaginado el sistema de desplazamiento como un cilindro hidráulico colocado en el centro, éste sujetaba al enganche por debajo y lo desplazaba hacia arriba y hacia abajo. Sin embargo no habíamos tenido en

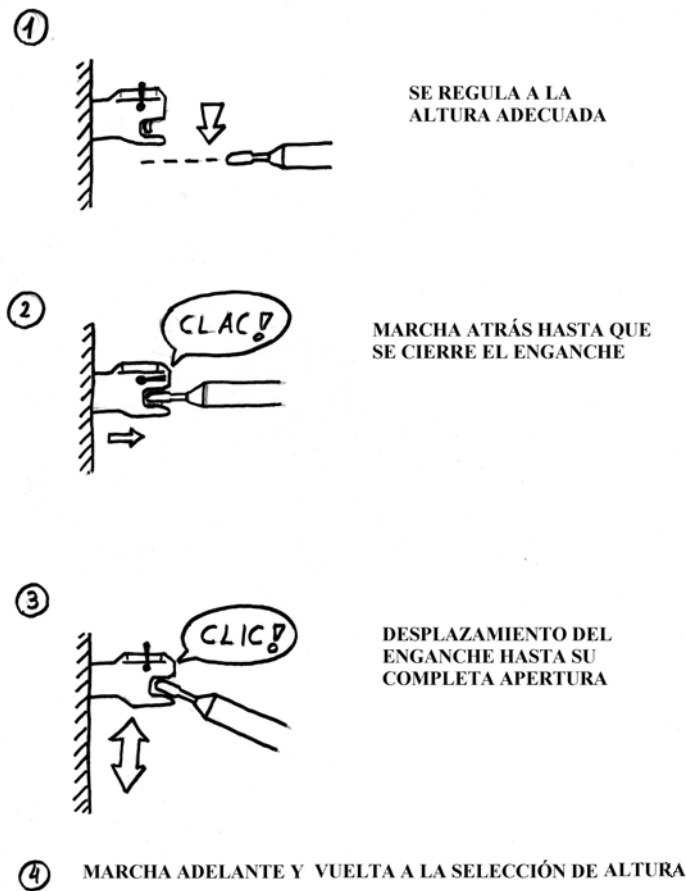


Figura 3.18: Cuatro pasos del proceso de funcionamiento diseñado en un principio.

cuenta un aspecto importante, la **toma de fuerza**¹, ésta se encuentra situada en el centro y por lo tanto cualquier elemento colocado en posición central impediría el acoplamiento de las tomas de potencia de los equipos remolcados. A la vista de este caso se decide que se colocaran dos hidráulicos en los flancos de los raíles del soporte.

Una vez situados los hidráulicos que dotarían de movimiento al conjunto se barajaron varios sistemas de elevación del conjunto, estos sistemas son:

- Los hidráulicos elevan de forma directa el enganche estando fijados, el

¹Toma de fuerza: Se trata de un eje nervado que sobresale por la parte posterior del diferencial, se utiliza para proporcionar potencia en forma de giro a los equipos remolcados o suspendidos, normalmente a través de una junta cardan extensible perteneciente al equipo.

cilindro hidráulico a la base y el extremo del vástago al enganche (3.21)

- Se coloca un piñón a modo de polea en el extremo del vástago del hidráulico haciendo discurrir por este una cadena metálica cuyos extremos unen la base y el enganche multiplicando así por dos la fuerza que el hidráulico aplica sobre el enganche y reduciendo considerablemente el tamaño del hidráulico requerido (3.21).
- Se sitúan dos cremalleras enfrentadas, una perteneciente a la base y la otra perteneciente al enganche, un piñón se sitúa entre estas engranando con las dos, entonces la fuerza del cilindro se aplicaría sobre este piñón produciendo el mismo efecto que en el caso de la cadena, pero en este caso las cremalleras soportan esfuerzos en ambos sentidos (no sólo en sentido descendente como hacía la cadena), imagen 3.22.

3.4.2.2. Cambio radical en el diseño del sistema elevador

Después de plantearse las tres opciones sobre el sistema de desplazamiento del enganche se produce un cambio de rumbo en este aspecto, se desechan estas tres opciones y se admite una nueva; acoplar el enganche al sistema hidráulico de levantamiento de aperos. De esta forma se descartan varios problemas aunque se generan otros. Esta idea consiste en utilizar el levantamiento hidráulico de aperos que incorporan todos los tractores para proveer de fuerza a nuestro enganche (imagen 3.23). Para ello es necesario desmontar los brazos elevadores retirando los pasadores existentes en la articulación con las bielas (imágenes 3.24 y 3.25).

Con este cambio se simplifica en gran medida la construcción del dispositivo y lo que es aun mas importante, al eliminar directamente dos hidráulicos se reduce en gran medida el precio del conjunto. Se estima que con este cambio se podrían haber ahorrado entre 500 y 700 euros en la fabricación del conjunto, todo depende del tipo de hidráulico y de la presión máxima que soporta.

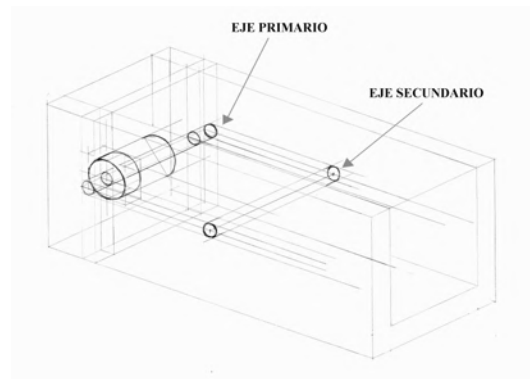


Figura 3.19: En este esquema se muestra la disposición de los ejes primario y secundario dentro del dispositivo.

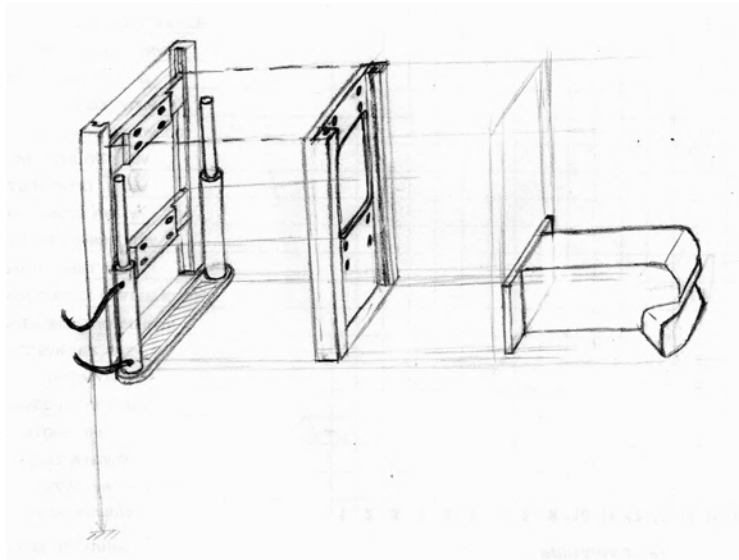


Figura 3.20: Dibujo del posible montaje del enganche sobre el soporte en el que se montan los hidráulicos y la corredera.

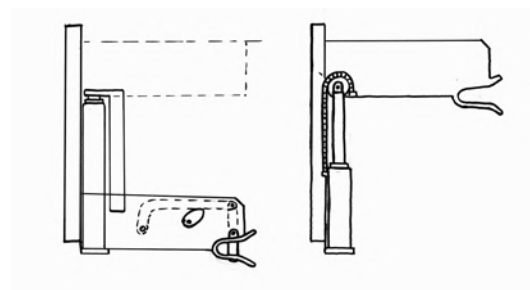


Figura 3.21: Representación del sistema elevado directamente por el accionamiento hidráulico (izquierda) y del sistema apoyado sobre cadena (derecha).

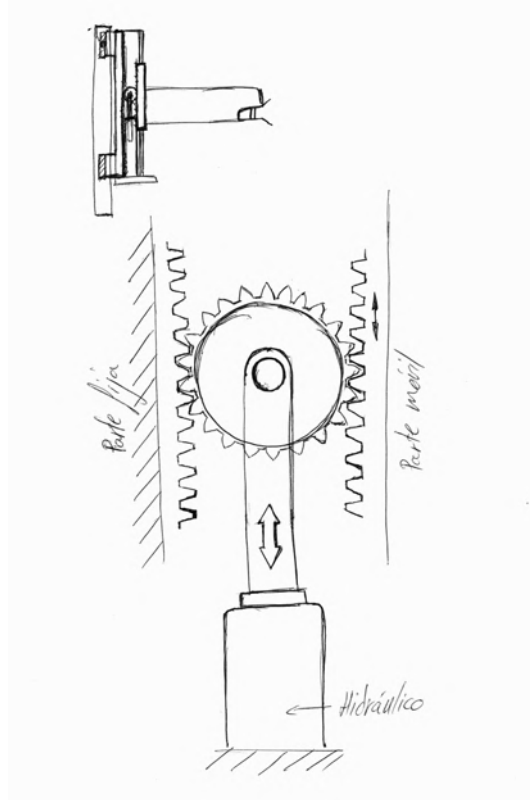


Figura 3.22: Representación del sistema con dos cremalleras enfrentadas.

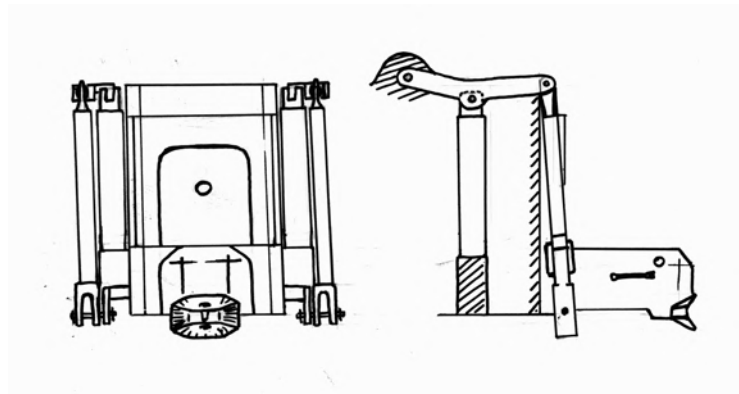


Figura 3.23: Dibujo del alzado y perfil del dispositivo acoplado al sistema de levantamiento hidráulico de aperos.



Figura 3.24: Esta imagen muestra de qué forma los brazos (en rojo) se acoplan a las bielas (en amarillo) mediante un pasador (marcado con una flecha azul).

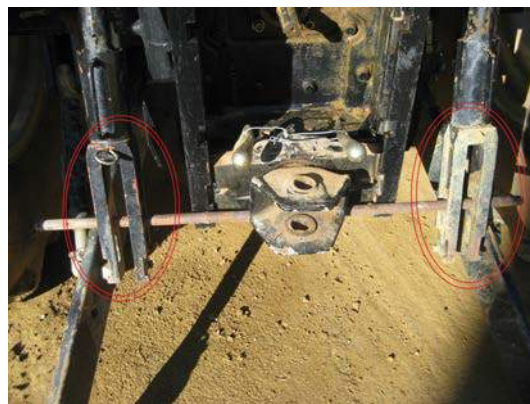


Figura 3.25: Brazos desmontados. Se ha introducido una varilla en el orificio del pasador para poder sujetar el enganche.

Capítulo 4

Dimensionamiento

A pesar de tener una idea bastante clara de cómo va a ser física y funcionalmente el dispositivo aun falta una difícil tarea; decidir cuáles son las dimensiones más apropiadas para éste. Se toman varios criterios:

1. Debe tener un tamaño similar a un enganche estándar
2. Su tamaño debe ser el suficiente para albergar el mecanismo y a la vez no convertirse en una molestia a la hora de operar
3. Su estructura debe resistir las cargas a las que va a ser sometido

A demás de utilizar los criterios anteriormente citados se utilizan medios visuales, es decir, se tienen en cuenta las dimensiones apropiadas para la zona de instalación en el tractor. Para ello escogemos tractores de tamaño medio (los más utilizados en Europa), se observan varios modelos de las marcas Fendt, Deutz-Fahr, Massey-Ferguson y John Deere, todos ellos de tamaño similar y todos ellos disponen de los elementos necesarios, es decir, de fijación con raíles perforados y de levantamiento hidráulico mediante biela¹ y brazos².

Finalmente se escoge el Massey-Ferguson serie 6290 (ya que es el modelo más disponible), podemos ver una imagen de éste en 4.2. A la vista de las medidas de la fijación y el enganche fijo de éste se toman unas dimensiones adecuadas para el dispositivo. También se toman medidas de varias argollas

¹barra que une el codo de articulación del cilindro hidráulico con los brazos del levantamiento, ésta soporta el peso de los aperos

²Barra encargada de elevar los aperos. En un extremo está articulada en el chasis del tractor y su centro es el punto de apoyo para la biela, así pues funciona como palanca de tercer grado



Figura 4.1: Gráfico superpuesto a una fotografía para proporcionar una idea de la posición y dimensiones del dispositivo con respecto al tractor.



Figura 4.2: Massey-Ferguson serie 6290.

y de la boca de varios enganches para poder definir las dimensiones de la boca de nuestro enganche, así como de las fijaciones del tractor. El diseño se desarrollará sin exceder las dimensiones de un prisma rectangular de 210 mm X 340 mm X 140 mm.

Capítulo 5

Construcción del modelo

Habiendo fijado unas dimensiones se empieza a diseñar dentro del prisma de trabajo. Algunos bocetos son dibujados para estas nuevas condiciones de diseño (imagen 5.1 y 5.2).

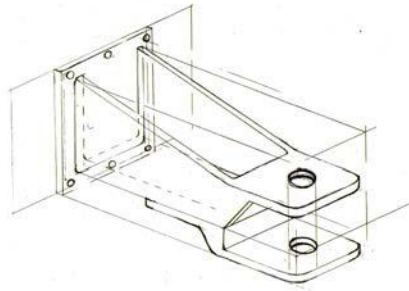


Figura 5.1: Boceto de la estructura metálica del enganche.

Al mismo tiempo que se desarrolla el exterior y la parte estructural se diseña el mecanismo interno, estando sus características ahora supeditadas a las dimensiones exteriores, figuras 5.5, 5.3, 5.4.

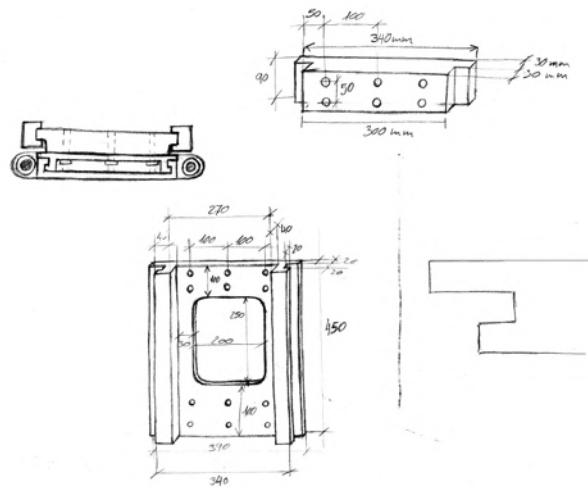


Figura 5.2: Boceto de la base que más tarde se acoplará a las fijaciones del tractor, sobre esta se desliza el enganche.

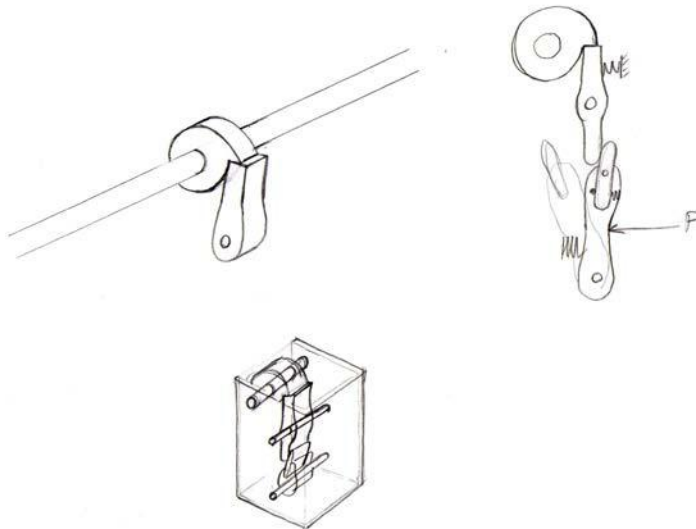


Figura 5.3: Boceto del sistema de disparo del mecanismo.

5.1. Construcción a escala real

Después de realizar algunos dibujos de piezas ya con una medida concreta, el proyecto llega a un punto de estancamiento e indecisión, en este momento se decide optar por un camino inusual, la construcción de un modelo a escala real en papel y cartón. Este paso fue esencial para poder avanzar en una dirección clara hacia el diseño final.

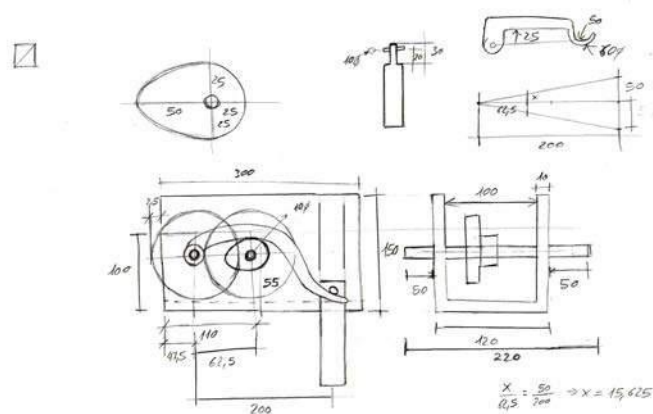


Figura 5.4: Boceto para el diseño del elevador

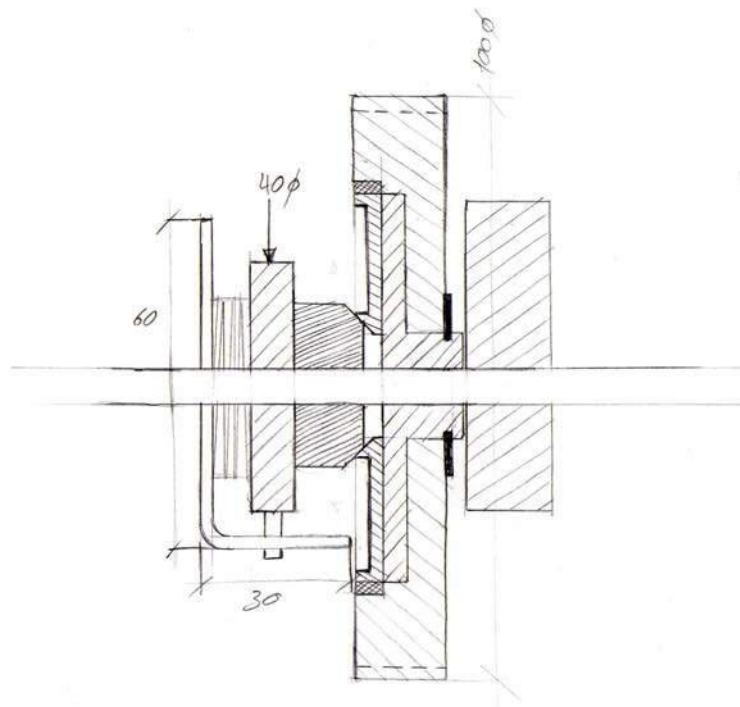


Figura 5.5: Boceto del conjunto embrague engranaje.

Sin duda el proceso de creación de este artilugio fue de carácter artístico, pues durante los primeros pasos de su creación se tuvieron en cuenta pocos aspectos técnicos y el autor se dejó llevar por la intuición. Ciertamente es que ya se habían delimitado unas medidas para el dispositivo y por lo tanto algunas de ellas se conservaron, otras no tanto.

El primer paso fue observar el objeto de referencia para el diseño, el tractor MF6290. Más tarde se tomó una plancha de cartón y se marcó con las medidas más adecuadas a las dimensiones del entorno, esta plancha posteriormente sería la base sobre la cual va atornillado el enganche. En la imagen 5.6 podemos ver una representación. Los criterios que se toman para dimensionar esta plancha básicamente son dos: la distancia entre los raíles de la bancada y el enganche (barra de tiro) preexistente.



Figura 5.6: Recuadro rojo haciendo referencia a las condiciones de dimensionado de la base del enganche.

Más tarde y de forma ciertamente artística se continúa con la composición del resto del modelo tomando como referencia las dimensiones anteriormente fijadas. Para ello se van colocando otras planchas de cartón sobre la base, éstas se adhieren con cola caliente. Después sobre una de estas planchas se marca la posición del orificio que alojará el bulón, este orificio servirá como referencia para el diseño y construcción del resto de la estructura de soporte del dispositivo. Imagen 5.7.

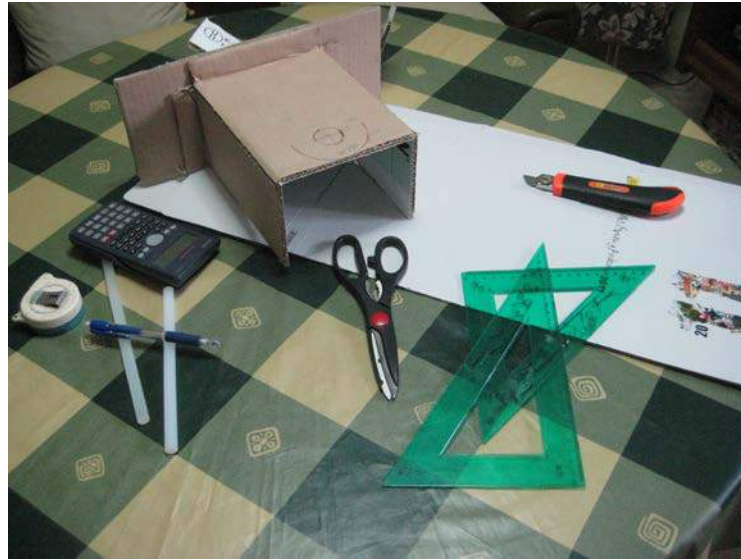


Figura 5.7: Planchas de cartón adheridas a la base. Orificio del bulón y contorno del extremo marcados.

Una vez se tiene una estructura firme para poder trabajar se comienza a dar la forma deseada al modelo. Para ello se recortan las planchas adheridas a la base (que en un primer momento tenían forma prismática) para dar la forma deseada, más ancha en la base y más estrecha en el extremo. Imagen 5.8.



Figura 5.8: Las planchas de cartón anteriormente adheridas se recortan para dar forma.

El modelo de la estructura de soporte del dispositivo no tardo en completarse. Llegados a este punto encontramos que ha sido más fácil diseñar la

estructura en la realidad, a mano, que sobre el papel. El proceso ha sido mucho más rápido y eficiente, por lo tanto nos proponemos el siguiente reto: fabricar de la misma forma el mecanismo interno. Se comienzan a construir las piezas del mecanismo interno, sin embargo este proceso ya no será tan rápido y sencillo como el de la creación de la estructura de soporte, pero sí será eficiente. En la imagen 5.10 se observa el modelo en su fase de construcción. Podemos ver el despiece de este modelo en la imagen 5.9¹, en el aparecen todas las piezas totalmente desmontadas. Podemos ver el montaje completo en las figuras 5.11 y 5.12.

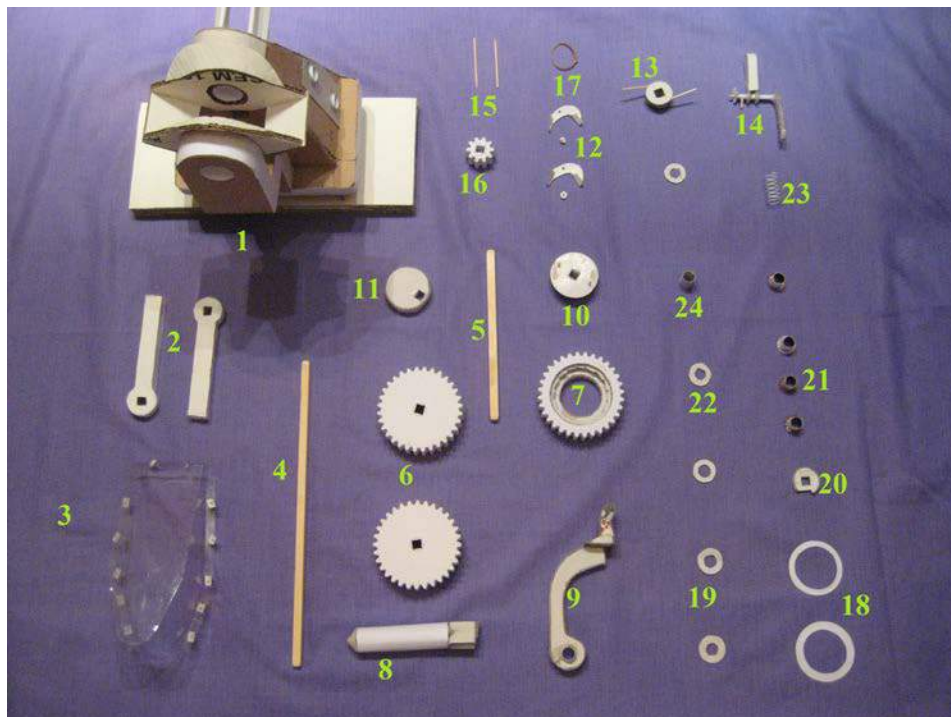


Figura 5.9: Despiece del modelo en papel.

5.1.1. Construcción de los engranajes

El mecanismo interno se comienza por la parte más difícil: los engranajes. Para el diseño de estos se toman varias directrices:

¹(1)Estructura de soporte, (2)Palanca de apertura manual, (3)Carcasa, (4)Eje primario, (5)Eje secundario, (6)Corona de arrastre, (7)Corona de transmisión, (8)Bulón, (9)Elevador, (10) Soporte de la corona de transmisión, (11)Leva, (12)Palanquillas, (13)Pieza troncocónica, (14)Gatillo disparador, (15)Pasadores del soporte interior de la corona de transmisión, (16)Piñón, (17)Goma elástica, (18)Arandelas del soporte de corona, (19)Arandelas laterales del eje secundario, (20)Cierre del disparador, (21)Casquillos para ambos ejes, (22)Arandelas laterales del eje primario, (23)Resorte, (24)Casquillo interior del eje primario.



Figura 5.10: Construcción del modelo en papel y cartón.

- El eje secundario hace un recorrido de 120° desde su posición de cerrado hasta su posición de abierto
- Se pretende que el eje primario de al menos una vuelta completa en el proceso de apertura
- El conjunto de los dos engranajes (piñón y corona) debe tener unas dimensiones tales que, cumpliendo con los requisitos anteriores, la corona sea lo más pequeña posible para no suponer un estorbo y a su vez el piñón sea lo más robusto posible sabiendo que estará atravesado por un eje de sección cuadrada y que soportará cargas tangenciales.

Para el diseño de los engranajes se emplea una aplicación web, en la imagen 5.13 podemos ver un ejemplo de la salida del programa. Más tarde éstos podrán imprimirse para ser recortados y montados.

De entre varias opciones se elige un conjunto de piñón y corona con una relación de 32/10 dientes, lo cual nos da una relación de transmisión de 3,2 vueltas del piñón por cada vuelta de corona. Es decir, por cada vuelta de piñón la corona gira $112,5^\circ$ dejando así un margen de $7,5^\circ$ hasta los 120° . En cuanto a los parámetros del conjunto: el paso es de 9mm y el ángulo de presión es de 23° , por tanto el módulo de ambos engranajes es

$$9/\pi = 2,86mm$$

siendo $Z_1=32$ y $Z_2=10$.

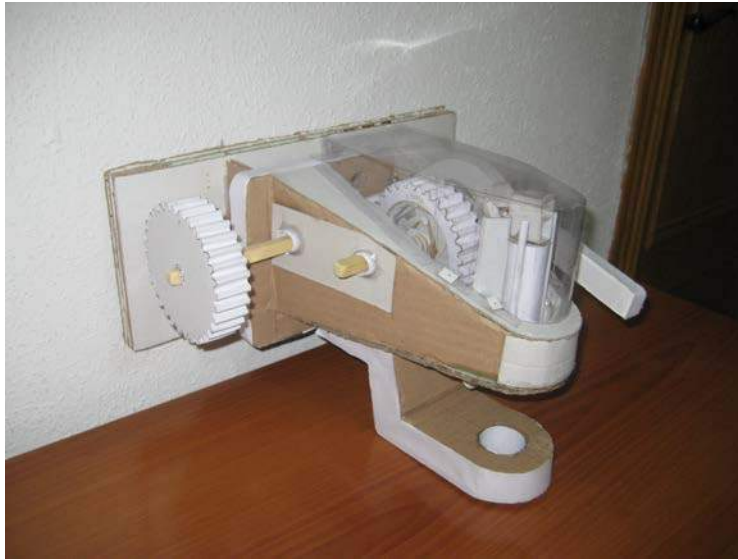


Figura 5.11: Prototipo en cartón, vista izquierda del enganche abierto.

Como estrategia para estandarizar procesos se propone que la “corona de transmisión”, situada en el eje secundario, sea igual que la “corona de arrastre”, es decir, de 32 dientes y módulo 2,86mm (paso 9mm). La idea está basada en que ambas piezas compartirán el mismo proceso de tallado de los dientes, es decir el proceso de conformado por arranque de viruta para dar la forma exterior a las piezas. La construcción de las coronas en papel fue una de las partes más tediosas del proceso pues, éstas requirieron de gran habilidad y paciencia en su elaboración al igual que el piñón. Más tarde se comprobaría que gracias a la precisión y tiempo empleado en la fabricación de estas piezas el conjunto de piñón y corona engranaría perfectamente, algo sin duda inesperado para un conjunto mecánico hecho íntegramente de papel.

5.1.2. Construcción de los ejes

Desde un principio se habían barajado dos ideas para los ejes: ejes de sección cuadrada o ejes de sección circular con chaveteros. Para la construcción de este modelo se eligieron ejes de sección cuadrada de 10x10 milímetros. Para ello se adecuó un listón de cuadrado de pino. Estos ejes se pueden ver en la imagen 5.9, elementos 4 y 5.

Directrices para el dimensionamiento del eje primario:

- Debe tener la misma longitud que la distancia a la cual se encuentran las cremalleras laterales

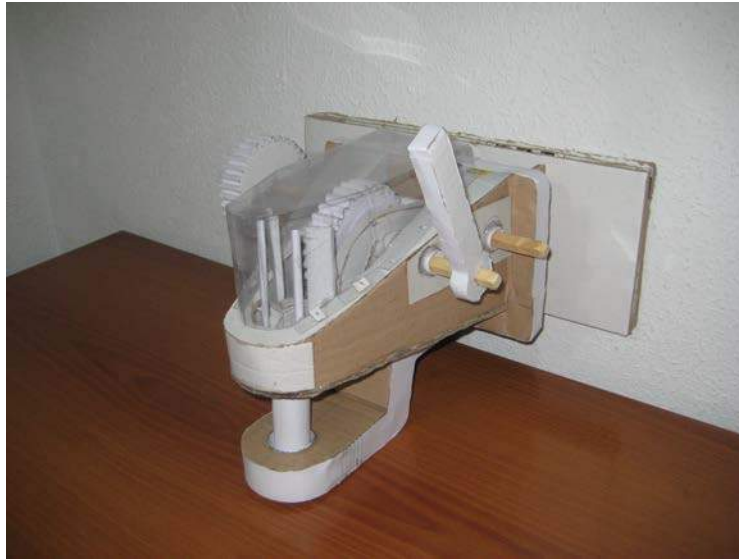


Figura 5.12: Prototipo en cartón, vista derecha del enganche cerrado.

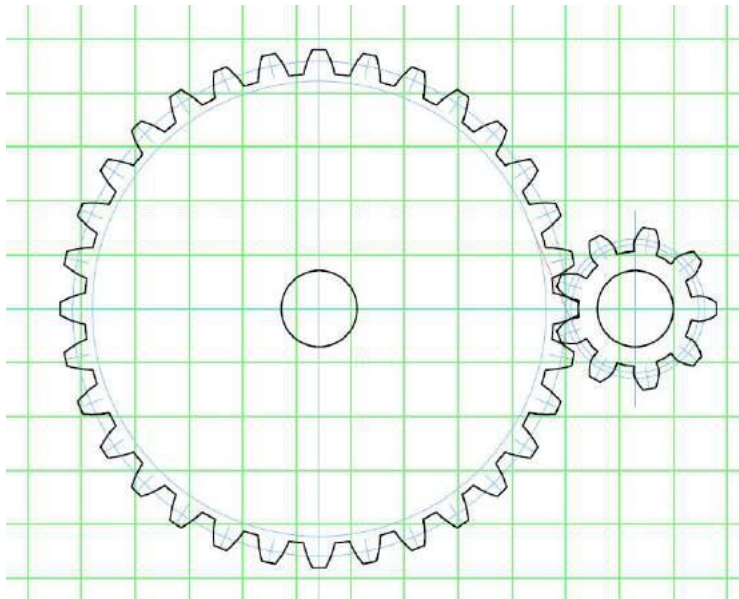


Figura 5.13: Salida de la aplicación web Gear Generator.

- Debe tener en cuenta el grosor de posibles arandelas y tuercas de cierre

Directrices para el dimensionamiento del eje secundario:

- Debe tener una longitud suficiente para alojar en sus extremos la palanca manual y una tuerca de cierre

- Debe quedar ajustado para no interferir con los otros elementos del dispositivo

5.1.3. Construcción del sistema de leva y elevador

Este sistema fue diseñado de forma gráfica a partir de la longitud del bulón y de la distancia que éste debía recorrer desde su posición de cerrado hasta su posición de abierto. Más tarde sobre los dibujos iniciales se hicieron plantillas de cartón, estas figuras se “extruyeron” para darles la forma tridimensional deseada. En la imagen 5.9 vemos las piezas de leva (11) y elevador (9).

Como se puede notar en la forma de los orificios interiores de estas piezas cada una tiene una función con respecto a los ejes. La leva tiene un orificio con forma cuadrada, este está diseñado para poder transmitir a ésta la fuerza del eje secundario. Sin embargo el elevador posee un orificio circular en un extremo, su objetivo es rotar sobre el eje primario, pero no recibir par de éste.

5.1.4. Construcción del embrague

Esta es sin duda una de las piezas más complejas del dispositivo. Su diseño y cálculo geométrico fue realizado en un primer momento sobre papel y más tarde sería llevado al ordenador. Está compuesto por: dos placas exteriores que sujetan una lámina interior, ésta actúa de guía para la pieza cónica central, la cual a su vez posee dos varillas radiales que discurren por las guías. El movimiento longitudinal de la pieza cónica viene dado por dos muelles que obligan a saltar a la pieza cónica según su posición.

La fabricación de este conjunto de piezas se hizo a partir de una sola lámina de cartón sobre la cual se llevaron las medidas diseñadas sobre papel (figuras 5.15, 5.16, 5.17), posteriormente se recortaron y se pegaron. Por último, para completar el funcionamiento se incluyeron resortes pertenecientes a un bolígrafo. Podemos ver una imagen de esta pieza en la figura 5.14.

5.1.5. Construcción del bulón

Esta pieza está diseñada a partir del grosor de un bulón real, pero su longitud ha sido seleccionada a partir de un proceso de “prueba y error”. Como se puede ver (imagen 5.9, elemento 8), su extremo inferior tiene forma cónica, esto



Figura 5.14: Imagen del embrague construido.

propicia su adecuado encaje en el orificio inferior de cierre del enganche. En su extremo superior se ha colocado un cajetín con la forma adecuada para recibir el extremo del elevador, el cual le va a proveer de fuerza para el desplazamiento.

5.1.6. Construcción de la carcasa

La carcasa se diseño de forma gráfica tomando como referencia las medidas de la estructura de soporte. Las dimensiones se eligieron de forma que fueron las más adecuadas para alojar el mecanismo interno sin provocar interferencias con las piezas que lo componen, sobre todo con la corona de transmisión y con el elevador, el cual supone el punto más cercano a la carcasa cuando éste se encuentra en la posición de abierto. Se decidió construir ésta en un material transparente para permitir que se vean las piezas que conforman el mecanismo interno.

Para su fabricación se eligió una lámina de plástico duro transparente re-utilizado. En primer lugar se recortaron plantillas de papel a partir del diseño dibujado anteriormente, luego se diseño un montaje en planta para la pieza, de forma que ésta estuviera compuesta por una sola pieza que más tarde se pudiera plegar y pegar hasta conseguir la construcción final. Por último se pegaron con cola transparente los ángulos y solapas y se hicieron orificios en los puntos donde van situados los tornillos de sujeción a la estructura. Esta carcasa se puede ver en la imagen 5.9, detalle 3.

5.2. Implementación del modelo en CATIA V5

A partir del modelo construido en papel se comenzó a implementar un modelo en CAD 3D con CATIA v5. Este modelo conserva muchas de las medidas presentes en el modelo realizado en cartón, sin embargo la construcción del modelo en CAD fue realizada detalladamente pensando en los procesos de fabricación para un modelo real construido en metal y totalmente operable. Podemos ver algunas de las primeras salidas del modelo en 3D en las imágenes 5.18, 5.19, 5.20.

Este modelo en CATIA V5 ha ido perfeccionándose detalle a detalle hasta lograr unas condiciones en las que el dispositivo puede ser factible para su construcción y su funcionamiento ha sido simulado con el módulo de CATIA “DMU Kinematics”. Sin duda los detalles necesarios para la construcción de este modelo en 3D han supuesto la mayor inversión en tiempo durante la evolución del proyecto.

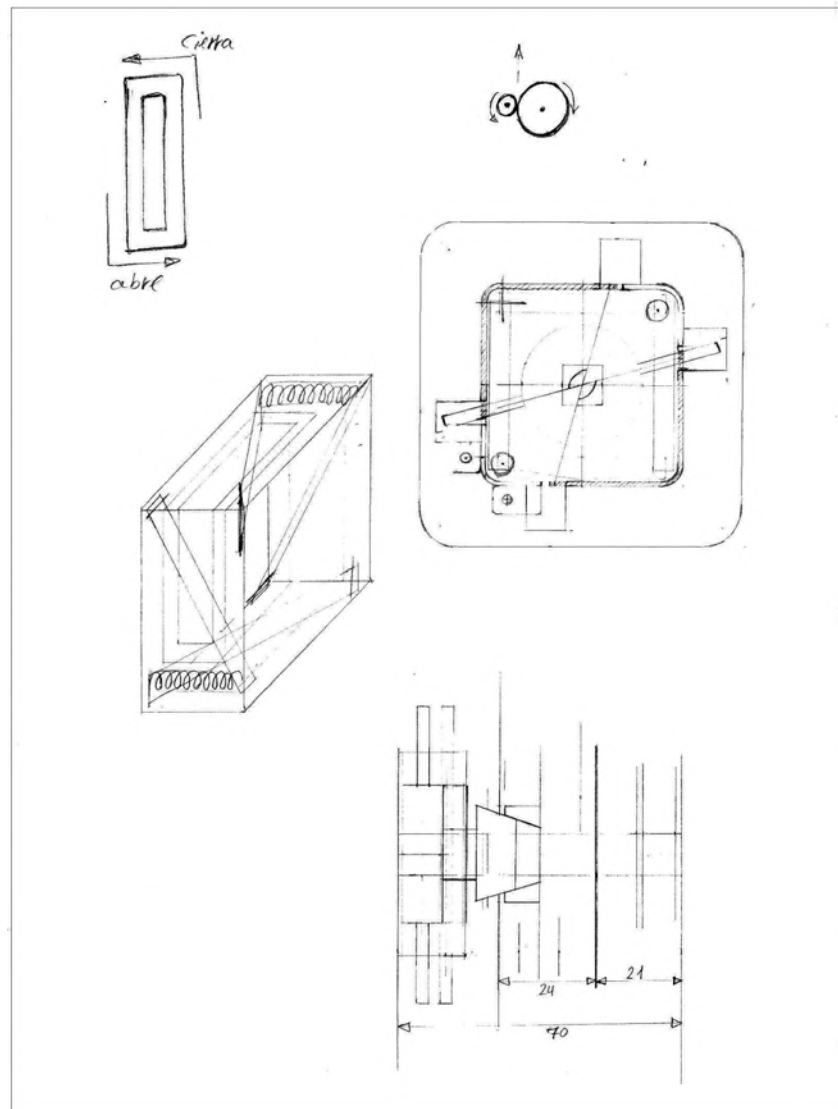


Figura 5.15: Bocetos del diseño del embrague.

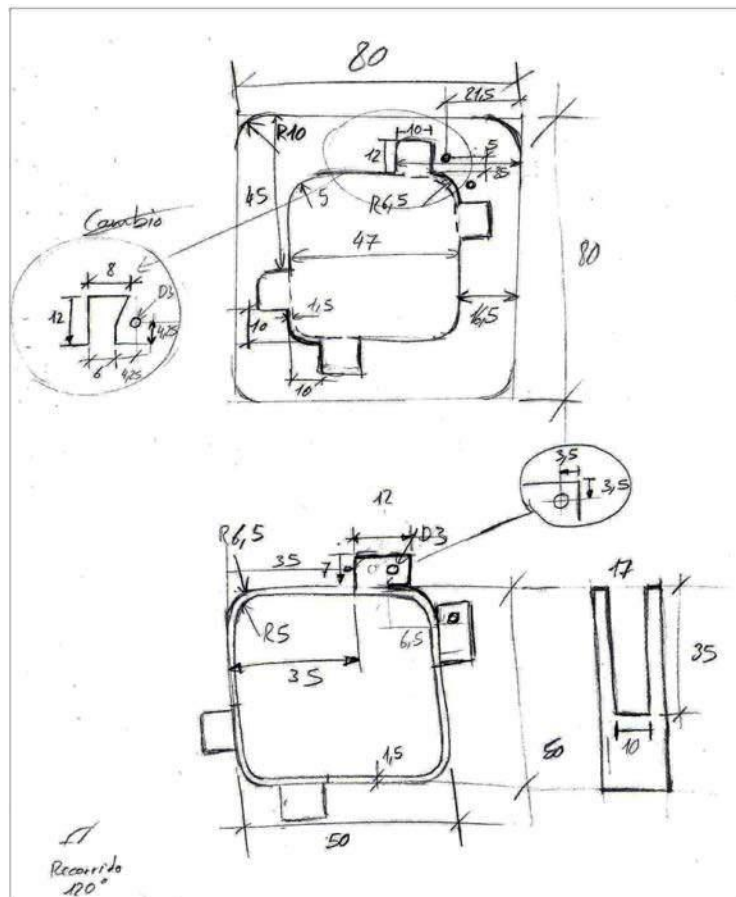


Figura 5.16: Boceto del embrague con sus medidas.

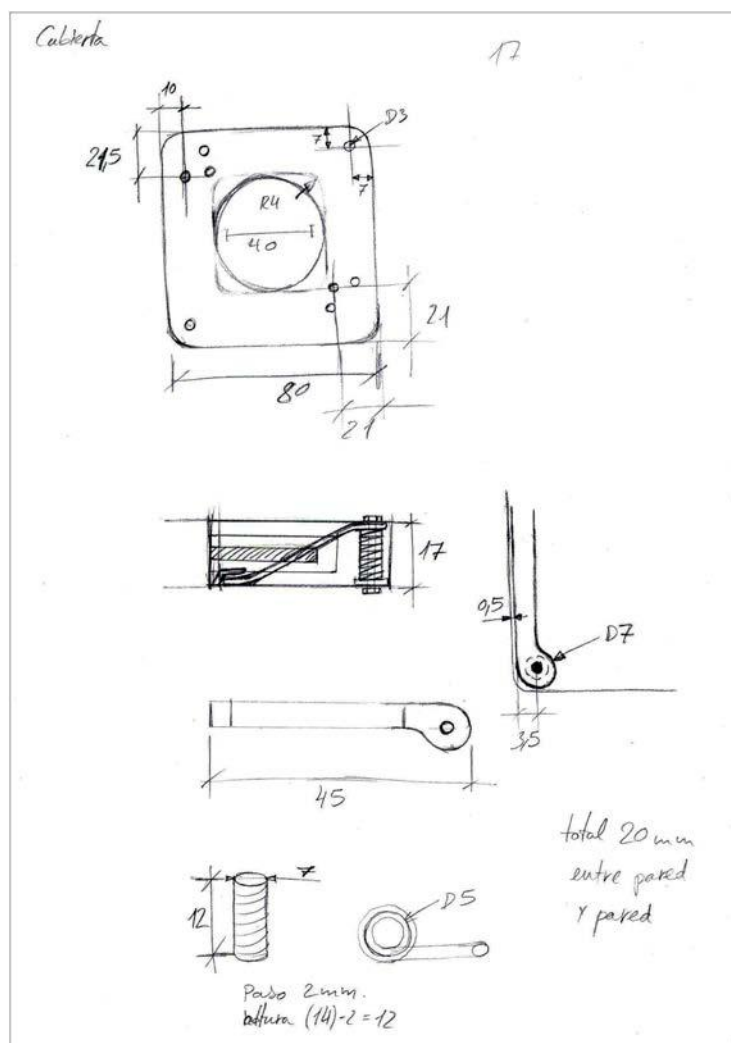


Figura 5.17: Boceto del embrague, piezas interiores.

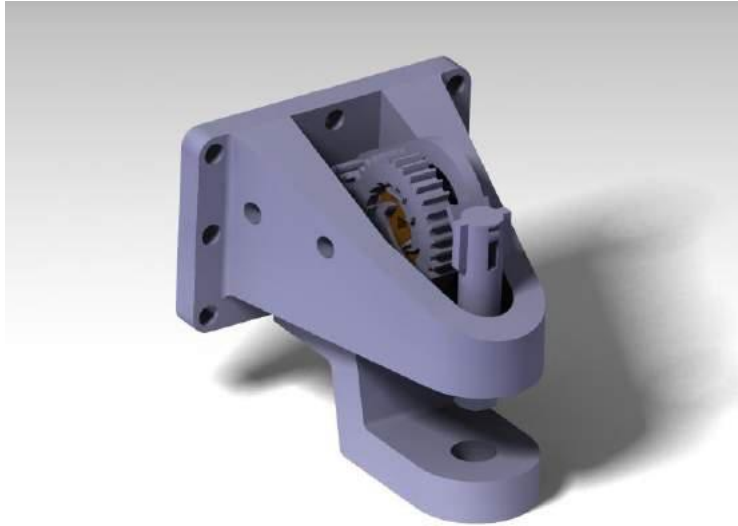


Figura 5.18: Render en CATIA V5 del modelo.

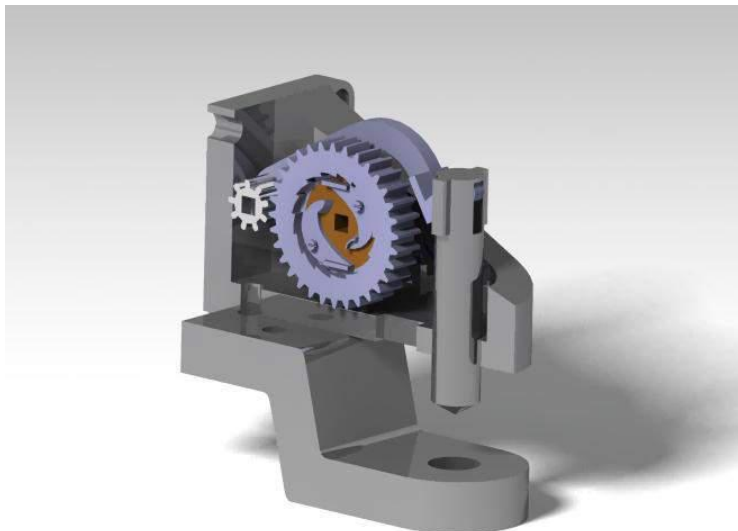


Figura 5.19: Vista de corte del lado izquierdo del modelo.

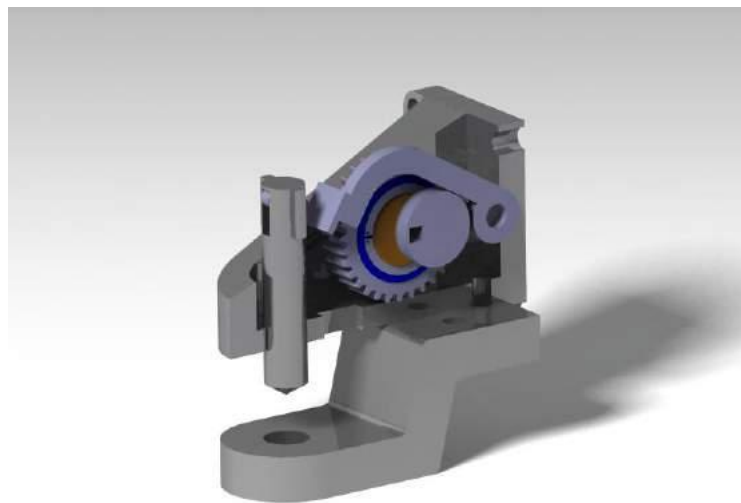


Figura 5.20: Vista de corte del lado derecho del modelo.

Capítulo 6

Análisis de esfuerzos

En este capítulo vamos a realizar un análisis de esfuerzos de la estructura del dispositivo, la cual va a soportar las fuerzas provocadas por las aceleraciones y por el peso de los conjuntos. Para realizar este análisis emplearemos el módulo “Analysis & simulation” de CATIA V5. Para realizar los ensayos vamos a aplicar una carga máxima de 100 kN, esta es la máxima aconsejada en el catálogo de Rockinguer para su enganche automático RO-850D, un enganche con características muy similares a las del que estamos ensayando.

Para simular este modelo hemos seleccionado las propiedades del acero, éste tiene un módulo de Young de $2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ y un límite de elasticidad de $2,5 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$, por lo tanto cualquier lectura de tensiones por encima de ésta cota significaría que el modelo es susceptible de romperse o de deformarse gravemente.

Para la realización del ensayo son necesarias dos operaciones básicas: condiciones de fijación del cuerpo y aplicación de cargas en la zona deseada. Todos los ensayos se realizarán con las mismas condiciones de fijación, sujeto por la base, de la misma forma que se encontraría sujeto en un tractor. Sin embargo para ver los distintos efectos que pueden surgir de la operación del dispositivo se van a aplicar cargas en todas las direcciones principales.

6.1. Ensayos

Para comprobar la validez del diseño ante determinadas cargas se va a hacer un análisis en las tres direcciones principales y en ambos sentidos (positivo y negativo). Para ello se van a realizar cinco ensayos.

6.1.1. Primer ensayo, tracción sobre el eje longitudinal

Para realizar el primer ensayo se colocan cargas de 100 kN sobre el bulón. Estas cargas van dirigidas en la dirección de trabajo usual del enganche, es decir, en el plano horizontal y en el eje longitudinal del conjunto. Ésta es una simulación del proceso de aceleración, o bien subiendo una pendiente inclinada. Podemos ver el resultado de la prueba en la imagen 6.1, en ella se observan en color azul claro las zonas de concentración de tensiones. CATIA posee una herramienta que ayuda a determinar y localizar el punto de tensión máxima del conjunto, en este caso se encuentra en el interior de la parte superior del soporte, en el punto donde apoya el bulón, para este ensayo esta tensión es de $2,225 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$, muy próxima al límite elástico del acero. A pesar de este punto aislado de concentración de tensiones, globalmente no se observa ningún punto con riesgo de sobretensiones.

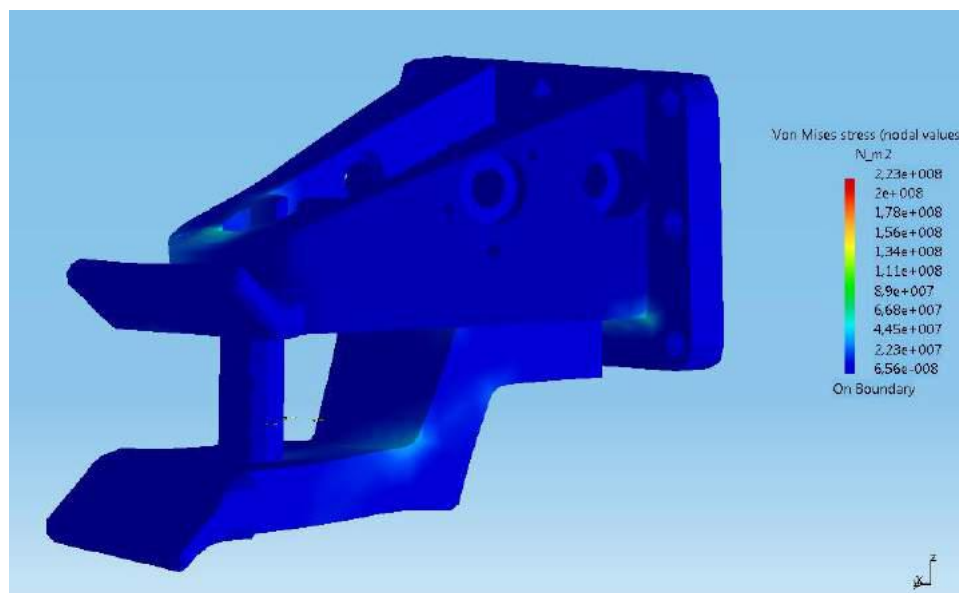


Figura 6.1: Análisis por elementos finitos. Esfuerzos de tracción.

Si continuamos incrementando el esfuerzo de tracción hasta los 400kN el material no soporta la tensión y se rompe o deforma gravemente. Vemos estos efectos en la figura 6.2.

6.1.2. Segundo ensayo, compresión sobre el eje longitudinal

El segundo ensayo se realiza en las mismas condiciones que el primero, sin embargo ahora las cargas serán aplicadas en sentido opuesto al anterior.

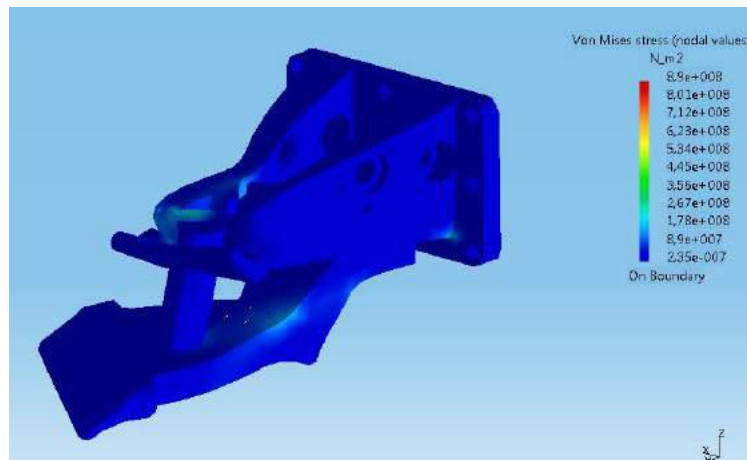


Figura 6.2: Análisis por elementos finitos. Aplicación excesiva de carga.

Con este ensayo se pretende simular las situaciones de frenado del tractor, o de descenso de una pendiente. En la imagen 6.3 podemos ver los puntos de concentración de tensiones (en azul claro) así como las deformaciones que se producen debido a los esfuerzos. En este caso la tensión máxima dentro del conjunto es de $2,225 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ como en el caso anterior, tensión inferior al límite elástico del acero. Tampoco se observan zonas de riesgo de sobretensión.

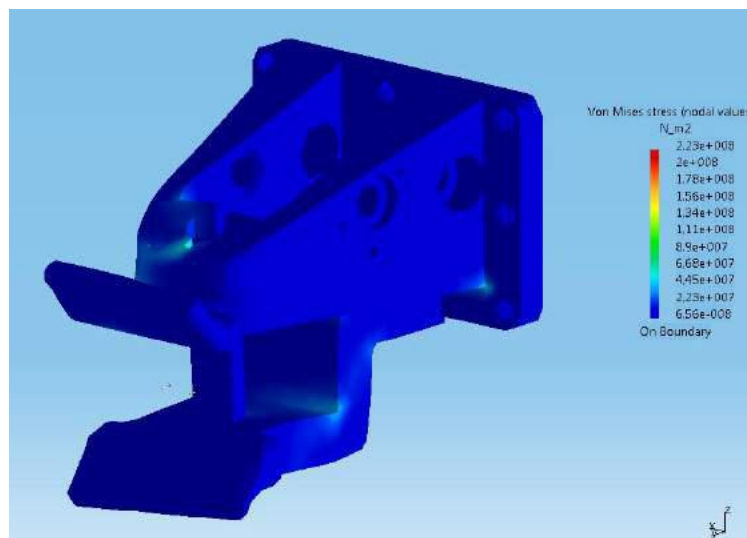


Figura 6.3: Salida de análisis de elementos finitos con CATIA V5.

6.1.3. Tercer ensayo, carga vertical ascendente

En el tercer ensayo vamos a aplicarle a la estructura un esfuerzo vertical ascendente. En este caso vamos a reducir la carga ya que las probabilidades de

que aparezcan esfuerzos grandes en este sentido son muy reducidas. El caso más común de que aparezcan cargas en este sentido es cuando la articulación del tiro del remolque se encuentra en una posición más alta que el enganche, de esta forma la tensión que se transmite por el tiro crea una componente vertical en función del ángulo de tiro. Podemos ver un gráfico de este caso en la imagen 6.4. Teniendo en cuenta este efecto vamos a realizar el análisis para una tensión de $100.000N$, por tanto la componente vertical será $100.000N \cdot \sin 20 \sim 34.000N$. Podemos ver la salida del programa en la imagen 6.5, en ella se distinguen las distintas zonas de concentración de tensiones, éstas son los taladros y las aristas. De nuevo utilizamos la herramienta que ofrece CATIA para determinar el punto de máxima concentración de tensiones, en este caso este punto se encuentra en un vértice y su tensión es de $4,83 \cdot 10^7 N/m^2$, muy inferior al límite elástico del material.

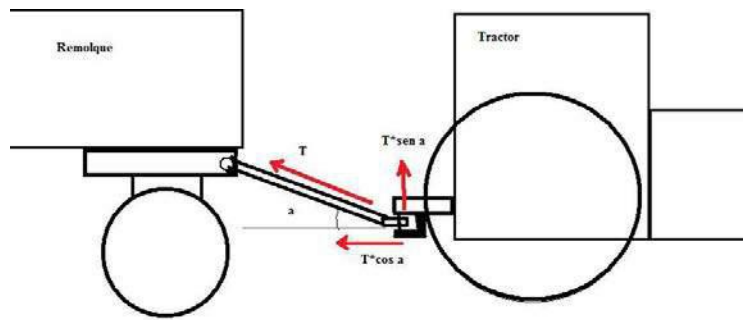


Figura 6.4: Gráfico de tensiones existentes en el enganche.

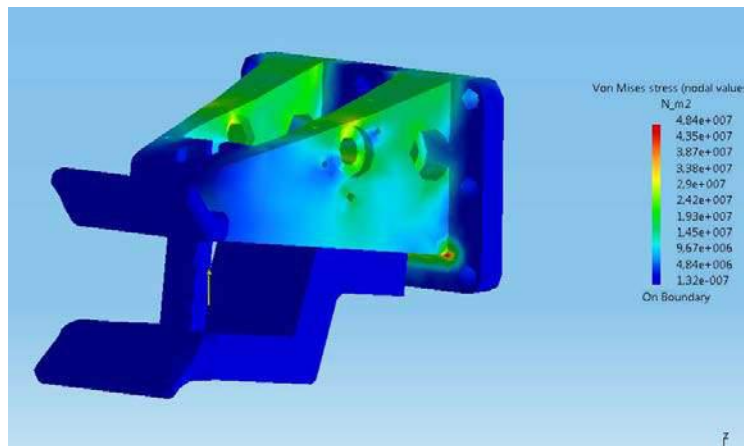


Figura 6.5: Análisis de esfuerzos por elementos finitos.

6.1.4. Cuarto ensayo, carga vertical descendente

Como es lógico ha de realizarse un ensayo similar al anterior pero en sentido contrario, es decir, hacia abajo. En este caso será la pieza inferior la que soporte el esfuerzo. Con este ensayo simulamos varias situaciones de operación del dispositivo, la más importante es aquella en la que el enganche ha de acoplar semirremolques, es decir, va a soportar parte del peso del remolque o equipo remolcado. Para este ensayo aplicaremos una fuerza de 100.000N en la zona de apoyo de la argolla, es decir, sobre el orificio de encaje del bulón en la pieza inferior. La salida del análisis de elementos finitos muestra las partes afectadas por las tensiones (imagen 6.6), en este caso aparecen sobretensiones en la pieza superior del dispositivo, esto es debido a las condiciones de cálculo al transmitirse esfuerzos a través del bulón. Por ello se repite el ensayo aislando la pieza inferior y dándole las mismas condiciones de contorno que tenía en el ensayo anterior. Podemos ver el resultado del ensayo en la imagen 6.7, en este caso aparecen ligeras sobretensiones en los puntos de doblado de la pletina, pero en general la pieza es apta para este tipo de cargas.

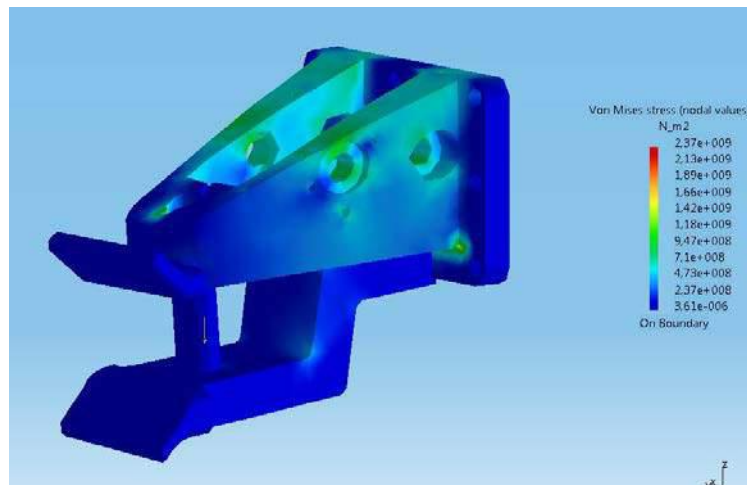


Figura 6.6: Análisis de esfuerzos por elementos finitos.

6.1.5. Quinto ensayo, esfuerzo lateral

Para acabar realizaremos un solo ensayo de esfuerzo lateral puesto que la distribución del dispositivo es simétrica respecto del plano vertical. Con este ensayo estamos simulando las situaciones de cambio de dirección del conjunto y sobre todo las condiciones de giro cerrado. A pesar de todo, las condiciones más adversas que se pueden dar en esta dirección son despreciables en relación con aquellas que hemos calculado anteriormente. Por ello vamos a realizar un ensayo de esfuerzos laterales con una carga de 20 kN, la cual deja un

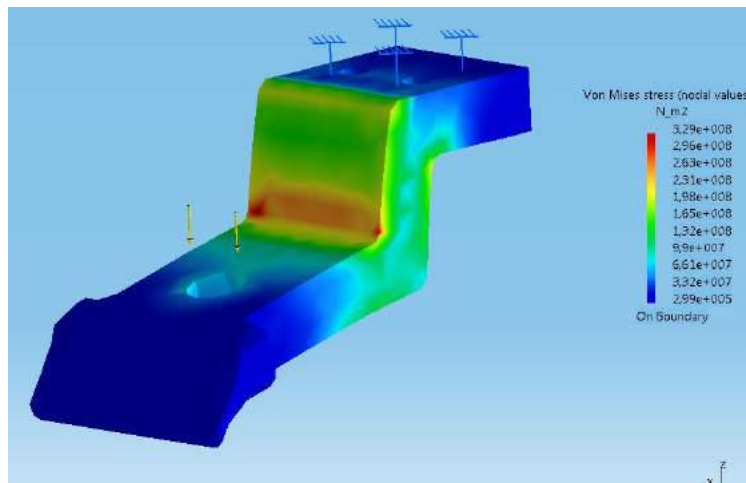


Figura 6.7: Análisis de esfuerzos por elementos finitos.

margen muy amplio para las condiciones reales. El resultado del análisis, el cual podemos ver en la imagen 6.8, muestra que los puntos de concentración de tensiones se encuentran en las aristas y en los vértices de unión con la base. El punto de máxima tensión es de $5,5 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$, muy inferior al límite elástico del acero.

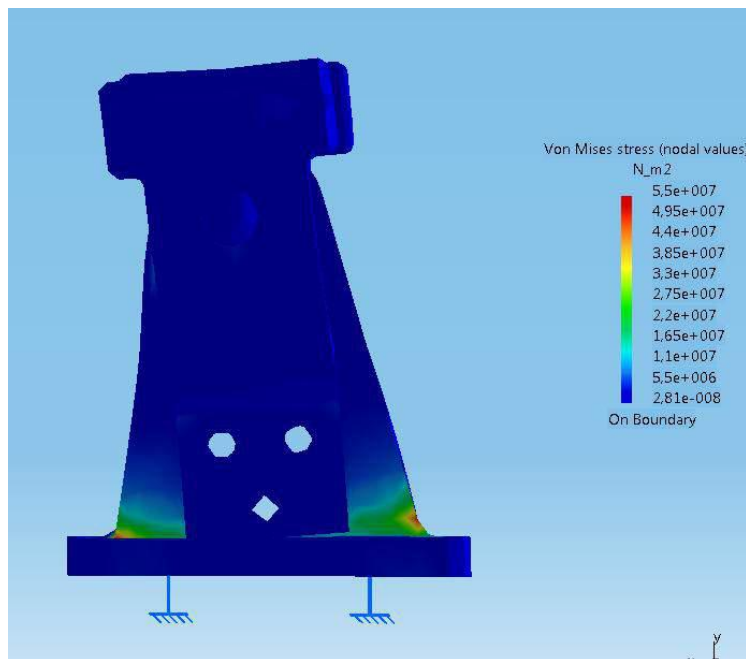


Figura 6.8: Análisis de esfuerzos por elementos finitos.

6.2. Conclusiones

A la vista de los resultados se puede decir que el modelo es apto para el nivel de carga propuesto. No obstante existen puntos de acumulación de cargas donde el modelo es vulnerable y podrían producirse grietas en el material. Estos puntos podrían eliminarse haciendo redondeo de vértices y suavizando las aristas.

Capítulo 7

Fabricación

Siendo este un producto eminentemente mecánico es necesario establecer un proceso de producción para el mismo. Más tarde estos procesos de fabricación nos ayudaran a determinar los costes de producción aproximados. El diseño del dispositivo se ha desarrollado teniendo en cuenta una serie de procesos de fabricación conocidos tales como: fundición, forja, soldadura y mecanizado por arranque de viruta, son a estos procesos a los que vamos a hacer referencia en los siguientes apartados.

7.1. Procesos de fabricación

Para llevar un orden en el diseño del proceso de fabricación vamos a tratar por separado el proceso de cada pieza o sistema relevante, algunas piezas tales como muelles, tornillos o arandelas no serán tratadas ya que son piezas estandarizadas.

7.1.1. Fabricación del soporte (Pieza 1)

Esta pieza es la más importante del conjunto, sobre ella van montados los otros elementos del dispositivo. Vamos a denominarla “Pieza 1” ya que aparte de ser la más importante es la primera que se diseñó. Podemos ver una imagen renderizada de esta en la figura 7.1.

Para tratar de una forma más exhaustiva la determinación del proceso de fabricación de esta pieza vamos a extraer su plano con las vistas más apropi-

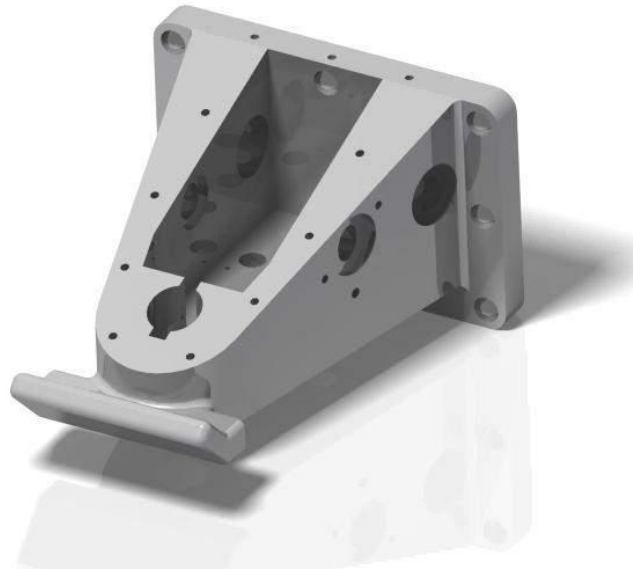


Figura 7.1: Render de la pieza 1.

adas y así poder delimitar mejor las distintas zonas de aplicación de transformaciones. Este plano podemos verlo en la imagen 7.18.

La primera fase para el conformado de esta pieza es la fundición en molde de arena. Para ello habrá que crear un modelo partido con el que después se podrán fabricar los moldes de arena dentro de sus respectivas cajas. Este modelo partido necesitará fabricarse con un coeficiente de mayoración con respecto a las medidas reales que deseamos que tenga el producto. Esto es debido a que hay que tener en cuenta los efectos de contracción que puede sufrir el producto moldeado tras su enfriamiento. Dado el volumen de la pieza también es necesario el diseño de mazarotas¹. También será necesario diseñar los bebederos por los cuales se va a realizar la colada así como los respiraderos necesarios para que salga el aire y los gases atrapados en la parte superior del modelo, hay que evitar la posible formación de burbujas y favorecer un llenado completo del molde, éste es un proceso relativamente sencillo.

Tras la fundición comienza el proceso de mecanizado. Para definir paso por paso este proceso vamos a referirnos a las distintas superficies numeradas en el plano 7.18. Una de las posibles herramientas a emplear para este trabajo es un centro de mecanizado de control numérico de 5 ejes, de esta forma se podrán mecanizar sin problemas todo tipo de superficies. Para la sujeción de la pieza

¹Depósitos de hierro fundido que se diseñan en el molde para evitar vacíos en el interior del producto tras la contracción líquida que se produce durante la colada

se empleará un plato de garras que sujetará la pieza por la base (superficie 3) de esta forma el resto de superficies estarán libres para ser trabajadas. Una vez sujeto ya podemos empezar con las distintas operaciones:

1. Cajeadado en desbaste del habitáculo interior (superficie 2), contorneado en acabado de superficie lateral
2. Taladrado pasante de superficie 4 (orificio del bulón) y posterior mandrinado en acabado de la misma
3. Fresado de la ranura transversal a superficie 4 (orificio del bulón)
4. Planeado en desbaste de superficie 1, planeado en acabado de la misma con plato de planear
5. Mecanizado de superficie 6
6. Taladrado pasante de superficie 5 (orificio tornillo X3), escariado para acabado
7. Roscado de la superficie 5 (orificio tornillo X3)
8. Planeado de la superficie 10
9. Taladrado de la superficie 7 (taladros de la base X7)
10. Planeado de la superficie 11 (zona de contacto con la pieza 2)
11. Taladrado pasante de superficie 8 (orificios de soporte del eje secundario), izquierdo y derecho
12. Refrentado superficie 8 (orificios de soporte del eje secundario), izquierdo y derecho
13. Mandrinado interior de superficie 8 (rebaje interno), mandrinado en acabado
14. Taladrado pasante de superficie 9 (orificios de soporte del eje primario), izquierdo y derecho
15. Refrentado superficie 9 (orificios de soporte del eje primario), izquierdo y derecho
16. Mandrinado interior de superficie 9 (rebaje interno), mandrinado en acabado
17. Taladrado de superficie 12 (orificios para tornillos de 5mm X11), taladrado de orificios para tornillos internos

18. Cambio de sujeción, sujeción desde la superficie 11 con tornillos
19. Contorneado superficie 13 (contorno de la base)
20. Taladrado de superficie 7 (taladros de la base X7)
21. Planeado de superficie 3 (base de la pieza 1)

7.1.2. Fabricación del soporte inferior (Pieza 2)

A esta pieza la denominamos pieza dos porque es la segunda pieza más importante del conjunto, a parte fue la segunda en ser diseñada. Su función es la de soportar las cargas verticales descendentes y supone el segundo apoyo del bulón cuando el enganche esta cerrado. Podemos ver un renderizado de la pieza en la imagen 7.2.



Figura 7.2: Render de la pieza 2 en CATIA v5.

Para la conformación inicial de esta pieza se ha pensado en el proceso de deformación en caliente, es decir, en la forja. Partiendo de una pletina de acero de dimensiones próximas a las de la pieza, calentamos ésta hasta un punto cercano al de fusión y luego lo introducimos en una prensa de impacto con una matriz con la forma de la pieza, de esta forma obtendremos el producto semiterminado. Para acabar será necesario mecanizar las superficies de interés y realizar los taladros necesarios para su correcto encaje en el conjunto. En el plano de la imagen 7.19 podemos ver las superficies a mecanizar numeradas

del 1 al 3. Para la sujeción de esta pieza vamos a emplear una mordaza que va a fijar la pieza desde los laterales. Las operaciones de mecanizado a realizar son:

1. Planeado de superficie 3 (zona de contacto con la pieza 1)
2. Taladrado de superficie 2 (taladros pasantes X3)
3. Taladrado de superficie 1 (taladro pasante del orificio del bulón)

Dada la función de esta pieza no se estima necesaria la realización de otros mecanizados. Sin embargo sería aconsejable el tratamiento térmico de recocido para aumentar su dureza ya que esta pieza soportará en ocasiones grandes esfuerzos a flexión.

7.1.3. Fabricación de la corona de transmisión

Como ya habíamos mencionado en capítulos anteriores esta corona es la encargada de gestionar la fuerza que se transmite del eje primario al eje secundario. Está compuesta de dos partes principales: una **corona exterior** (parte 1) que gira alrededor de **soporte cilíndrico interior** (parte 2). Podemos ver este conjunto montado en la imagen 7.3. También podemos observar este conjunto explosionado en la imagen 7.4, la corona exterior se ve en azul y el cilindro interior en rojo. Otros elementos que distinguimos son las palanquillas antirretroceso con sus respectivos tornillos así como las arandelas de fricción y de cierre.

En primer lugar vamos a definir el proceso de fabricación de la corona exterior, pues ésta comparte su proceso de mecanizado con otras piezas del dispositivo como piñón y corona de arrastre. Para ello, del mismo modo que en piezas anteriores, vamos a obtener un plano de la pieza. Éste se puede ver en la imagen 7.20. Para realizar el mecanizado de engranajes existen varios métodos: el fresado, el tallado, tallado por fresa madre... Así pues dejaremos este paso abierto a todas estas posibilidades. Vamos a centrarnos en el mecanizado de los otros detalles de la corona exterior. Este proceso se realizará en un centro de torneado de control numérico. El proceso sería el siguiente:

1. Se parte de una barra de diámetro ligeramente superior al diámetro efectivo de la corona
2. Se corta una rodaja de la anchura igual a la de la corona

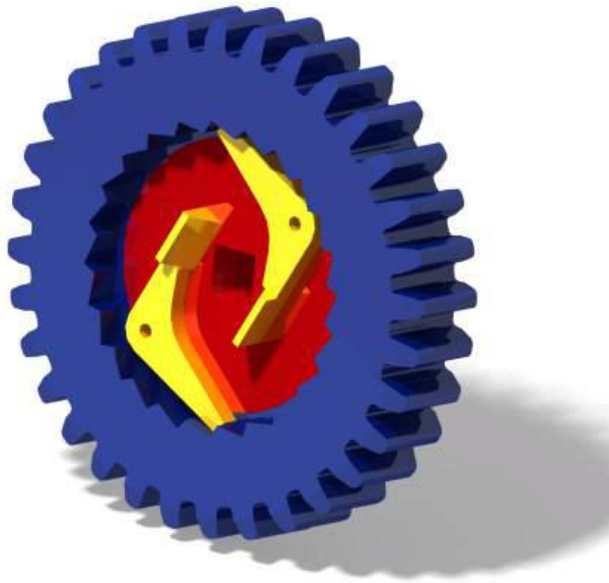


Figura 7.3: Corona de transmisión.

3. Se sujeta esta por su contorno en un plato de garras con elemento divisor
4. Taladro pasante de superficie 2
5. Refrentado superficie 3
6. Mandrinado en acabado, copiado de superficies 2 y 3 (zona de fricción con cilindro interior)
7. Fresado de superficie 5 (dientes interiores antirretorno)
8. Cambio de sujeción, sujeción interior para poder trabajar en el contorno
9. Planeado de superficie 7
10. Achaflanado de superficie 4
11. Mecanizado de superficie 6 (dientes)

Ahora vamos a definir el proceso de fabricación del cilindro interior sobre el cual gira la corona exterior. Esta pieza deberá ser de alta precisión ya que comparte superficies de deslizamiento con la corona exterior. Hemos enumerado las superficies en el plano 7.21. Para el mecanizado de esta pieza utilizaremos un centro de torneado de 5 ejes, no obstante esta pieza necesita de otros procesos ajenos a esta máquina. La materia prima será una barra cilíndrica de diámetro

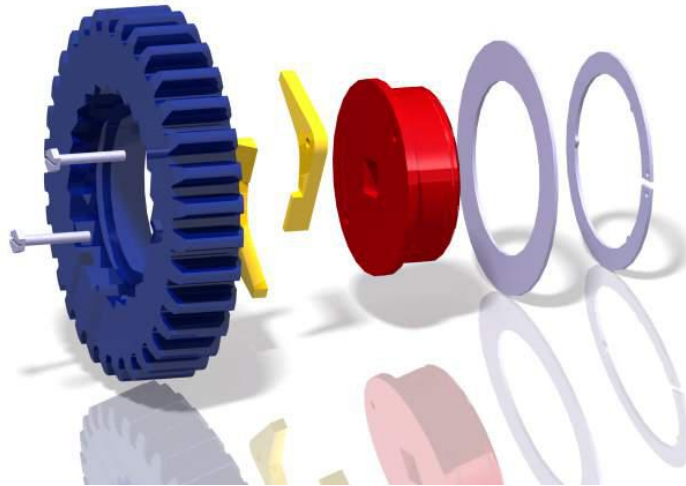


Figura 7.4: Conjunto corona de transmisión explosionado en sus diferentes piezas.

ligeramente mayor al del cilindro, de ésta se irán cortando pastillas de grosor adecuado para los procesos que se realizarán posteriormente en su superficie. A partir de estas pastillas comenzamos con el proceso:

1. Mediante electro erosión se practica el orificio central (superficie 1) de geometría cuadrada, habrá que prever las tolerancias necesarias para su correcto encaje en el eje secundario
2. Una vez practicado este orificio vamos al centro de torneado y aprovechamos el orificio central para sujetar la pieza por el centro.
3. Refrentado en desbaste superficie 7, planeado en acabado (menor velocidad de pasada)
4. Refrentado en desbaste superficie 8, planeado en acabado (menor velocidad de pasada), paralelismo con superficie 7
5. Cilindrado superficie 2, copiado. Cilindricidad. Acabado h5 (alta calidad superficial)
6. Ranurado superficie 3
7. Achaflanado superficie 4
8. Taladrado superficie 6 (orificios tornillos)

9. Roscado superficie 6 (orificios tornillos)
10. Taladrado superficie 5 (orificio para pasador). Pasante

El último componente que trataremos serán las palanquillas, las cuales gestionan la fuerza que se transmite de la corona exterior al cilindro interior. En el plano 7.23 se muestran sus características. Debido a su pequeño tamaño el mecanizado no es el método más adecuado para su fabricación. En este caso hemos seleccionado la conformación por pulvimetalurgia ya que es la más adecuada para este tipo de piezas. El proceso seleccionado será el de prensa en frío. Proceso:

1. Disponer de una matriz con la forma de la pieza a prensar
2. Introducir en la matriz el lubricante necesario para su correcto funcionamiento
3. Introducir la cantidad de polvo metálico necesario teniendo en cuenta la densidad final requerida (ds)
4. Introducir el punzón en la matriz y comprimir el metal
5. Introducir la pieza en verde en un horno de sinterizado, de esta forma sus partículas adquirirán cohesión, dando gran resistencia a la pieza
6. Practicar tratamientos térmicos posteriores

Con el método de conformación por pulvimetalurgia no es necesario un proceso de mecanizado posterior, la calidad superficial de las piezas fabricadas por este método es muy alta.

7.1.4. Fabricación de los ejes

Los ejes se obtendrán a partir de varillas de sección cuadrada de acero laminado. Estos son, el eje secundario y el **eje primario**, que está dividido a su vez en dos tramos 1 y 2 (debido al elemento de seguridad). Podemos ver un modelado de estos ejes en la imagen 7.5.

El proceso de fabricación de estos ejes será el más sencillo posible. Para su fabricación se hará uso de una sierra radial de corte refrigerado y de un taladro en bancada. La materia prima del proceso serán varillas de acero laminado de sección cuadrada (10mm X 10mm) de 5m de largo, éstas serán de alta calidad



Figura 7.5: Render de los ejes del conjunto en CATIA V5.

superficial. Podemos ver un plano de éstos en la imagen 7.22. Las operaciones a realizar son las siguientes:

1. Corte de la varilla a 3 medidas: eje primario 1, eje primario 2, eje secundario
2. Taladrado de superficie 1 (orificios pasantes)
3. Taladrado de superficie 2 (orificios ciegos), orificios para apriete de piezas

7.1.5. Fabricación de la leva

Como ya hemos indicado en capítulos anteriores la leva es la pieza que desplaza el elevador por deslizamiento con este, por tanto esta superficie de deslizamiento deberá ser de alta calidad. En la imagen 7.6 vemos como ha sido modelada esta pieza.

Para esta pieza se ha diseñado un proceso de fabricación sencillo. Al igual que sucede con otras piezas cilíndricas se parte de una pastilla de acero por ser la preforma más adecuada. Podemos ver las distintas superficies implicadas en el plano 7.24. En este caso también recurriremos al torno de control numérico, el cual hemos utilizado en otras piezas. El proceso de conformado sería el siguiente:

1. Practicar un taladro en el centro de la pieza (superficie 2) para su posterior sujeción (este taladro no aparece en el plano pero es necesario para



Figura 7.6: Leva modelada en CATIA V5.

su mejor sujeción)

2. Cilindrado de la superficie 1, contorno de la pieza
3. Rectificado de la superficie 1, acabado superficial h5-h6
4. Taladrado superficie 3 (orificio para tornillos X2)
5. Roscado superficie 3 (orificio para tornillos X2)
6. Refrentado superficie 3 (alojamiento de la cabeza de los tornillos)
7. Corte de superficie 4. División de la pieza en parte superior y parte inferior
8. Mecanizado de superficie 5 (alojamiento del eje)

7.1.6. Fabricación del elevador

Esta es la pieza que transmite la fuerza de la leva al bulón apoyándose en el eje primario. Para su funcionamiento ésta ha de deslizar sobre la leva, por tanto la calidad superficial de esta superficie de deslizamiento deberá ser alta. Vemos una imagen de esta pieza en la figura 7.7.



Figura 7.7: Modelado del elevador.

Por la forma que tiene esta pieza vamos a comenzar por el proceso de forja para obtener una preforma que más tarde pueda ser mecanizada. Las superficies a mecanizar están diferenciadas en el plano 7.25. Para este proceso se empleará el centro de mecanizado de control numérico de cinco ejes que ya hemos utilizado con otras piezas. El proceso es el siguiente:

1. Cilindrado de superficie 1 (superficie cilíndrica interior), cilindrado en acabado h5
2. Contorneado de superficies 2 y 3
3. Rectificado² superficie 2, acabado h6 (zona de deslizamiento con la leva)
4. Mecanizado superficie 4 (articulación con el bulón)
5. Planeado superficie 5
6. Planeado superficie 6
7. Planeado superficie 7
8. Montaje de casquillo (cilindro interior con orificio cuadrado) y arandelas laterales (elementos adquiridos ya fabricados)

²Operación de mecanizado que sirve para conseguir altas calidades superficiales, baja rugosidad y alta precisión dimensional.

7.1.7. Fabricación del embrague

Esta es la pieza que gestiona el par que se transmite del **eje primario** al **eje secundario** a través de la corona de transmisión. Podemos ver una imagen de éste en las figuras 7.8 y 7.9. La fabricación de este conjunto se realizará en parte con piezas de producción propia y con piezas estándar adquiridas por separado, aquí se va a explicar el proceso de fabricación de las piezas de producción propia.



Figura 7.8: Imagen del embrague montado.

Para fabricar las distintas piezas que componen el embrague vamos a hacer uso de varias máquinas: una prensa hidráulica, una cortadora láser de control numérico y un torno. En el plano 7.26 podemos ver las distintas partes que componen el embrague con sus zonas diferenciadas. El proceso es el siguiente.

1. Cortado de pieza 1 (chapa 1,5mm) en cortadora láser CN
2. Abocardado en prensa de detalle 1.1
3. Doblado en prensa de detalle 1.2
4. Cortado de pieza 2 (chapa 3mm) en cortadora láser CN

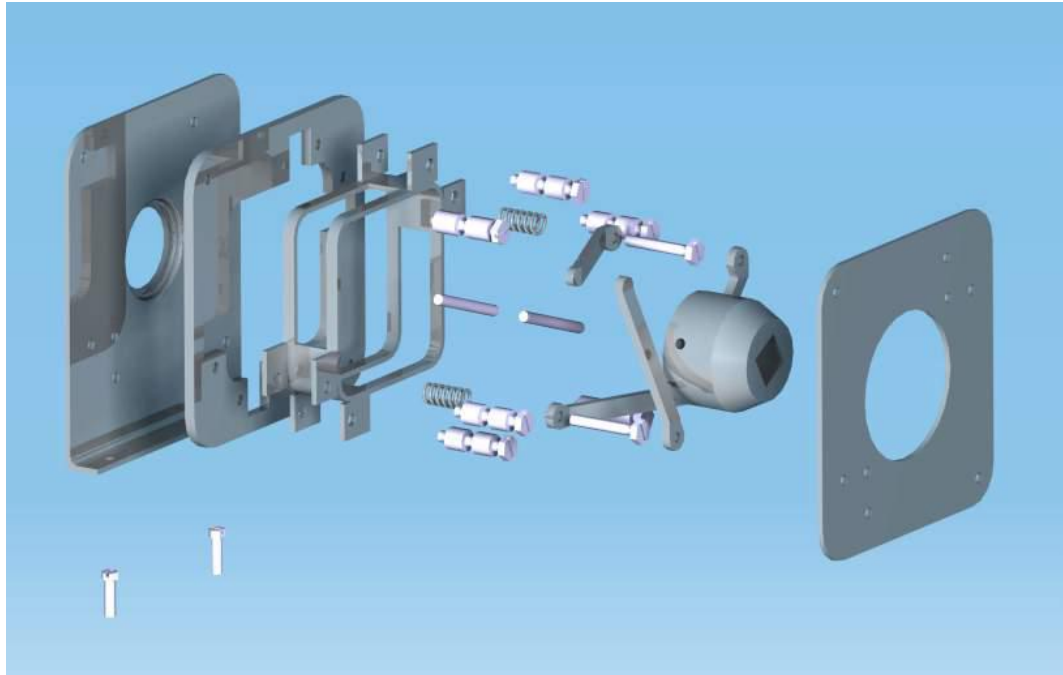


Figura 7.9: Imagen de las distintas piezas que componen el embrague.

5. Cortado de pieza 3 (chapa 1,5mm) en cortadora láser CN
6. Doblado en prensa de detalle 3.1
7. Cortado de pieza 4 (chapa 1,5mm) en cortadora láser CN
8. Torneado de pieza 5, superficies 5.1 y 5.3
9. Electroerosión³ de orificio central de geometría cuadrada
10. Taladrado de superficies 5.2 (taladro ciego)

7.1.8. Fabricación de la base

Esta es la pieza que sujeta a la pieza 1. La pieza 1 se fija a ésta mediante 7 espárragos que la atraviesan en su periferia. Su función es la de encajar perfectamente en los raíles y deslizar sobre ellos para proporcionar un buen desplazamiento del conjunto. Vemos una imagen de esta pieza en la figura 7.10.

³El proceso de electroerosión consiste en la generación de un arco eléctrico entre una pieza y un electrodo en un medio dieléctrico para arrancar partículas de la pieza hasta conseguir reproducir en ella las formas del electrodo.



Figura 7.10: Imagen de la base sobre la cual va atornillada la pieza 1.

Para su fabricación (ver figura 7.27) se va a partir de una preforma por deformación en caliente (forja), ya que este método confiere una resistencia elevada y esta pieza soportará grandes cargas. Una vez obtenida la preforma se empleará un centro de mecanizado de control numérico de 5 ejes para trabajar las distintas superficies que se detallan en el plano 7.27. Las operaciones son las siguientes:

1. Planeado en desbaste superficie 1, plato de planear
2. Planeado de superficie 1 en acabado, plato de planear, menor velocidad de pasada
3. Planeado de superficie 2
4. Planeado de superficie 3
5. Planeado de superficie 6, planeado en acabado, paralelismo
6. Taladrado de superficie 4 (taladro ciego), escariado
7. Roscado de superficie 4
8. Taladrado de superficie 5 (taladro ciego), escariado
9. Roscado de superficie 5

7.1.9. Fabricación de la barra de enganche

Esta barra es la encargada de transmitir la fuerza desde los brazos del levantamiento hidráulico del tractor hasta la base del enganche. Para ello se encuentra fijada a la base a través de dos bulones que cierran con pasadores. Esta pieza soporta un esfuerzo de flexión que es máximo en el centro. Podemos ver una imagen de esta en la figura 7.11



Figura 7.11: Imagen de la barra que une los brazos del tractor con la base.

En este caso vamos a partir de una pletina de acero laminado en frío (muy resistente), más tarde se le añadirán en los extremos sendos bulones prefabricados mediante soldadura. Vemos las diferentes superficies a tratar en el plano 7.28. En este caso las herramientas necesarias serán: un taladro, una sierra radial de corte refrigerado una soldadora eléctrica MIG. El proceso sería el siguiente:

1. Taladrado de superficie 1 (taladro pasante X 2), escariado
2. Cortado de superficie 2
3. Soldadura de elementos 3 y 4. Coaxiales. Cordón perimetral.

7.1.10. Fabricación de la palanca de apertura manual

Esta palanca se encuentra situada en el extremo derecho del eje secundario, su función es la de permitir la apertura del enganche de forma manual. Vemos una imagen de ésta en la figura 7.12.

Esta palanca se compondrá de dos elementos: la barra y el cilindro hembra donde encaja el eje. Los elementos y superficies a tratar están detallados en el

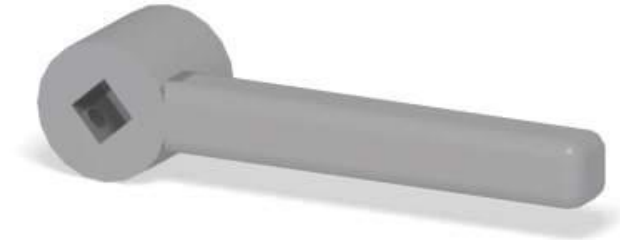


Figura 7.12: Imagen de la palanca de apertura manual

plano 7.29. Para este proceso utilizaremos la sierra radial de corte refrigerado, la máquina de electroerosión y la soldadora eléctrica MIG. El proceso es el siguiente.

1. Corte del cilindro por las superficies 1 y 2
2. Electroerosionado de superficie 3
3. Taladrado superficie 4 (taladro pasante)
4. Roscado superficie 4 (rosca para tornillo de apriete)
5. Soldadura de elemento 5, cordón perimetral de la unión

7.1.11. Fabricación del bulón

Esta es la pieza que cierra el enganche. Esta pieza resiste el esfuerzo de tracción del conjunto, éste será sobre todo un esfuerzo de cizalladura en sus apoyos. Vemos una imagen de este en la figura 7.13.

El proceso de fabricación de esta pieza se realizará a partir de una barra de 30mm de diámetro de acero laminado en frío. Para cortar las piezas necesarias se utilizará una sierra radial de corte refrigerado. Para realizar las otras operaciones utilizaremos un torno, la máquina de electroerosión y la soldadora MIG. Podemos ver un plano detallado en la figura 7.30. El proceso es el siguiente:



Figura 7.13: Imagen del bulón.

1. Corte a medida de la barra de materia prima (barra acero laminado D30)
2. Torneado de superficie 1, copiado
3. Electroerosionado de superficie 2 (habitáculo de articulación con el elevador)
4. Soldadura del elemento 3 (tope inferior de caída)

7.1.12. Fabricación de los railes

Este conjunto es el encargado de unir el enganche y el tractor. A su vez permite que el dispositivo se desplace verticalmente desarrollando su función.

Esta pieza según el modelo de tractor en el que se pretenda instalar se fabricará en distintas medidas y formas. Vemos una imagen de éstos en la figura 7.14.

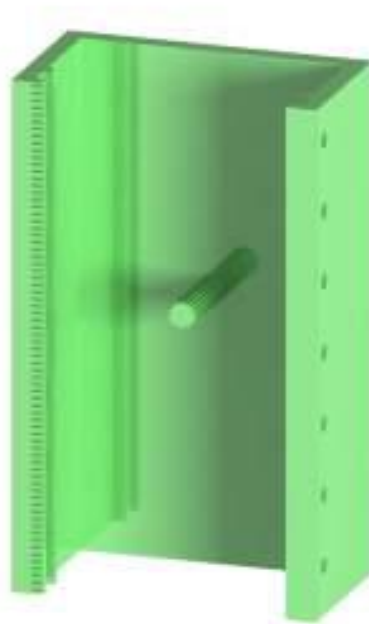


Figura 7.14: Imagen de los raíles por los cuales discurre el enganche.

Los raíles se fabricarán a la medida del modelo de tractor, por este motivo no vamos a establecer aun un proceso de fabricación para esta pieza. Sin embargo se puede distinguir en la imagen 7.14 que esta pieza cuenta con varios taladros laterales (Taladros pasantes), Una cremallera dentada para el engrane con la corona de arrastre (Tallado por fresa madre o mecanizado) y unas muescas preparadas para impedir el desplazamiento ascendente involuntario (Tallado por fresa madre o mecanizado). El nivel de desarrollo de esta pieza es el más bajo de todas ya que sufrirá con toda seguridad un rediseño integral para poder adaptarse a su lugar de fijación.

7.1.13. Fabricación de la carcasa

La carcasa es el elemento que protege el mecanismo interno de impactos, polvo y cuerpos exteriores. Podemos ver una imagen de ésta en la figura 7.15. Esta pieza va atornillada en la parte superior de la pieza 1.



Figura 7.15: Carcasa, imagen renderizada en CATIA V5

Para su fabricación vamos a partir de una plancha de chapa de aproximadamente $0,042m^2$ ya que CATIA nos permite determinar la superficie total del cuerpo (la cual es $0,084m^2$). Para esta pieza el proceso de conformado más adecuado es la deformación por **embutición**⁴, para ello vamos a necesitar de una prensa hidráulica y de un punzón de embutición con la forma de nuestra pieza. Después hay que cortar las rebabas en la prensa con una matriz de corte adecuada. Por último se taladrarán los orificios para los tornillos con un taladro.

1. Cortar plancha de chapa de materia prima (plancha de $0,042m^2$)
2. Embutición para conformado
3. Corte de rebabas
4. Taladrado de orificios para tornillos

7.2. El producto final

Debido a la complejidad del conjunto no se han podido explicar detalladamente algunas de las partes del dispositivo. No obstante el modelo se ha completado en CAD al 100 % y sus características constructivas lo hacen totalmente funcional. En la figura 7.16 podemos ver el dispositivo ensamblado.

⁴Proceso de conformación por deformación, en que una chapa plana, delgada, adopta una forma hueca, sin pliegues ni adelgazamiento excesivo, mediante un punzón y matriz.

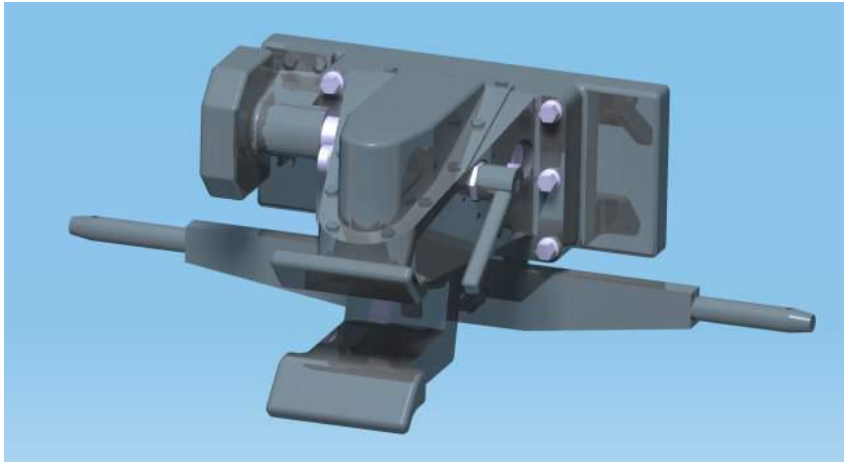


Figura 7.16: Imagen del dispositivo ensamblado.

Como hemos ya hemos indicado en otros capítulos este dispositivo se monta sobre la bancada trasera del tractor. Podemos ver una simulación de cuál sería su posición final en la figura 7.17.



Figura 7.17: Simulación de la instalación del dispositivo sobre un tractor.

7.3. Planos de fabricación

En las siguientes páginas podemos ver los planos en los cuales se detallan las distintas superficies y elementos a tratar de las piezas más importantes del conjunto. En ellos se indica el nombre de la pieza y su escala.

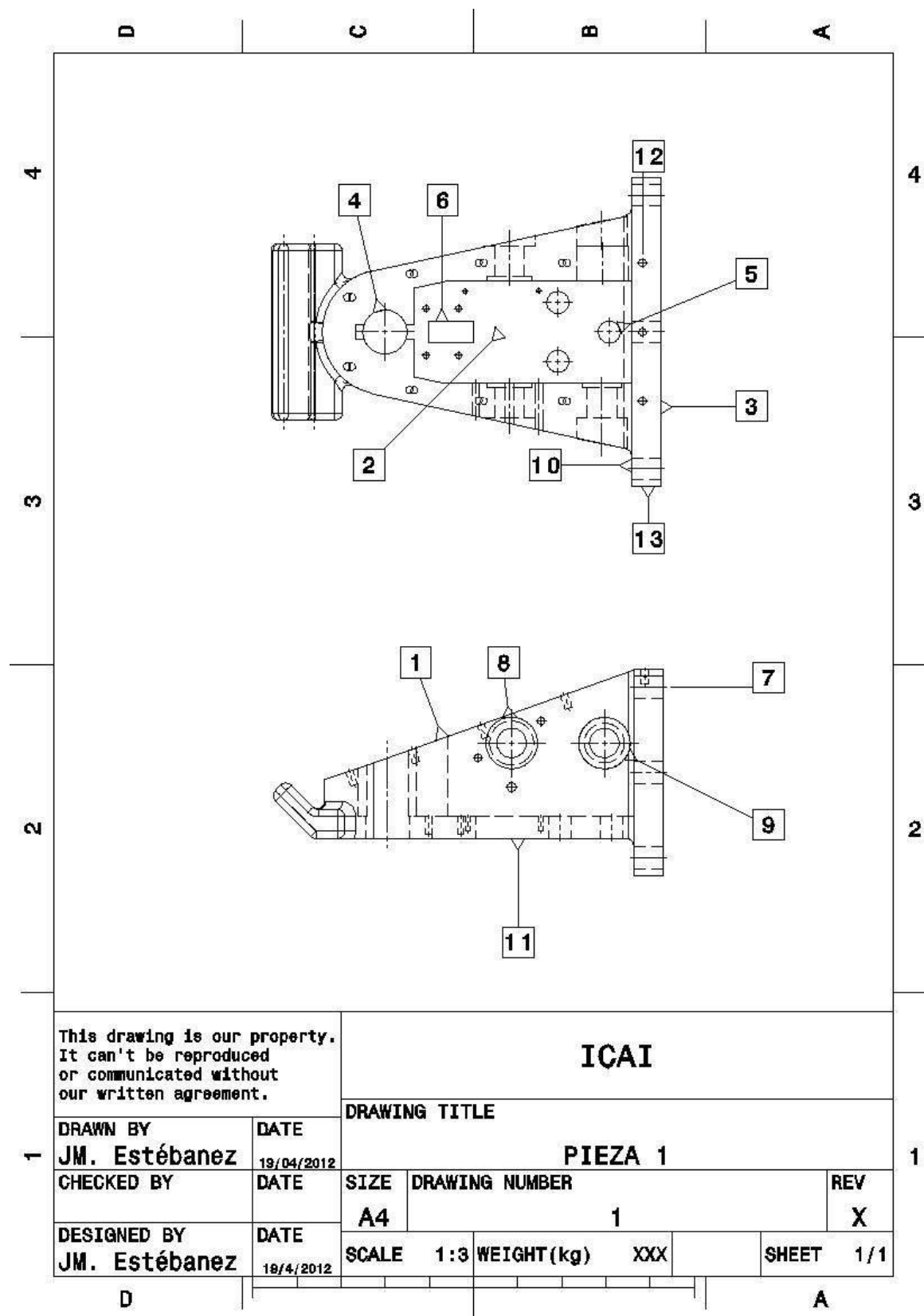


Figura 7.18: Plano de pieza 1.

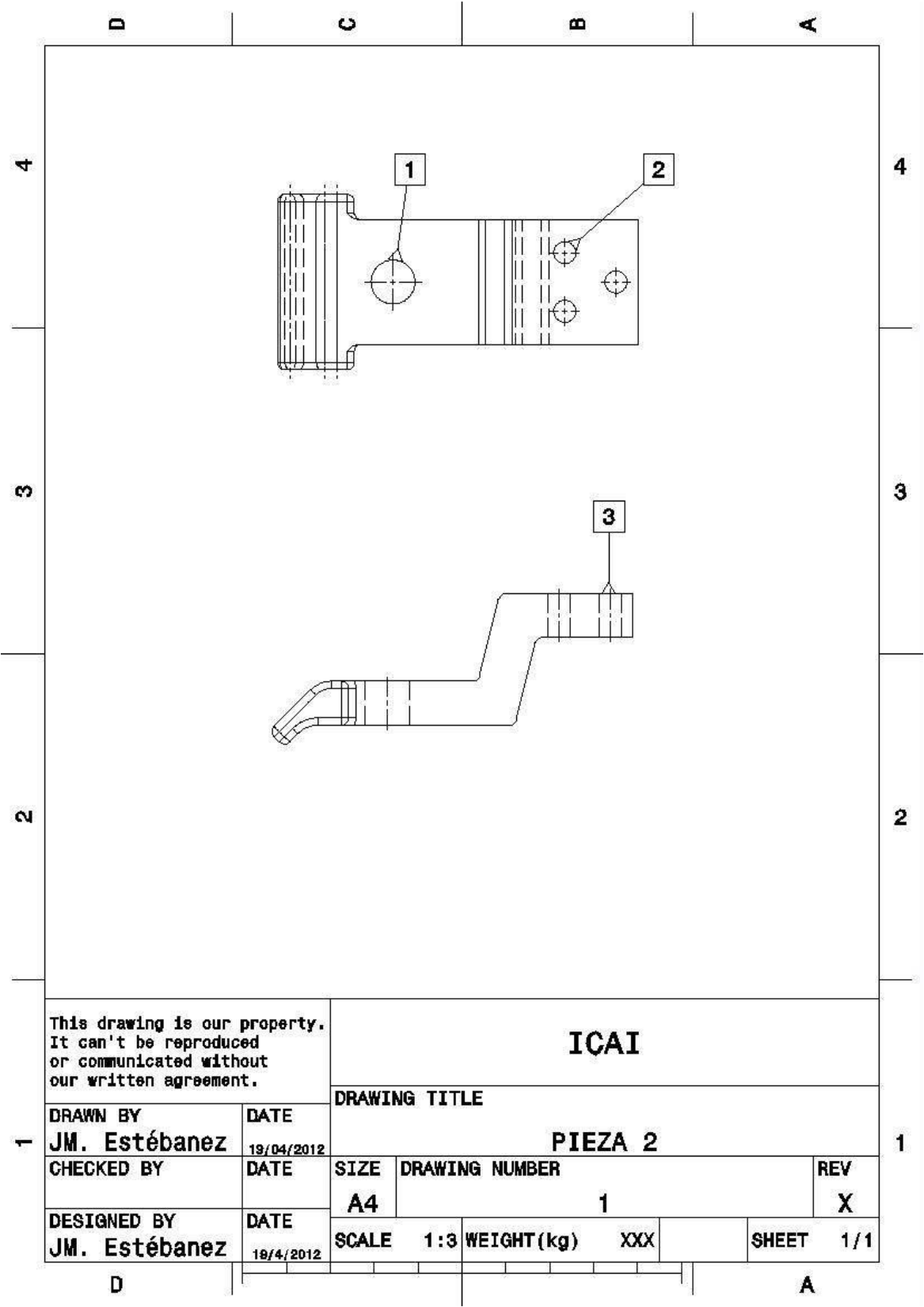


Figura 7.19: Plano de la pieza 2.

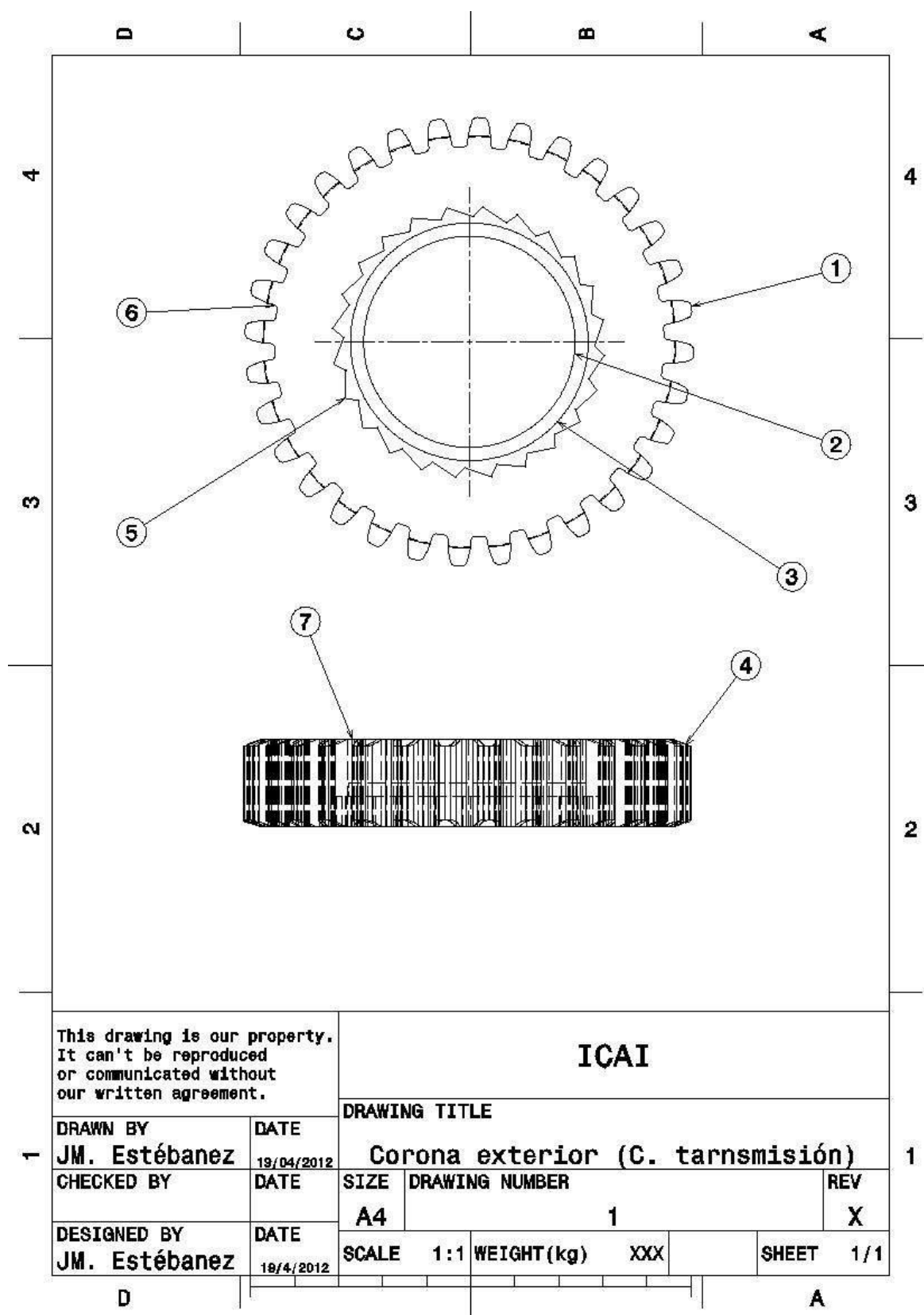


Figura 7.20: Plano de la corona exterior.

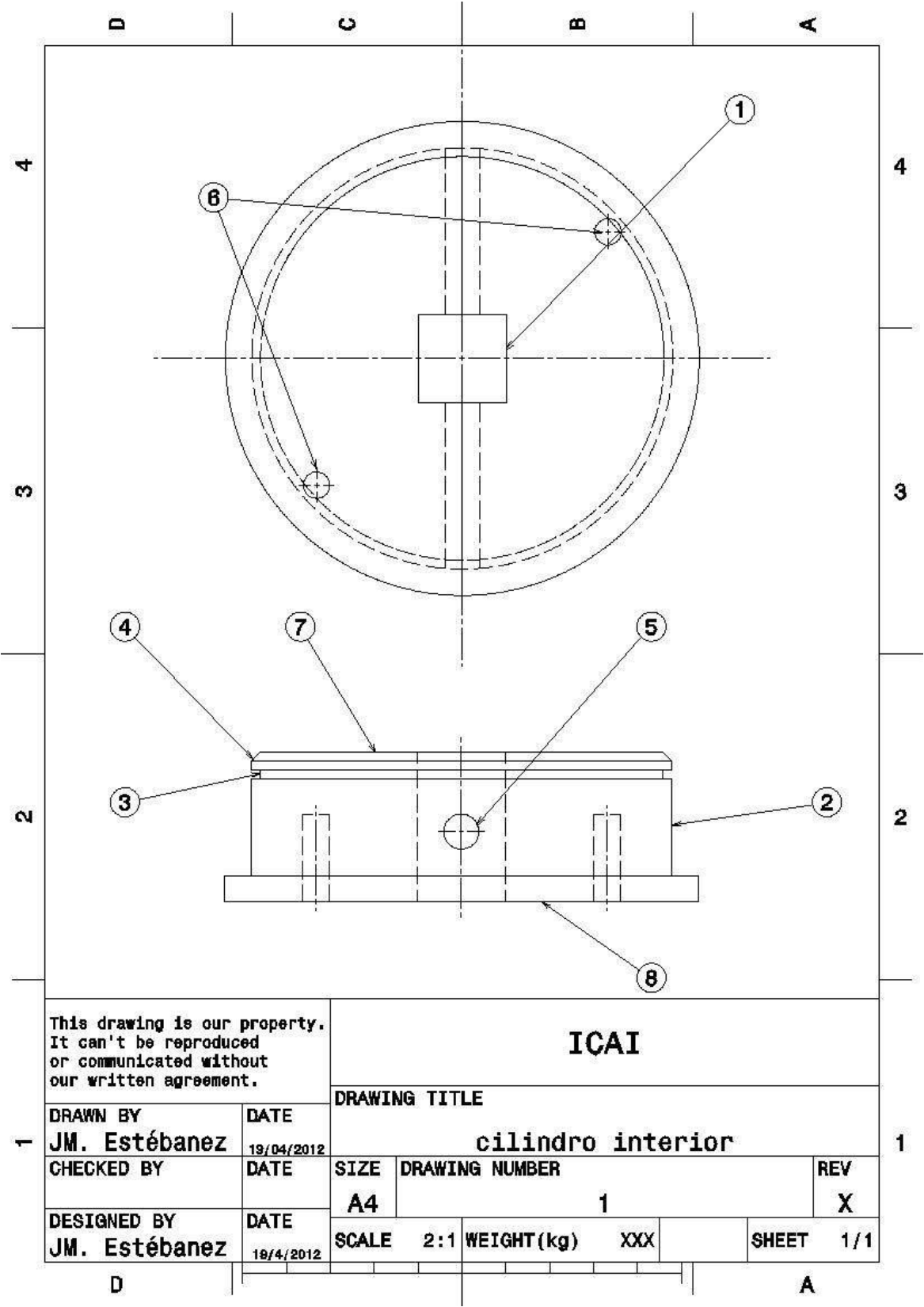


Figura 7.21: Plano del cilindro interior perteneciente a la corona de transmisión.

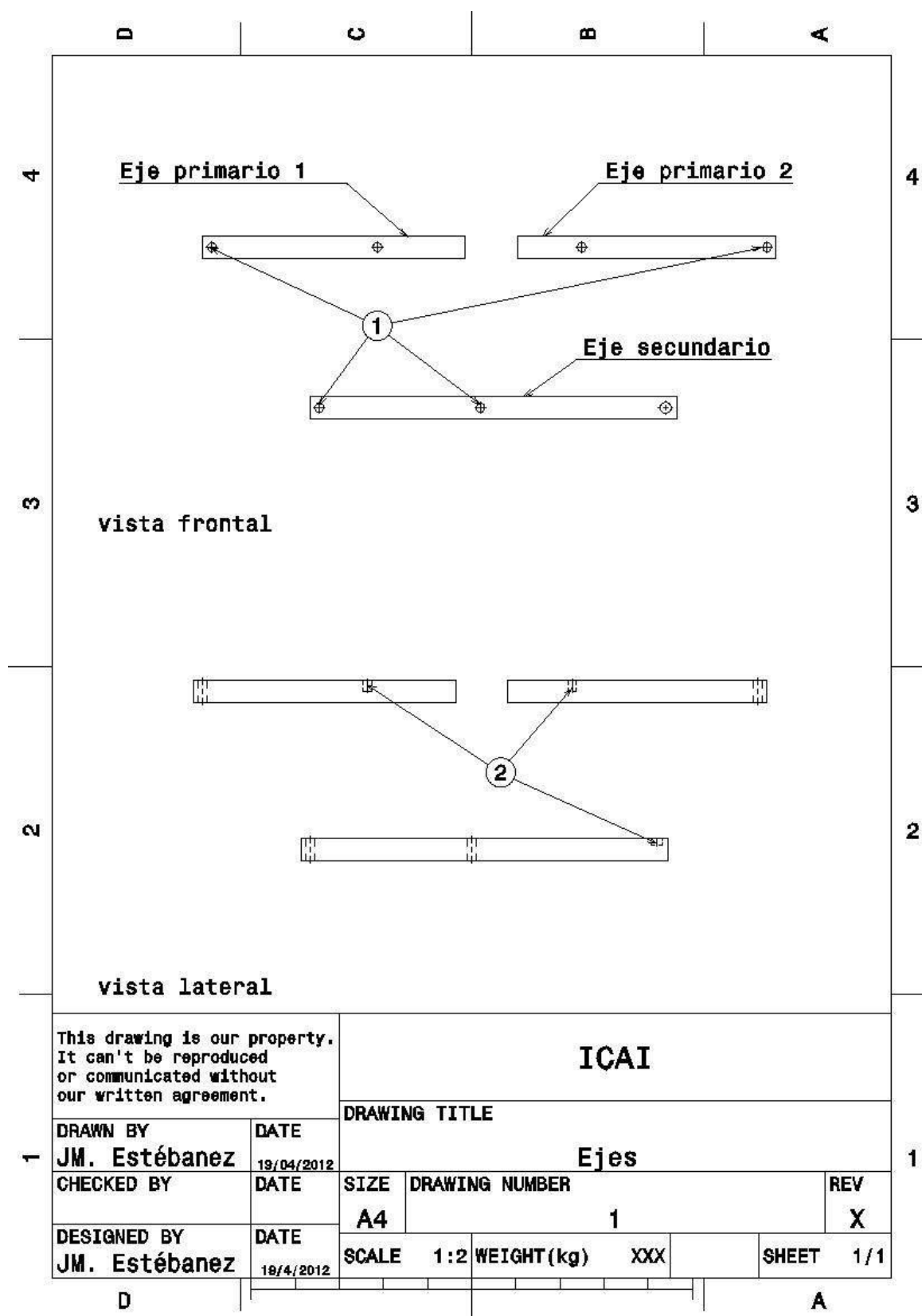


Figura 7.22: Plano de los ejes del conjunto.

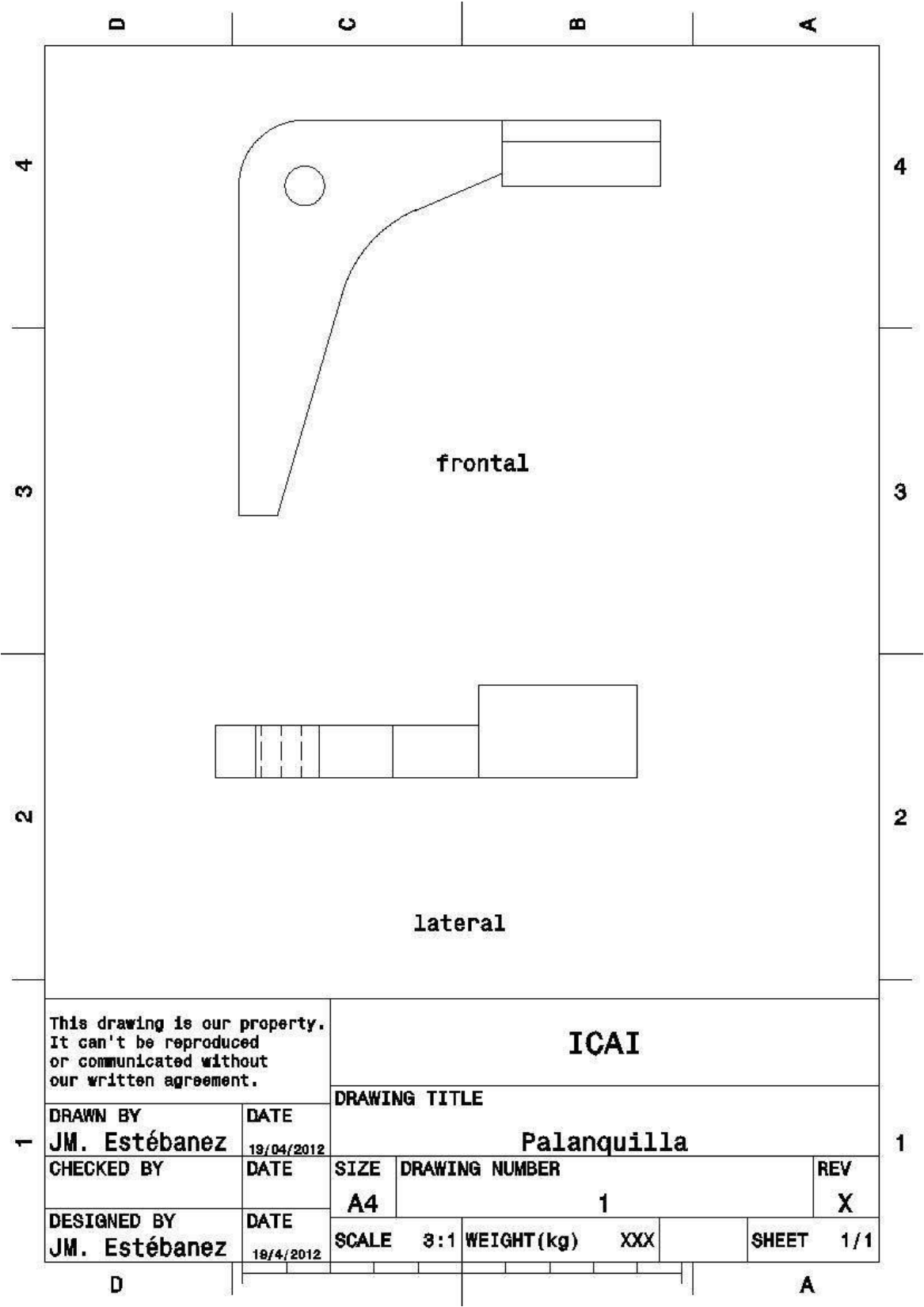


Figura 7.23: Plano de una palanquilla de la corona de transmisión.

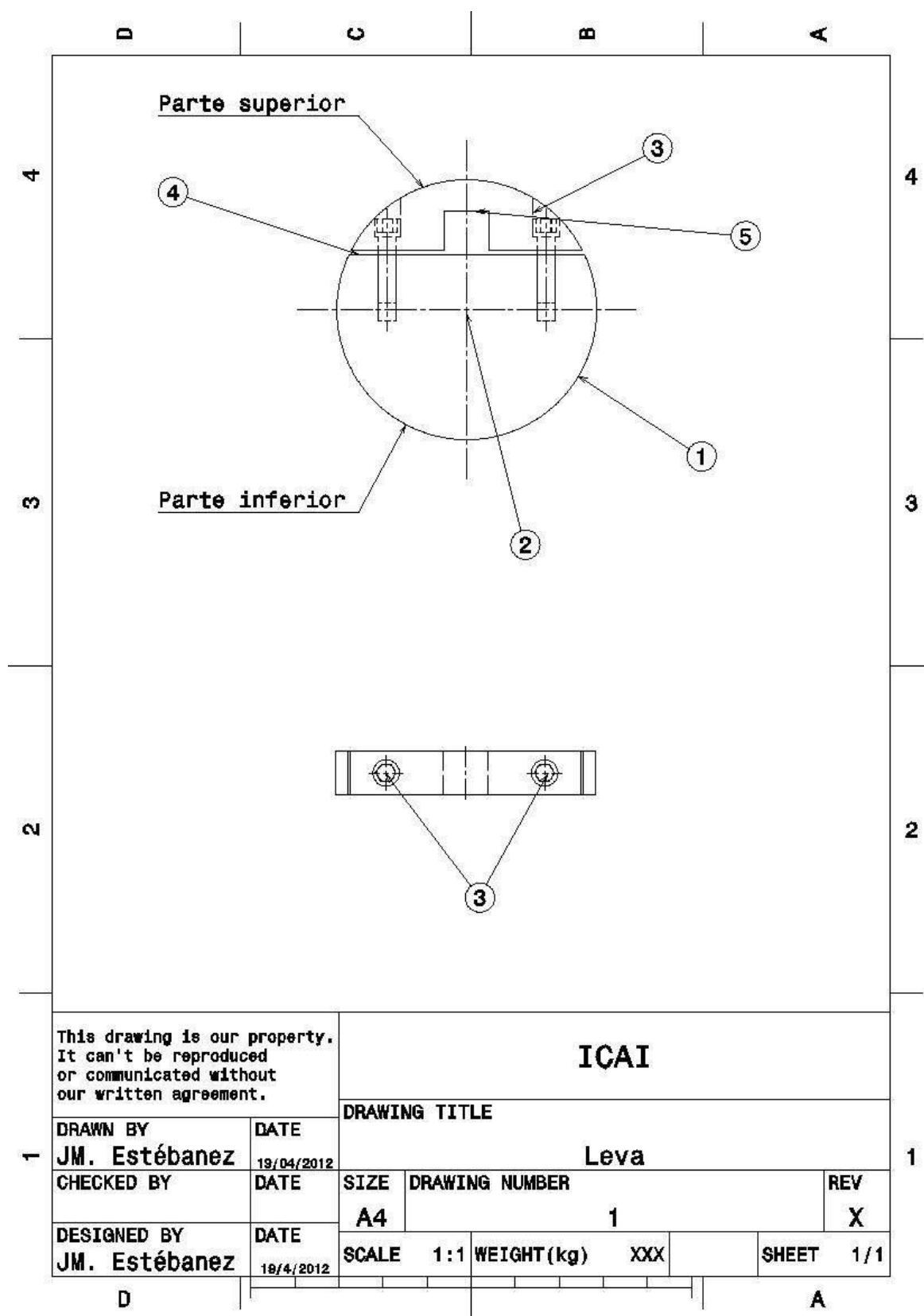


Figura 7.24: Plano de la leva con sus tornillos.

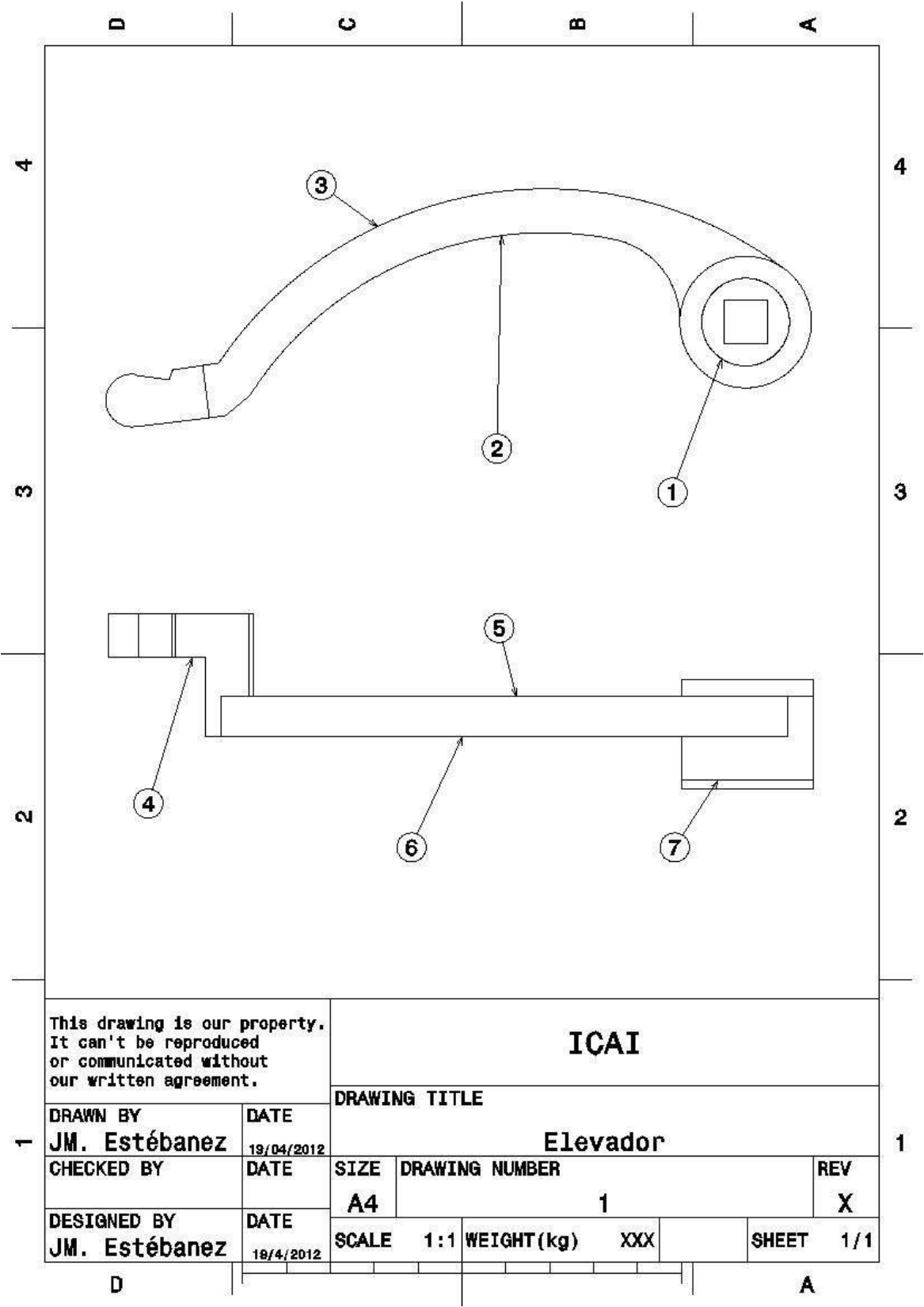


Figura 7.25: Plano del elevador.

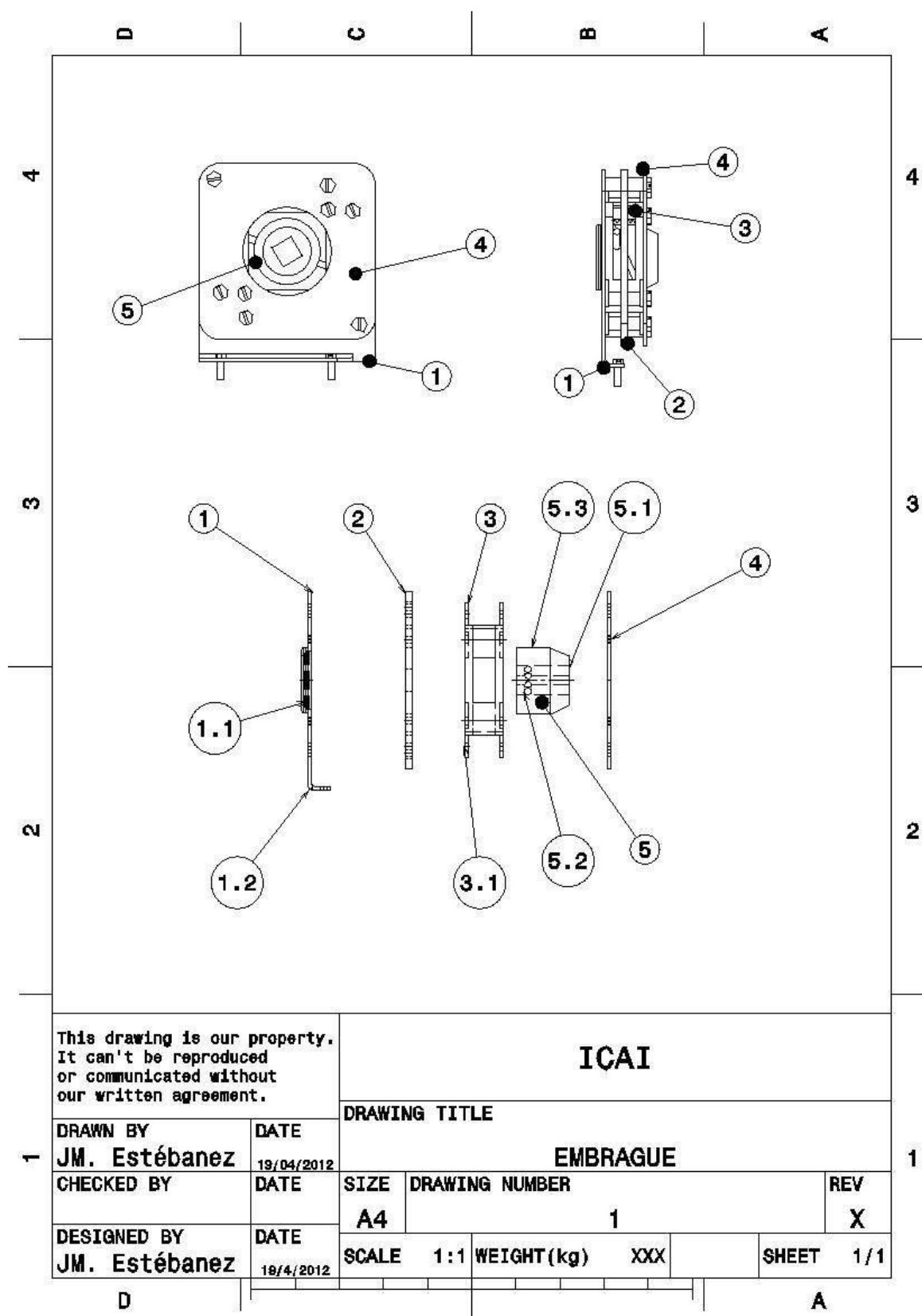


Figura 7.26: Plano de fabricación del embrague.

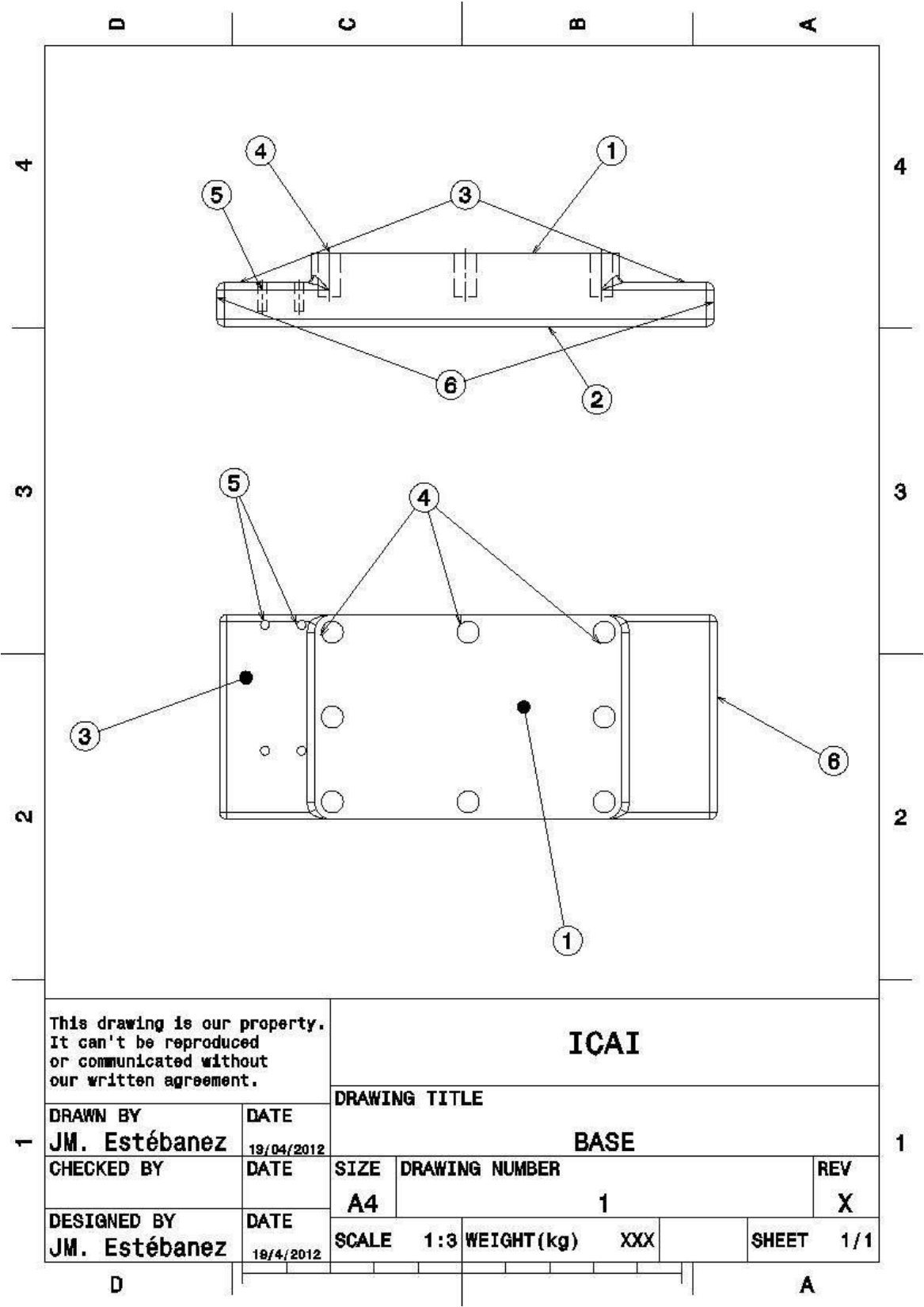


Figura 7.27: Plando de fabricación de la base.

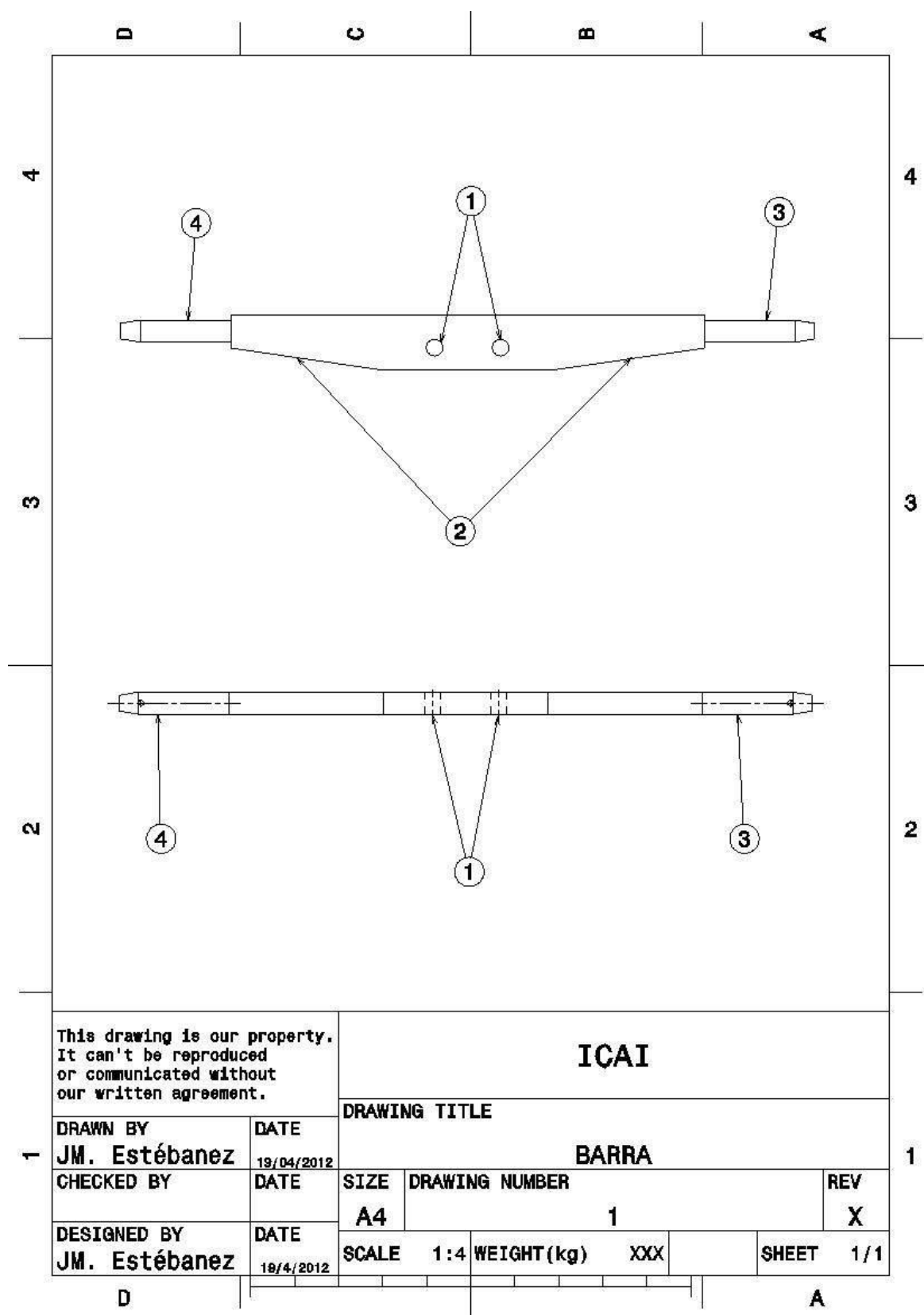


Figura 7.28: Plano de la barra que une los brazos del tractor con la base del enganche.

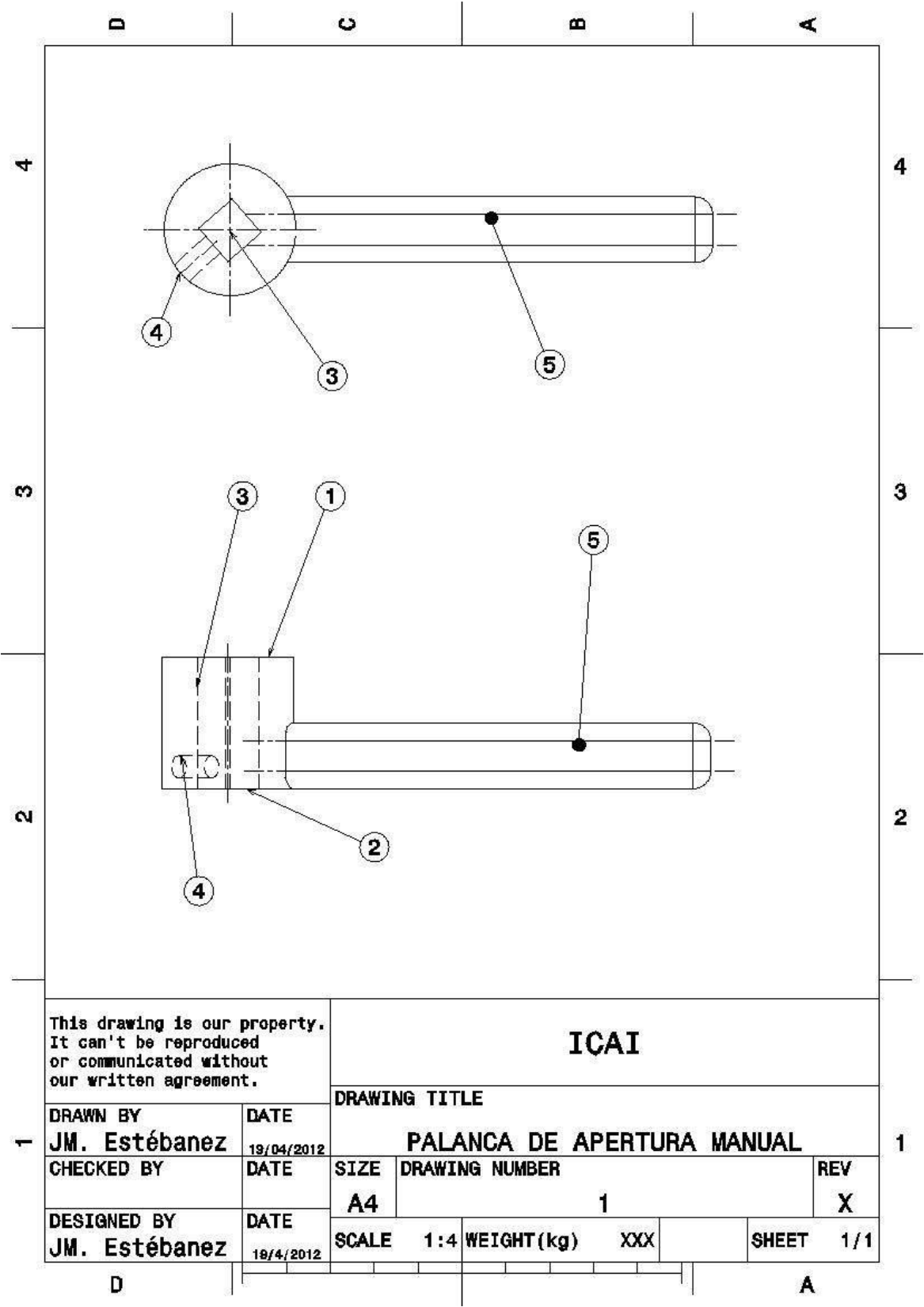


Figura 7.29: Plano de la palanca de apertura manual.

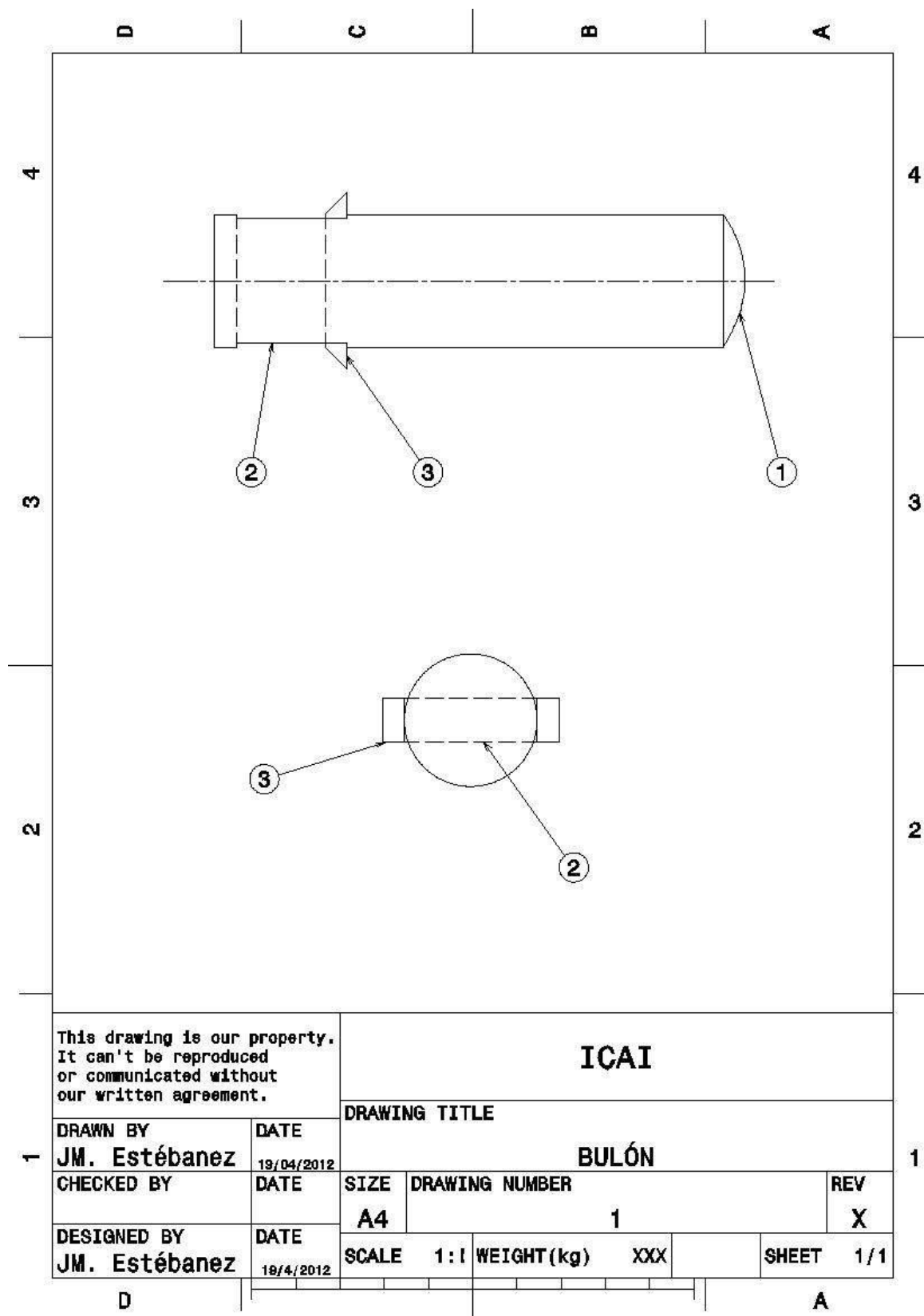


Figura 7.30: Plano de fabricación del bulón.

Capítulo 8

Análisis de costes y factibilidad del negocio

Después de la fase de diseño de este producto es necesario hacer un estudio de costes para valorar las posibilidades de fabricación y comercialización. Para ello es necesario conocer el coste aproximado que tendría en materias primas, más el coste de mecanizado y mano de obra. Posteriormente sería necesario realizar un estudio de viabilidad para ver en qué medida las posibles ventas harían rentable su producción.

8.1. Análisis de costes

En este apartado vamos a tratar de imputar un coste aproximado a cada pieza así como el coste aproximado del conjunto tras el montaje. Para ello vamos a partir de unas bases de coste: coste del kilogramo de acero, coste de hora-máquina herramienta y coste de mano de obra.

Concepto	Coste (€)
kg de acero	2,5
h máquina herramienta	30
h mano de obra	10

Tabla 8.1: Bases para el cálculo de costes

8.1.1. Coste de materiales

Gracias a CATIA podemos determinar el peso teórico de cada pieza, para ello hemos dotado a todas las piezas de las cualidades del acero, la densidad de éste es 7860 Kg/m^3 . No todas las piezas serán contabilizadas en esta tabla ya que muchas son piezas estandarizadas y se adquieren ya fabricadas. En la tabla 8.2 podemos ver el peso teórico de cada pieza.

Pieza	Peso
Pieza 1 (soporte superior)	13,419 kg
Pieza 2 (soporte inferior)	5,761 kg
Leva	0,197 kg
Carcasa	0,634 kg
Abrazadera	1,854 kg
Base	21,921 kg
Ejes	0,311 kg
Elevador	0,203 kg
Embrague	0,386 kg
Corona Transmisión	1,027 kg
Corona Arrastre	1,105 kg
Piñón	0,087 kg
Bulón	0,609 kg
Palanca apertura	0,299 kg
TOTAL	48,056 kg

Tabla 8.2: Peso de los principales componentes del dispositivo

A pesar de que conocemos el peso exacto de cada pieza, el material a utilizar en su construcción es superior al calculado, esto es debido a los factores de desperdicio de material y a la tasa de piezas defectuosas que se pueden atribuir a cada pieza individualmente. Vemos estos factores en la tabla 8.3.

El siguiente paso es aplicar estos factores para obtener la cantidad final de acero estimada para fabricar cada pieza. Para ello emplearemos la siguiente ecuación (8.1) :

FD = Factor de Desperdicio

TF = Tasa de Fallos

X = Peso aplicando FD

Y = Peso aplicando TF

Pieza	Factor de desperdicio	Tasa de defectuosos
Pieza 1 (soporte superior)	0,13	0,02
Pieza 2 (soporte inferior)	0,12	0,01
Leva	0,05	0,02
Carcasa	0,1	0,04
Abrazadera	0,1	0,01
Base	0,13	0,01
Ejes	0,005	0,01
Elevador	0,5	0,02
Embrague	0,2	0,01
Corona Transmisión	0,1	0,03
Corona Arrastre	0,1	0,03
Piñón	0,1	0,03
Bulón	0,05	0,01
Palanca apertura	0,05	0,01

Tabla 8.3: Factores de corrección: factor de desperdicio y tasa de piezas defectuosas

PE = Peso exacto de la pieza

$$Y \cdot (1 - FD) \cdot (1 - TF) = PE \longrightarrow Y = \frac{PE}{(1 - TF) \cdot (1 - FD)} \quad (8.1)$$

De esta manera obtenemos unos valores aproximados del material a contabilizar en la imputación de costes a cada pieza. En la tabla 8.4 podemos ver estos datos.

Una vez calculada la cantidad de material imputable a cada pieza sólo queda multiplicar el peso de la pieza por el precio/kg de acero. De esta forma obtenemos el precio final imputable al consumo de acero como materia prima en la fabricación del dispositivo. Vemos estos datos en la tabla 8.5.

De la tabla 8.5 obtenemos que el precio total aproximado del material a emplear será de **138 Euros**. Además del acero que se emplea en el mecanizado de las piezas hay que contabilizar los otros elementos a utilizar, estos son: espárragos, tornillos, arandelas y casquillos. Vemos una relación de estas piezas, su cantidad, su coste unitario y su coste total en la tabla 8.6.

Una vez determinado el coste de las piezas que se compran ya fabricadas podemos determinar el coste total aproximado del material empleado en el

Pieza	Peso estimado
Pieza 1 (soporte superior)	15,738 kg
Pieza 2 (soporte inferior)	6,612 kg
Leva	0,211 kg
Carcasa	0,733 kg
Abrazadera	2,08 kg
Base	25,45 kg
Ejes	0,315 kg
Elevador	0,218 kg
Embrague	0,487 kg
Corona Transmisión	1,176 kg
Corona Arrastre	1,265 kg
Piñón	0,099 kg
Bulón	0,647 kg
Palanca apertura	0,317 kg
Total	55,357 kg

Tabla 8.4: Peso de cada pieza tras aplicar factores de corrección

dispositivo, éste será de $138,393 + 29,8 = 168,193\text{€}$.

8.1.2. Coste de mecanizado

El siguiente paso es determinar cuál es el coste de conformado y mecanizado. Para ello vamos a utilizar un coste medio estimado de máquina-herramienta por hora de **30 €**, en este coste se incluye energía consumida, desgaste de herramienta, gasto de lubricante y amortización de la máquina-herramienta. Según las operaciones a realizar vamos a estimar un tiempo de mecanizado para cada pieza, de esta forma podremos estimar el coste total de mecanizado del dispositivo. Vemos esta relación de tiempos y costes en la tabla 8.7.

Para calcular este coste también hay que tener en cuenta la Tasa de Fallos, es decir, el número de piezas que salen defectuosas por cada 100 piezas producidas. De esta forma imputamos el coste de las piezas defectuosas al resto de la producción (Ecuación 8.3). Para ello vamos a calcular la **Tasa de Fallos Media** a partir de la tasa de fallos asignada a cada pieza. Para obtener este dato hayamos la media aritmética de las Tasas de Fallos (Ecuación 8.2).

Pieza	Coste (€)
Pieza 1 (soporte superior)	39,34
Pieza 2 (soporte inferior)	16,53
Leva	0,529
Carcasa	1,834
Abrazadera	5,20
Base	63,62
Ejes	0,789
Elevador	0,545
Embrague	1,21
Corona Transmisión	2,94
Corona Arrastre	3,164
Piñón	0,249
Bulón	1,618
Palanca apertura	0,794
Total	138,393

Tabla 8.5: Precio del acero utilizado en la fabricación del dispositivo

Pieza	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Espárragos M15X20	7	2,2	15,4
Tornillos M5X12	12	0,5	6
Casquillos D22X26	4	0,3	1,2
Tornillos M6X25	4	0,9	3,6
Tornillos M3X20	10	0,3	3
Arandelas	6	0,1	0,6
		TOTAL	29,8

Tabla 8.6: Desglose de elementos auxiliares y sus precios

$$TFM = \frac{\sum TF_1 + TF_2 + TF_3 + \dots}{N^{\circ}piezas} \longrightarrow \frac{0,02 + 0,01 + 0,02 + \dots}{15} = 0,017333 \quad (8.2)$$

Y aplicando la fórmula anteriormente utilizada para calcular el coste total:

Y = Coste después de imputar unidades defectuosas

X = Coste antes de imputar unidades defectuosas

$$Y \cdot (1 - TFM) = X \longrightarrow Y = \frac{X}{(1 - TFM)} \quad (8.3)$$

Pieza	Tiempo (min)	Coste de mecanizado (€)
Pieza 1 (soporte superior)	50	25
Pieza 2 (soporte inferior)	20	15
Leva	20	15
Carcasa	5	3,75
Abrazadera	30	22,5
Base	40	30
Ejes	2	1,5
Elevador	20	15
Embrague	50	37,5
Corona Transmisión	30	22,5
Corona Arrastre	30	22,5
Piñón	20	15
Bulón	10	7,5
Palanca apertura	20	15
Total	347	247,75

Tabla 8.7: Tiempo estimado de mecanizado de cada pieza y coste

El coste final de mecanizado estimado será de:

$$\frac{247,75}{0,98266} = 252,12 \text{ €}$$

8.1.3. Coste de mano de obra

Por último queda añadir el coste de la mano de obra a utilizar en la fabricación. Para poder imputar el coste de mano de obra vamos a fijar un sueldo medio hombre/hora de 10 Euros. Vamos a tener en cuenta la estimación de tiempo de mecanizado de cada pieza, la estimación de tiempo de montaje del dispositivo y el tiempo de descanso del trabajador (fijado por la Organización Internacional del Trabajo en un 12 %). Este 12 % se imputará al coste de las otras actividades de la siguiente manera (Ecuación 8.4):

Y = Coste después de aplicar el 12 % de la OIT

X = Coste antes de aplicar el 12 % de la OIT

$$Y = \frac{X}{(1 - 0,12)} \quad (8.4)$$

Podemos ver el desglose de estos costes en la tabla 8.8.

Concepto	Tiempo (min)	Coste (Euros)	Coste aplicando 12 % (€)
Operación máquinas	347	57,83	65,71
Montaje	25	4,16	4,74
Total	372	62	70,45

Tabla 8.8: Costes de mano de obra estimados

8.1.4. Coste estimado total de fabricación del dispositivo

El coste estimado total de fabricación del dispositivo será la suma de los tres datos obtenidos en los apartados anteriores. Sin duda a la fabricación de este producto habría que imputarle otros costes de producción como amortización de infraestructuras, gastos corrientes, administración, licencias, impuestos...Vamos a considerar estos costes dentro de los costes aproximados calculados.

Como muestra la tabla 8.9, el coste aproximado de producción del dispositivo sería de 490,76 €.

Concepto	Coste unitario (€)
Coste de materiales	168,19
Coste de mecanizado	252,12
Coste de mano de obra	70,45
Total	490,76

Tabla 8.9: Desglose de los principales costes de fabricación

8.2. Factibilidad de negocio

Tras haber calculado los costes de fabricación vamos a hacer unas estimaciones sobre las distintas posibilidades de obtención de un rendimiento económico de este proyecto.

8.2.1. Creación de una empresa

Una posibilidad a considerar es la creación de una empresa dedicada a la comercialización del dispositivo. La fabricación sería subcontratada a una empresa con experiencia en la realización de herrajes y mecanizados. La empresa creada se dedicaría exclusivamente a la venta y atención al cliente. Los clientes de esta empresa serían los fabricantes de tractores y los particulares que deseen instalar este tipo de dispositivo en sus vehículos.

Una vez planteado este tipo de negocio vamos a determinar la rentabilidad calculada en distintos escenarios de ventas. Para ello hay que fijar los siguientes datos:

- Coste de la patente y de establecimiento de la sociedad, inversión inicial (I_0): 60.000 €
- Coste de fabricación del dispositivo: 490,76 €
- Precio de subcontratación de la fabricación: 40 €
- Coste de operación por unidad: 60 €
- Precio de venta del dispositivo: 650 €
- Ventas anuales de tractores en los países desarrollados: 500.000 unidades
- Tipo de interés: EURIBOR (2 %) + 3,5 % = 5,5 %
- Periodo estimado de recuperación: 10 años

Para fijar el precio de venta de este dispositivo hemos tenido en cuenta el precio de venta de la competencia directa, el Push Back Hitch de Dromone, que tiene un precio de venta de 590 €. El hecho de que nuestro dispositivo es superior en prestaciones nos permite fijar un precio por encima del de la competencia.

La estimación de ventas anuales se ha hecho a partir de los datos de ventas de tractores de potencia superior a los 90 CV, los cuales son susceptibles de incorporar el dispositivo. Estas estimaciones de ventas se corresponden con las ventas en los principales mercados occidentales los cuales utilizan vehículos de estas características. Otros mercados emergentes para vehículos agrícolas como China o India se encuentran actualmente en una explosión de ventas, sin embargo los modelos de tractor occidentales (los superiores a 90 CV) todavía están muy lejos de ser asequibles en estos mercados. A pesar de esto en China la cifra principal de ventas es de 750.000 tractores al año y subiendo. De estos 500.000 son de menos de 25 CV, 200.000 son de entre 25 y 70 CV y sólo unos 50.000 corresponden a tractores de potencia superior, de los cuales la mitad serían tractores susceptibles de incorporar este tipo de enganche. India otro mercado en crecimiento para la agricultura, con una cifra de 300.000 ventas anuales, fabrica y consume tractores bajo licencias europeas antiguas, es decir, en la actualidad consumen tractores de los años 70. Sin embargo en algunas zonas comienza a haber mercado para tractores de prestaciones superiores. Podemos ver los datos de estimación de ventas en la tabla 8.10. Es interesante saber que según la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) sólo un 2 % de los agricultores del planeta posee un tractor, también es interesante saber que de los agricultores que poseen tractores, un 2 % posee un solo tractor, los demás poseen dos o más.

País	Estimación de ventas (unidades)
Norteamérica	250.000
Europa	200.000
Países emergentes	50.000
Total	500.000

Tabla 8.10: Datos de ventas anuales de tractores con potencia superior a 90 CV, datos 2007.

A partir de estos datos vamos a hacer unas estimaciones de la rentabilidad en distintos escenarios de penetración en el mercado.

- Pesimista, 0,05 % (5 de cada 10.000 tractores vendidos)
- Medio, 0,1 % (1 de cada 1000 tractores vendidos)
- Optimista, 1 % (1 de cada 100 tractores vendidos)

Para estimar estos datos de rentabilidad vamos a calcular el VAN y el TIR en cada caso.

El VAN se formula según la ecuación 8.5.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+K)^t} - I_0 \quad (8.5)$$

siendo:

I_0 = Inversión inicial

V_t = Flujos de caja en cada año

t = tiempo estimado de duración del proyecto

K = Tipo de interés

El TIR se calcula como el tipo de interés para el cual el VAN es igual a cero.

En la tabla 8.11 podemos ver la estimación de ventas distribuidas uniformemente durante los primeros 10 años, como vemos las estimaciones son modestas comparadas con el mercado.

Escenario	Penetración en el mercado	ventas (unidades)
Pesimista	0,005 %	15.000
Medio	0,1 %	30.000
Optimista	1 %	300.000

Tabla 8.11: Resultados obtenidos a partir del cálculo de VAN y TIR

En la tabla 8.12 podemos ver los resultados del VAN y el TIR calculados a partir de los datos anteriores.

Escenario	Flujos de caja anuales (€)	VAN	TIR
Pesimista	15.000	13.000	8,145 %
Medio	30.000	126.129	27,320 %
Optimista	300.000	2.161.288	300 %

Tabla 8.12: Resultados obtenidos a partir del cálculo de VAN y TIR

Se ha calculado que el número de unidades mínimo que hay que vender cada año durante los primeros diez años para recuperar la inversión es de **222 unidades**.

8.3. Venta de la patente

Otra posibilidad que existe para obtener un rendimiento económico de este proyecto es vender la patente. Para ello es necesario suscitar el interés de las diferentes compañías susceptibles de adquirir los derechos de comercialización de un artículo de este tipo. Estas serían fabricantes de tractores, fabricantes de maquinaria agrícola y fabricantes de herrajes.

Para realizar esta venta es necesario hacer algunos trámites en primer lugar:

- Realización de un ITP (Informe Técnico de Patentes): 520 €
- Tramitación del proceso de Patente 1500 €
- Redacción de patente nacional (si procede) 2500 €
- Patente internacional global 70.000 €(cifra aproximada)

8.3.1. Venta de la patente en su integridad

Si se ha obtenido la patente nacional existen dos opciones:

1. Vender la patente nacional a una empresa que abone el coste de la patente internacional
2. Asumir el coste de la patente internacional

En el segundo caso el precio de venta de la patente deberá ser muy superior debido a que el propietario ha asumido el riesgo invirtiendo su dinero en la ampliación internacional de la patente.

Una vez obtenida la patente nacional o internacional existen varias posibilidades:

1. Venta de la patente nacional a una empresa nacional (muy arriesgado en España por la posible vulneración de derechos)
2. Venta de la patente nacional a una empresa multinacional (no tan arriesgado)

8.3.2. Venta de la patente con royalties

Otra opción es vender la patente estipulando el pago de royalties al autor. Esta opción le permite al autor recibir unos ingresos que van en proporción a los beneficios de ventas obtenidos por la empresa que adquiere los derechos de comercialización.

De nuevo hacemos una previsión de la posible inversión a realizar:

- Royalties: 5 % del P.V.P
- Inversión inicial: trámites patente internacional 74.500 €
- Precio de venta del dispositivo: 650 €
- Ventas anuales de tractores en los países desarrollados: 500.000 unidades
- Tipo de interés: EURIBOR (2 %) + 3,5 % = 5,5 %
- Periodo estimado de recuperación: 10 años

De nuevo volvemos a proponer los diferentes escenarios de ventas:

1. Pesimista 0,05 %
2. Medio 0,1 %
3. Optimista 1 %

En la tabla 8.13 vemos los resultados del VAN y el TIR referidos a las ventas expresadas en la tabla 8.11.

Escenario	Flujos de caja anuales (€)	VAN	TIR
Pesimista	8.125	-13.257	1,610 %
Medio	16.250	47.986	17,440 %
Optimista	162.500	1.150.364	218 %

Tabla 8.13: Resultados de VAN y TIR para la inversión de patente internacional

En este caso la cantidad mínima que habría que vender por año sería de **305 unidades**.

8.4. Conclusiones extraídas del estudio

A la vista de los resultados obtenidos a partir de las dos suposiciones (creación de una empresa y venta de patente), se extrae que la primera opción, es mucho más rentable que la segunda, pero también implica un riesgo superior.

Como vemos, incluso teniendo en cuenta las situaciones más desfavorables, el éxito de este negocio puede producir una alta rentabilidad para el inversor. A pesar de los números aquí obtenidos, el posible éxito comercial de este producto dependerá en gran medida de la capacidad de éste para diferenciarse de sus competidores y demostrar su superioridad técnica.

Capítulo 9

Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos en esta memoria se puede decir que el trabajo de diseño ha sido altamente satisfactorio. A través de los distintos capítulos se observa la evolución del diseño, lo que en un principio eran bocetos de ideas inconexas es ahora un producto terminado y mejorado.

Las distintas simulaciones tanto cinemáticas como de esfuerzos corroboran la funcionalidad del diseño, que ha pasado estas pruebas sin ningún tipo de problema. No obstante en futuras reingenierías de este dispositivo los aspectos de resistencia podrían ser revisados dado que el exceso de material puede ser objeto de ingeniería de costes. Otros procesos similares de reingeniería podrían optimizar el diseño ahorrando piezas y mejorando prestaciones.

Los dos prototipos que se han realizado son una clara muestra de la funcionalidad y la factibilidad de este proyecto. El primer prototipo se realizó en cartón y a pesar de las limitaciones que presenta este material los resultados tanto de modelado como de funcionamiento fueron altamente satisfactorios. En segundo lugar se ha diseñado un modelo para reproducir en una impresora de prototipado rápido, este modelo muestra de una forma más precisa las características geométricas y las capacidades del dispositivo.

La realización de los prototipos antes mencionados ha ayudado a diseñar procesos de fabricación adecuados para las distintas piezas. No obstante la realización de piezas en cartón o su modelado en impresora 3D tiene pocas similitudes con el proceso de fabricación de piezas metálicas, pues las máquinas de prototipado pueden definir geometrías que las máquina-herramienta no pueden. Por tanto el proceso de fabricación se ha diseñado según las capacidades de las máquinas-herramienta. De este mismo modo se ha pensado en la fabricación de cada pieza para hacer posible su montaje sin necesidad de

soldaduras o deformación del material base.

En lo que se refiere al estudio económico, se puede decir que plantea opciones de futuro muy distintas para esta inversión. Muchos de sus datos han sido recopilados a partir de cifras reales presentes en el proyecto, sin embargo otros, como el precio de mano de obra o de hora de mecanizado, han sido extrapolados de actividades similares y ajustados con el fin de obtener unos resultados coherentes. Es decir, a pesar de que este análisis de viabilidad económica se ha realizado con algunos datos especulativos, los resultados del mismo están dentro del rango de resultados obtenidos para inversiones similares. Obviando los resultados aquí obtenidos, el posible éxito comercial de este producto dependerá en gran medida de la capacidad de éste para diferenciarse de sus competidores y demostrar su superioridad técnica.

La posible comercialización de este dispositivo podría resultar interesante ya que su original forma de operar y su facilidad de manejo lo hacen único en un mercado en el que la variedad e innovación son reducidas. Estas circunstancias nos han llevado a la intención de proteger esta invención con una patente. En estos momentos el proyecto aún se encuentra en proceso de Informe Técnico de Patentes (ITP) a la espera de conocer el resultado de éste.

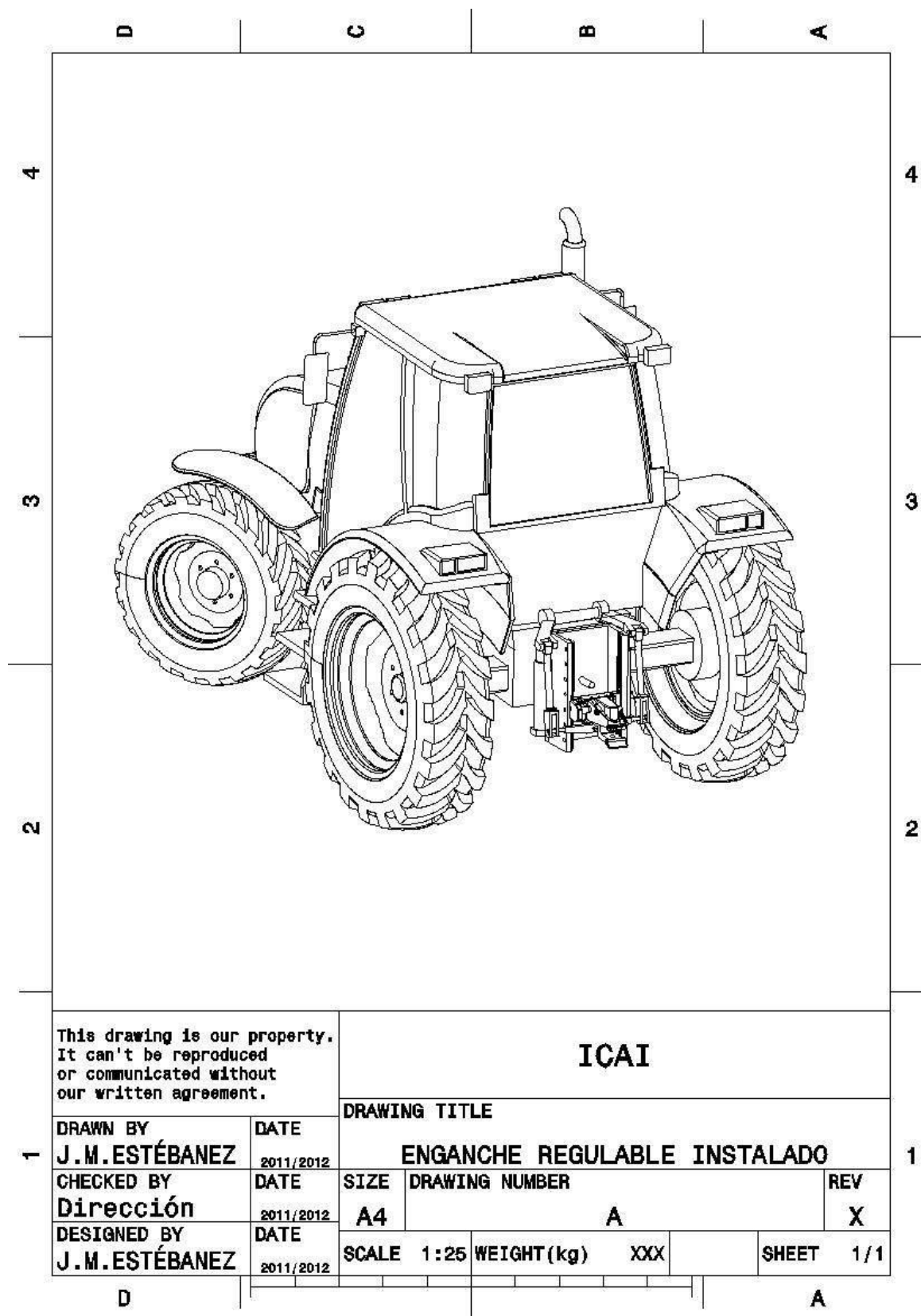
Cuando en septiembre de 2011 se propuso esta idea como proyecto de final de carrera, no se intuyó en ningún momento la dificultad y la cantidad de horas de trabajo que implicaría. Sólo la satisfacción del autor puede igualar el tiempo y esfuerzo invertidos en él. Desde un primer momento éste ha sido un proyecto llevado a cabo con entusiasmo y ambición, esto no hubiera sido así sin la constante dedicación y apoyo de la dirección del proyecto.

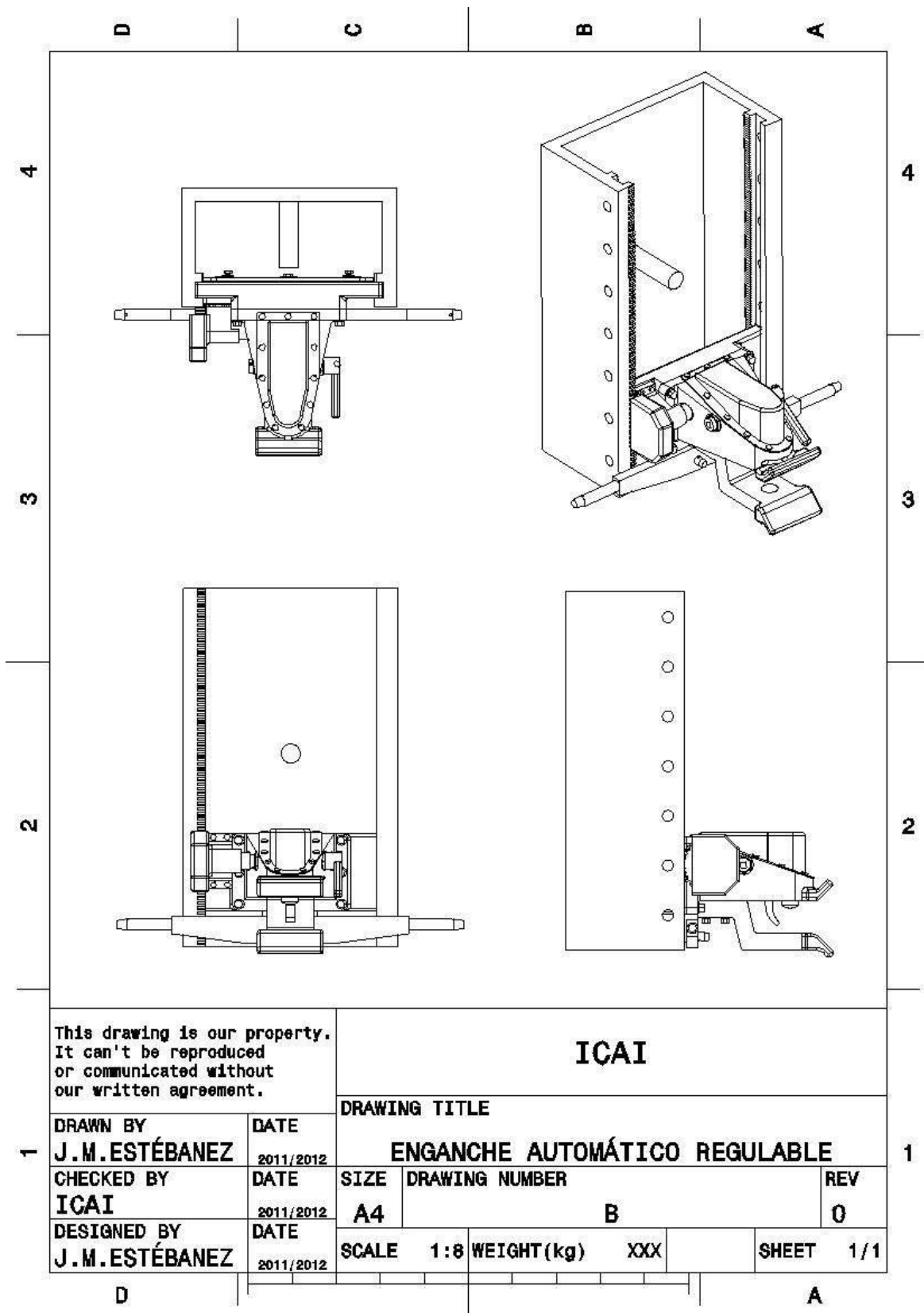
Parte II

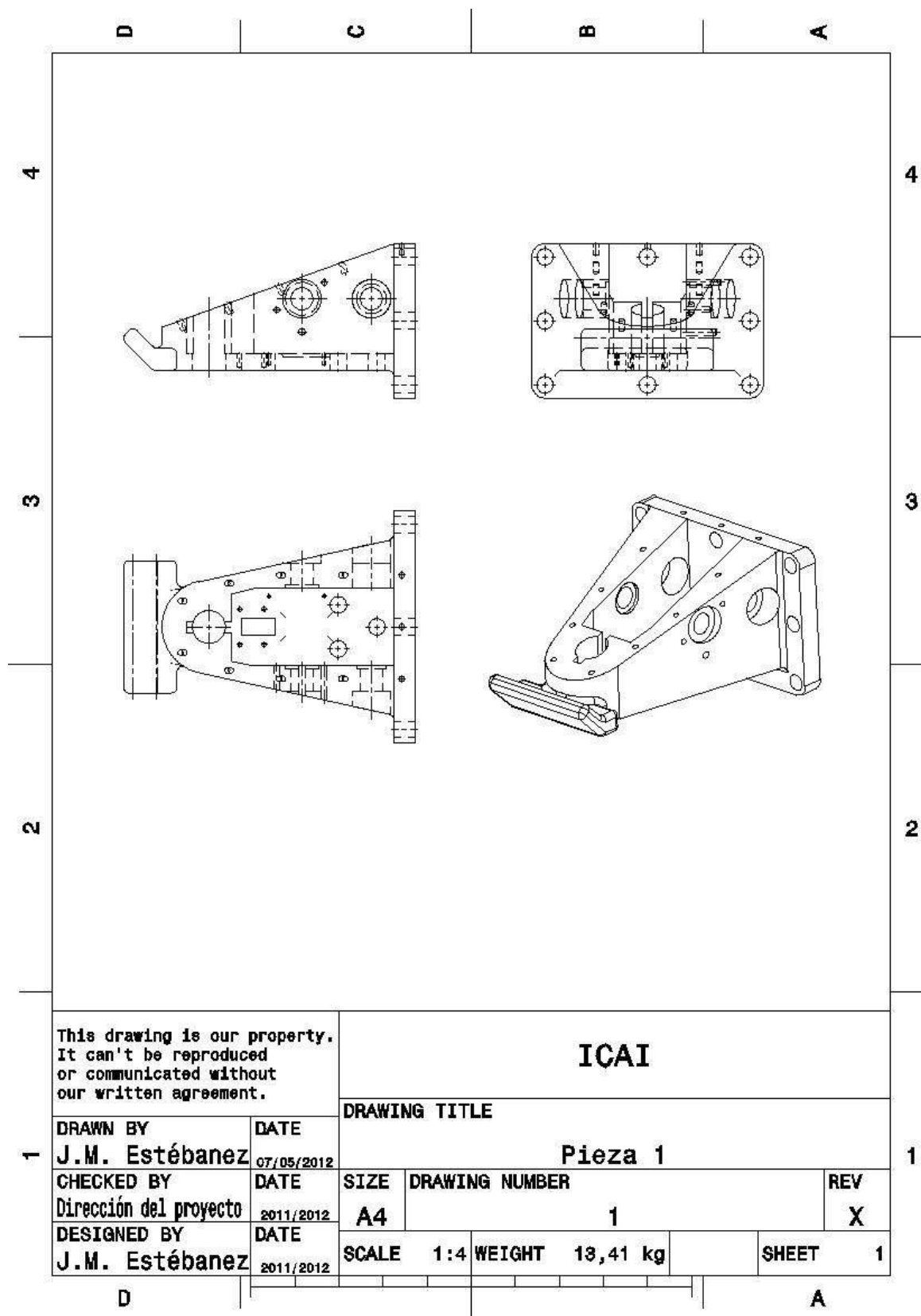
Planos

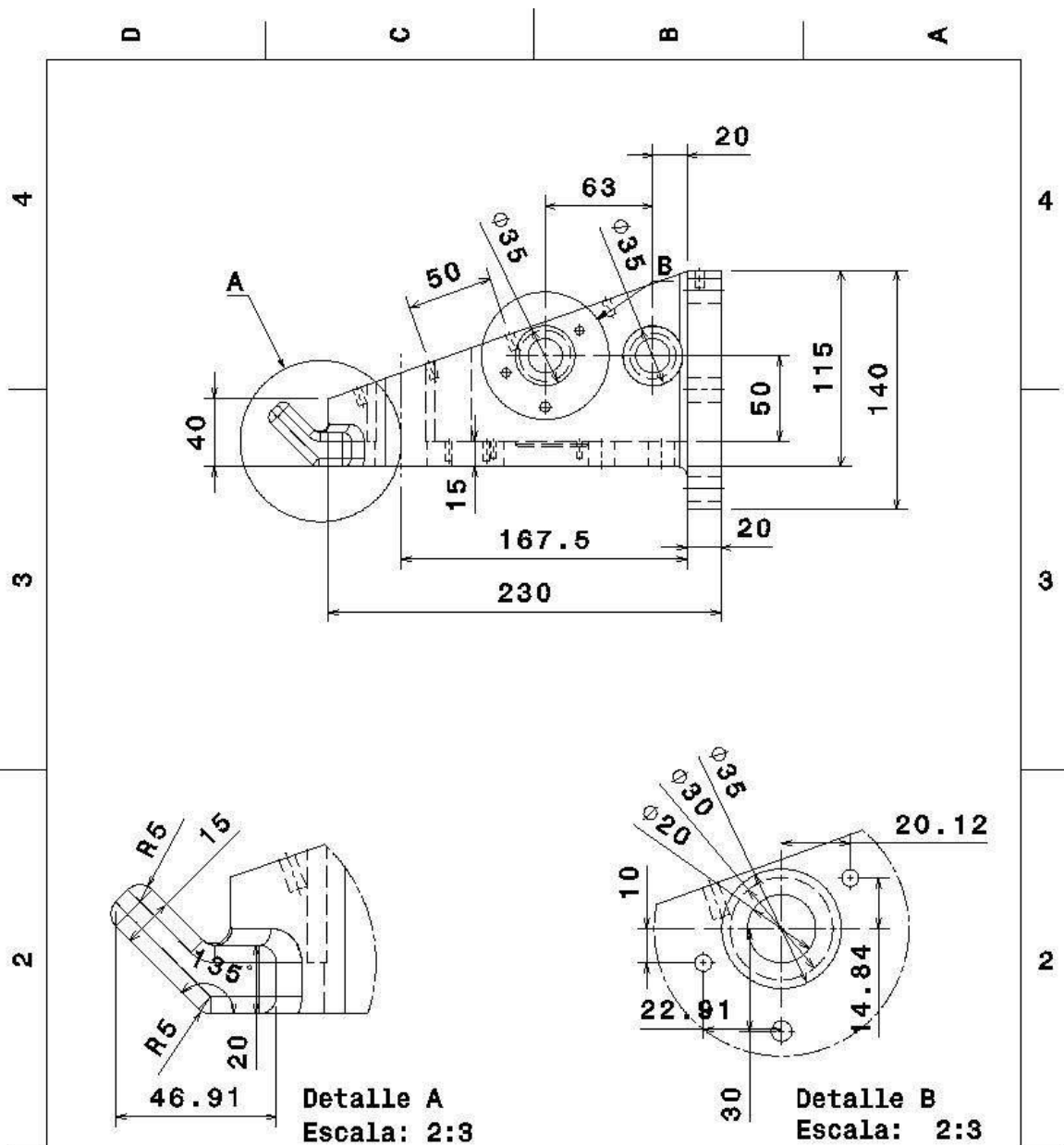
Capítulo 10

Planos constructivos









This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Pieza 1

DRAWN BY

DATE

J.M. Estébanez

07/05/2012

CHECKED BY

DATE

Dirección del proyecto

2011/2012

DESIGNED BY

DATE

J.M. Estébanez

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

1.1

REV

X

SCALE

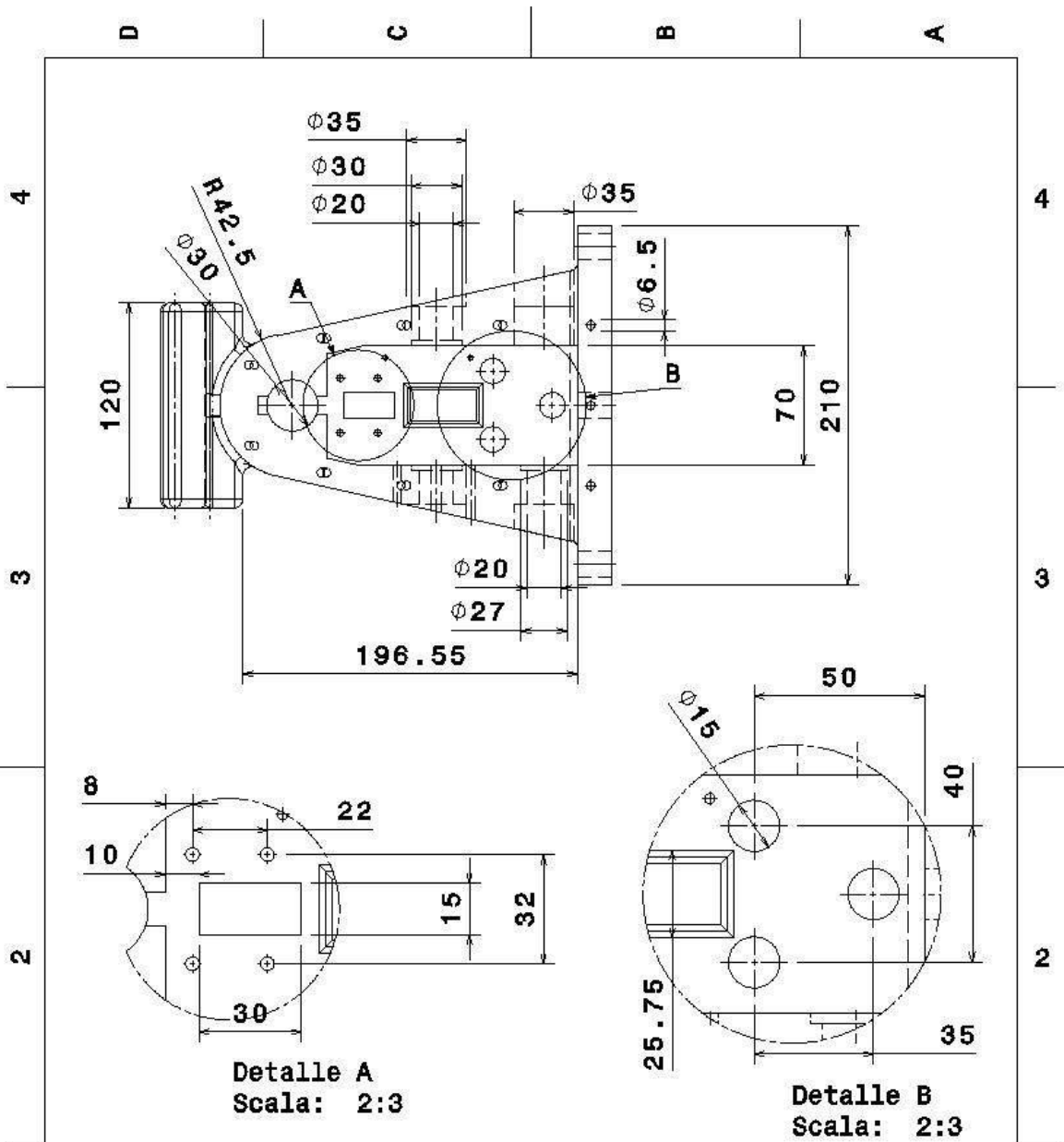
1:3

WEIGHT

13,41 kg

SHEET

2



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

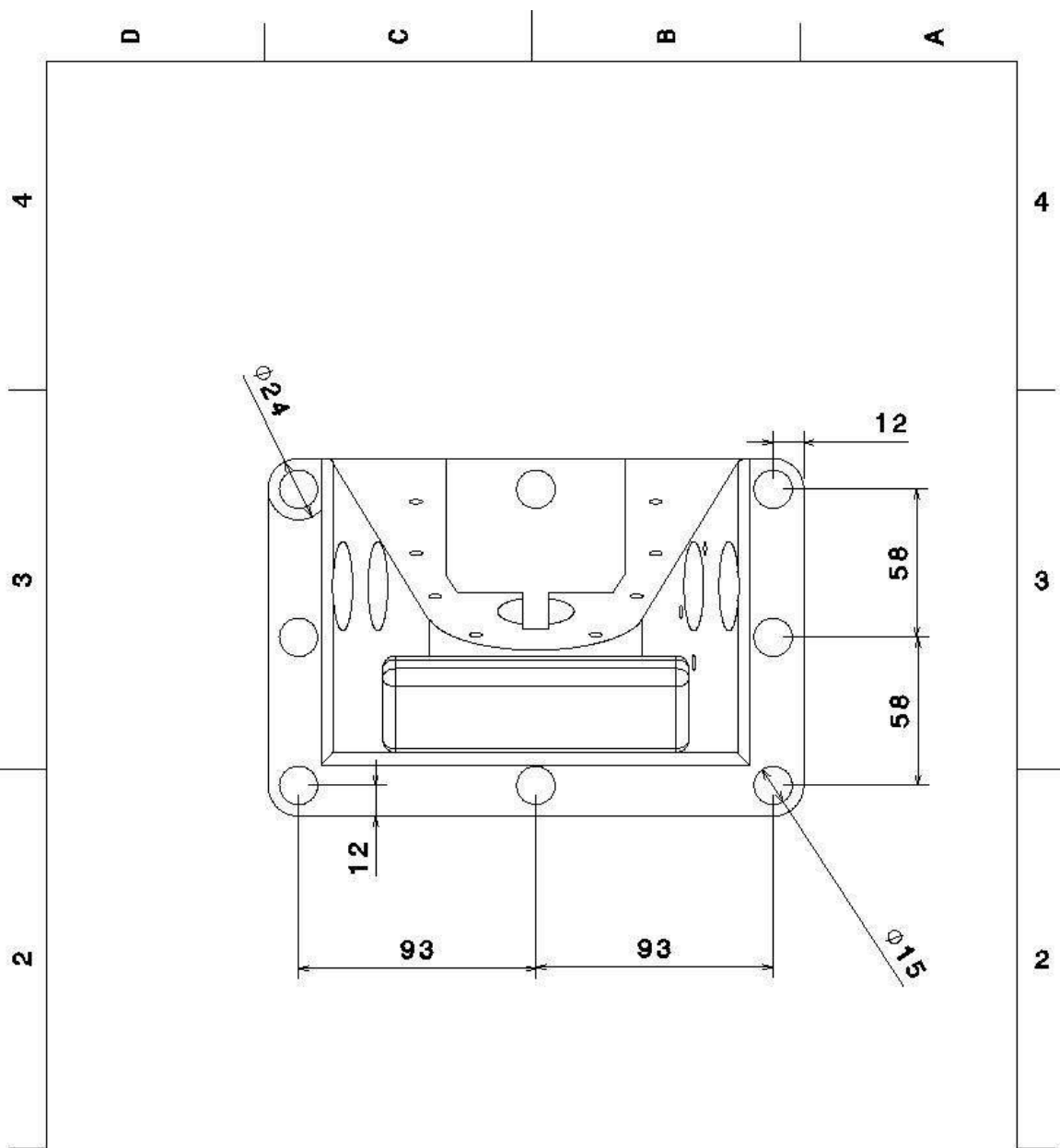
ICAI

DRAWING TITLE

Pieza 1

DRAWN BY
J.M. Estébanez
DATE
07/05/2012
CHECKED BY
Dirección del proyecto
DATE
2011/2012
DESIGNED BY
J.M. Estébanez
DATE
2011/2012

SIZE	A4	DRAWING NUMBER	1.2	REV	X
SCALE	1:3	WEIGHT	13,41 kg	SHEET	3



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Pieza 1

DRAWN BY
J.M. Estébanez

DATE
07/05/2012

CHECKED BY
Dirección del proyecto

DATE
2011/2012

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

1.3

REV
X

DESIGNED BY
J.M. Estébanez

DATE
2011/2012

SCALE

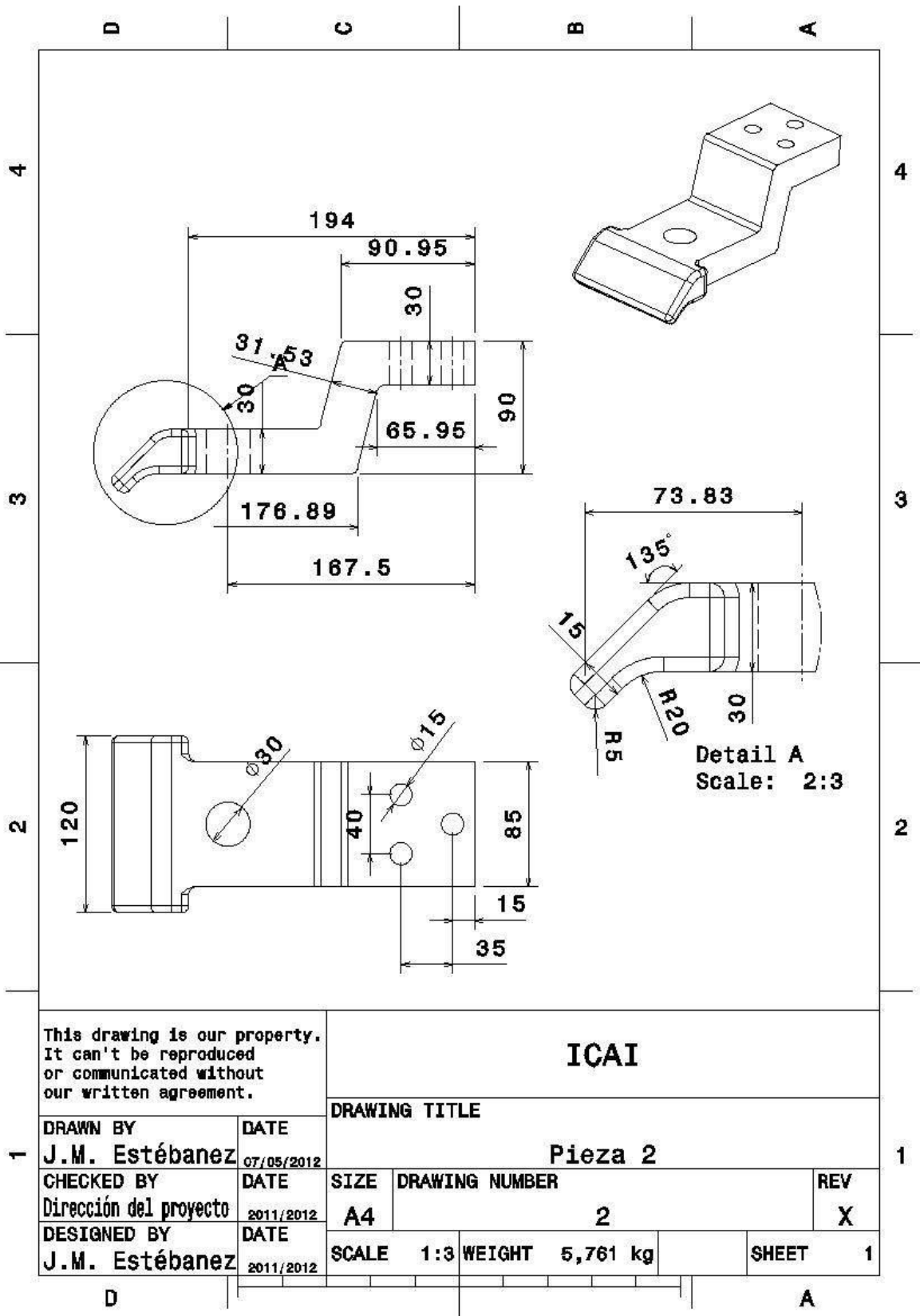
1:2

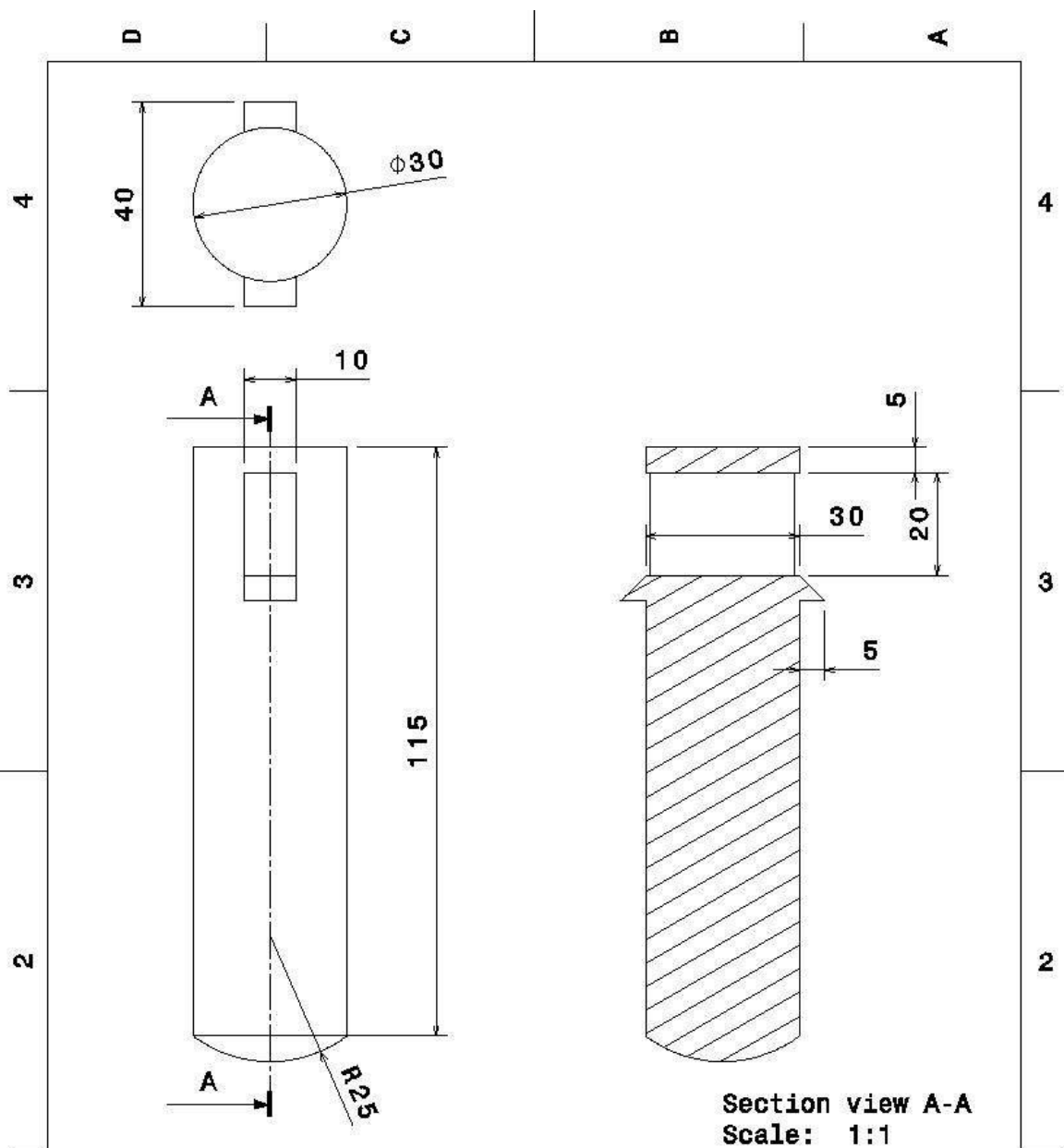
WEIGHT

13,41 kg

SHEET

1





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Bulón

DRAWN BY

J.M. Estébanez

DATE

07/05/2012

CHECKED BY

Dirección del proyecto

DATE

2011/2012

DESIGNED BY

J.M. Estébanez

DATE

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

3

REV

X

SCALE

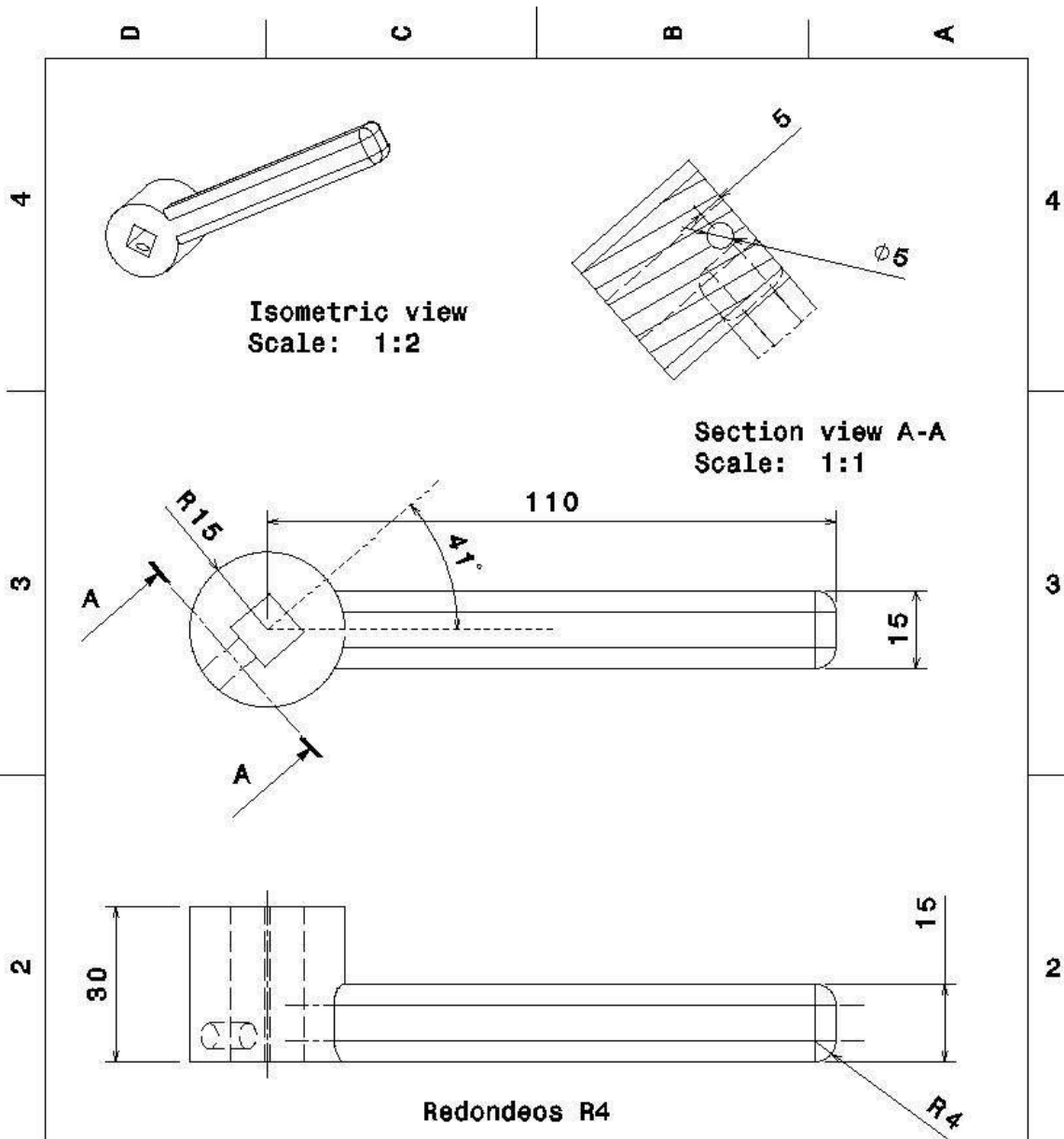
1:1

WEIGHT

0,609kg

SHEET

1/1



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

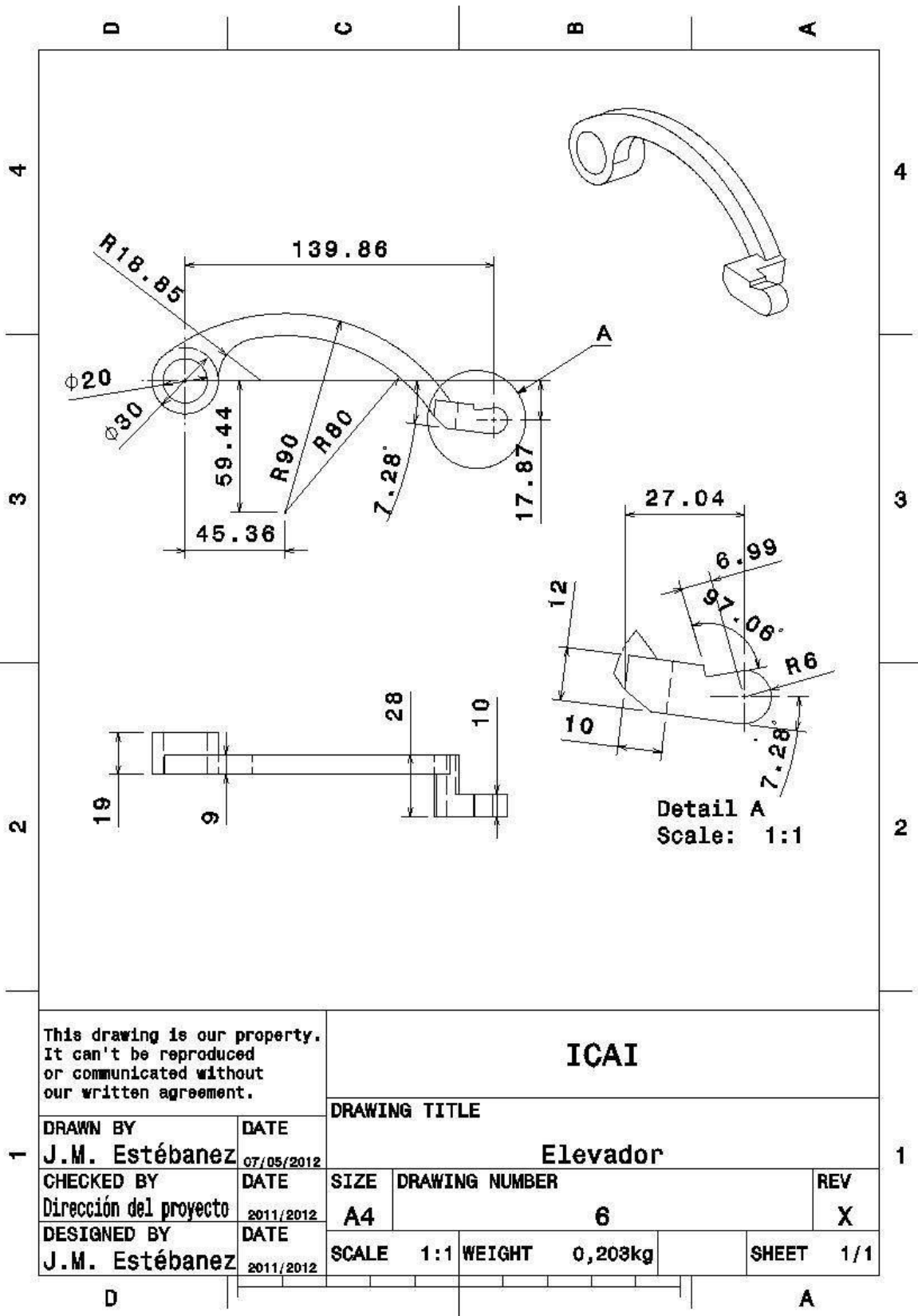
ICAI

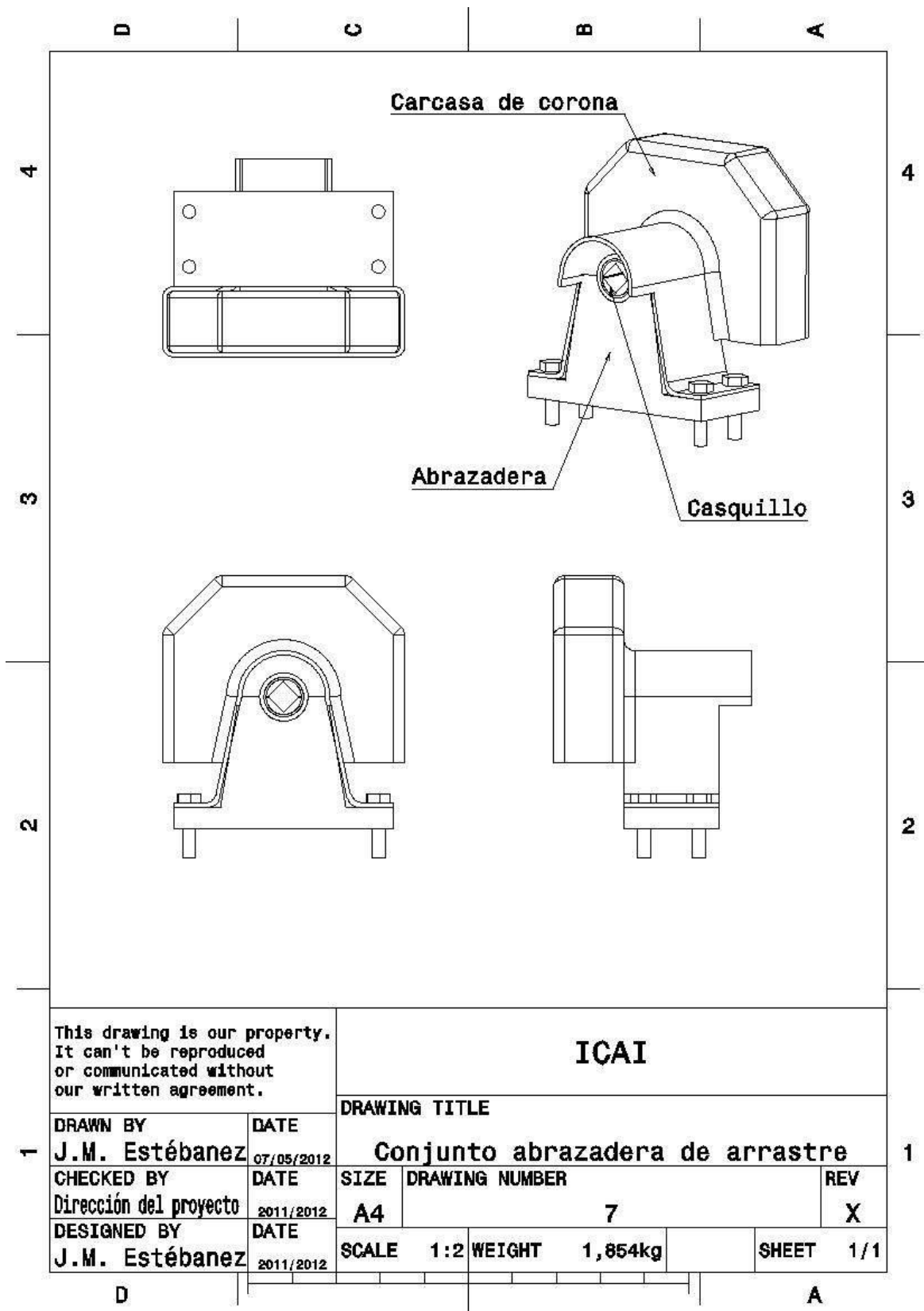
DRAWING TITLE

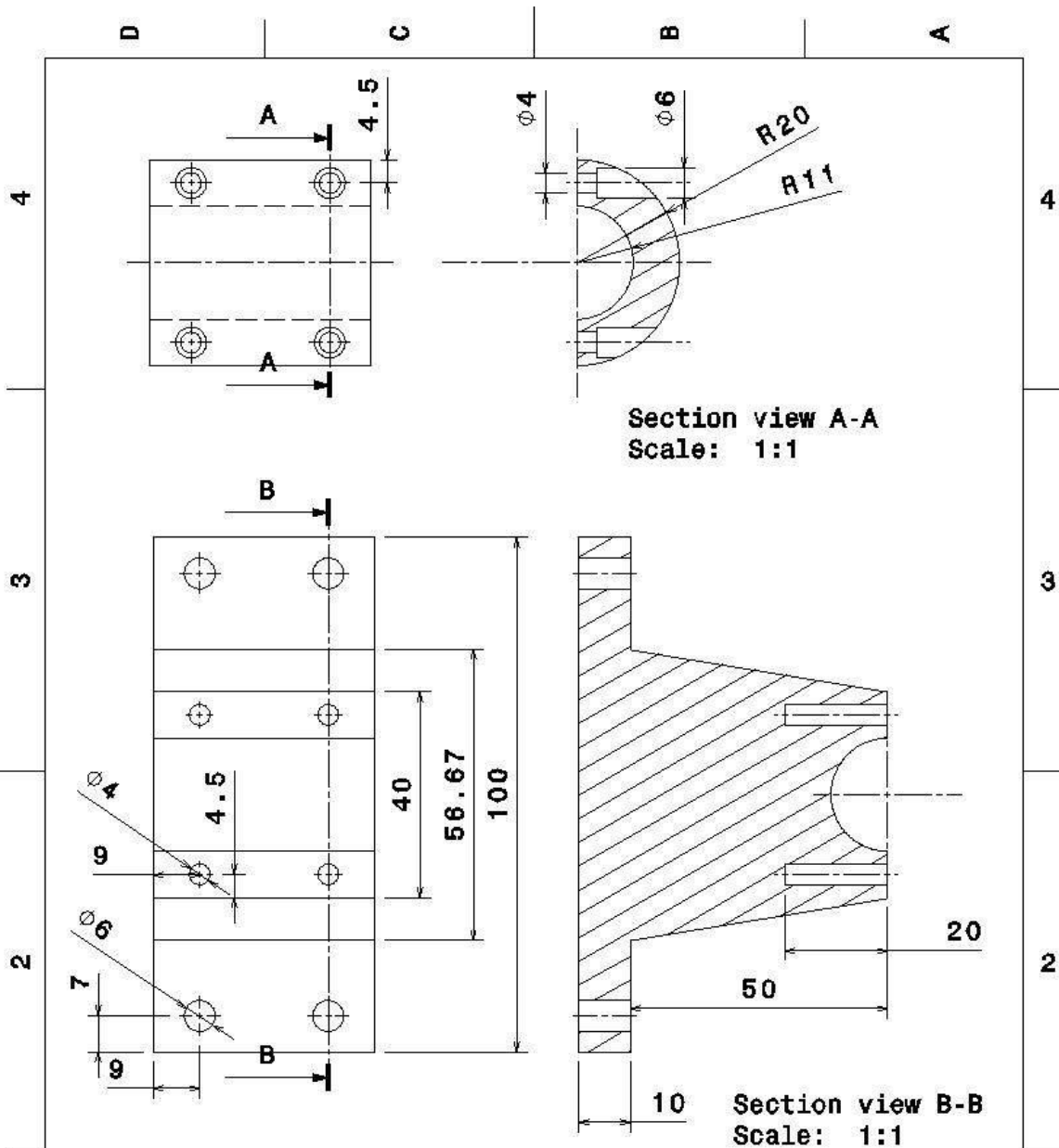
Palanca

DRAWN BY J.M. Estébanez	DATE 07/05/2012
CHECKED BY Dirección del proyecto	DATE 2011/2012
DESIGNED BY J.M. Estébanez	DATE 2011/2012

SIZE A4	DRAWING NUMBER 4	REV X
SCALE 1:1	WEIGHT 0,299kg	SHEET 1/1







This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

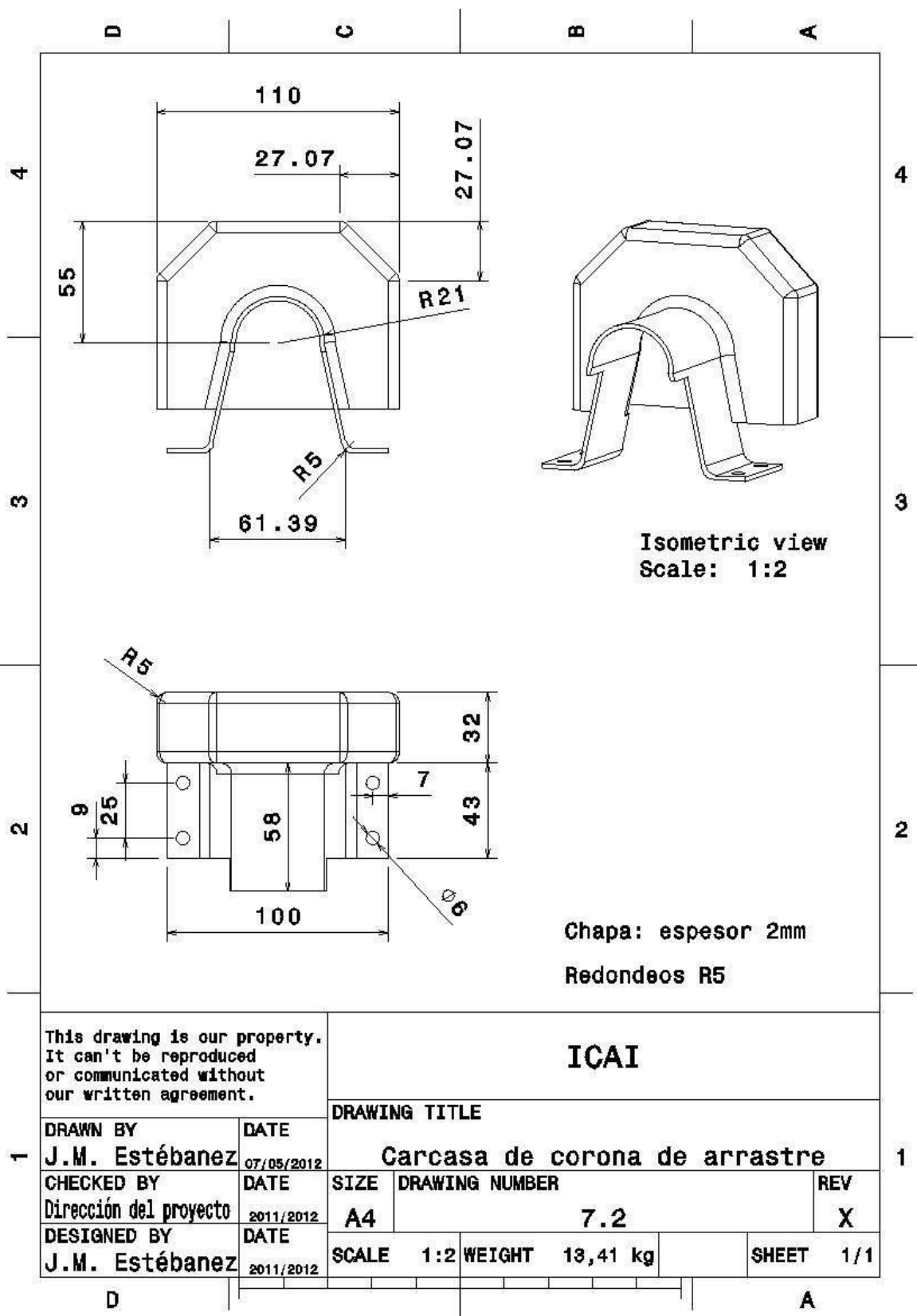
DRAWING TITLE

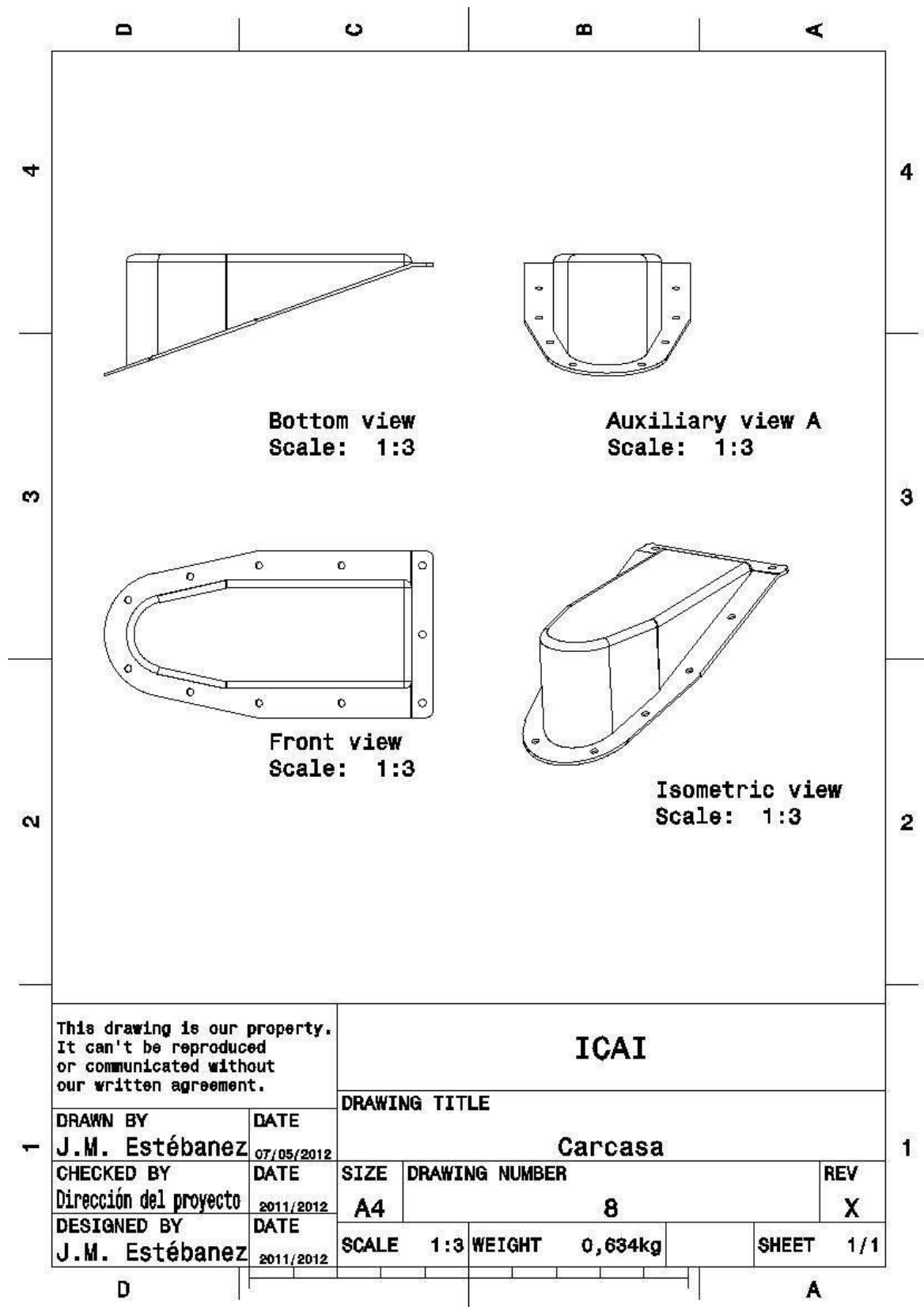
Abrazadera

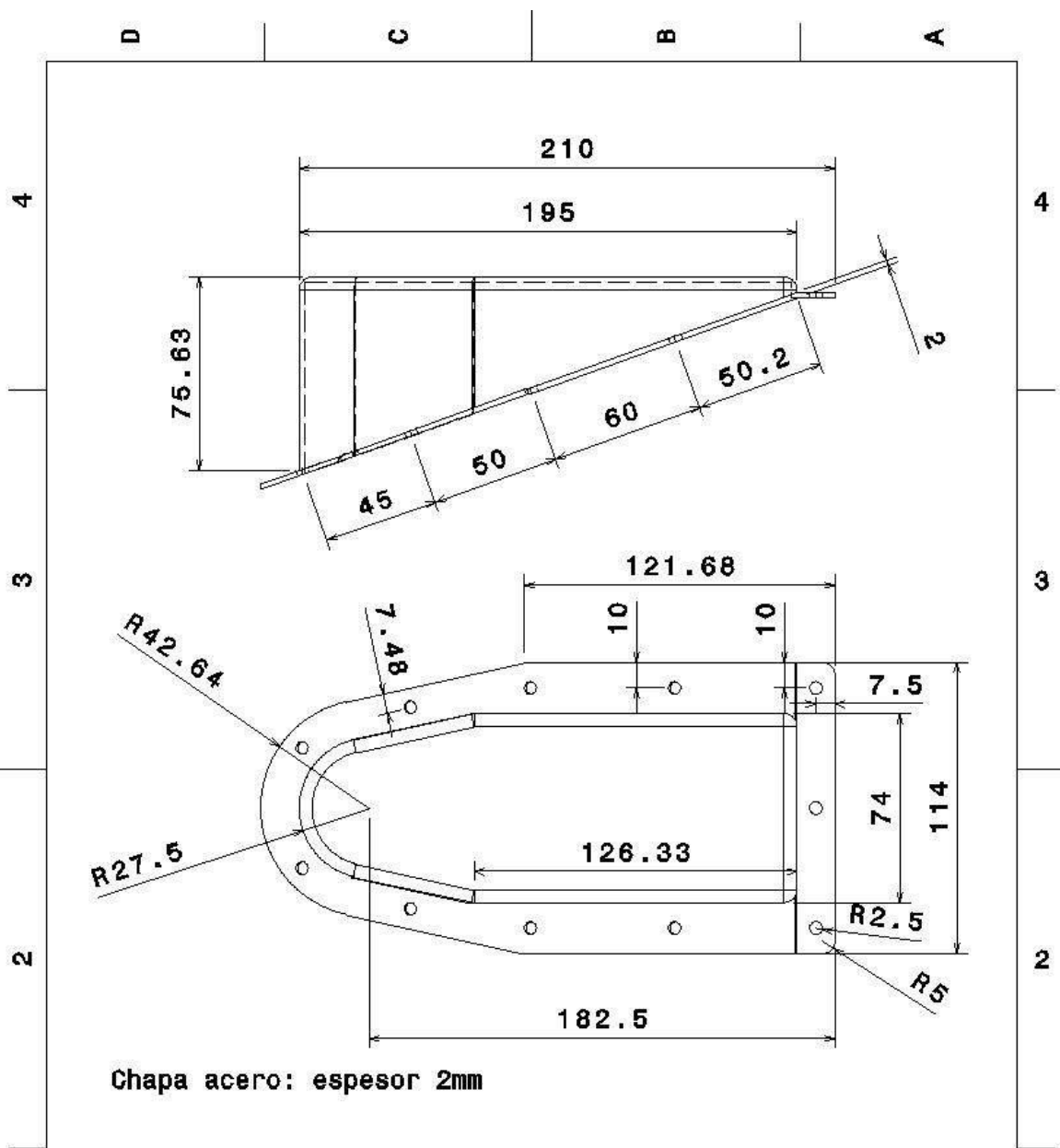
DRAWN BY
J.M. Estébanez
CHECKED BY
Dirección del proyecto
DESIGNED BY
J.M. Estébanez

DATE
07/05/2012
DATE
2011/2012
DATE
2011/2012

SIZE	A4	DRAWING NUMBER	7.1	REV	X
SCALE	1:1	WEIGHT	13,41 kg	SHEET	1/1







This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Carcasa

DRAWN BY

DATE

J.M. Estébanez

07/05/2012

CHECKED BY

DATE

Dirección del proyecto

2011/2012

DESIGNED BY

DATE

J.M. Estébanez

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

8.1

REV

X

SCALE

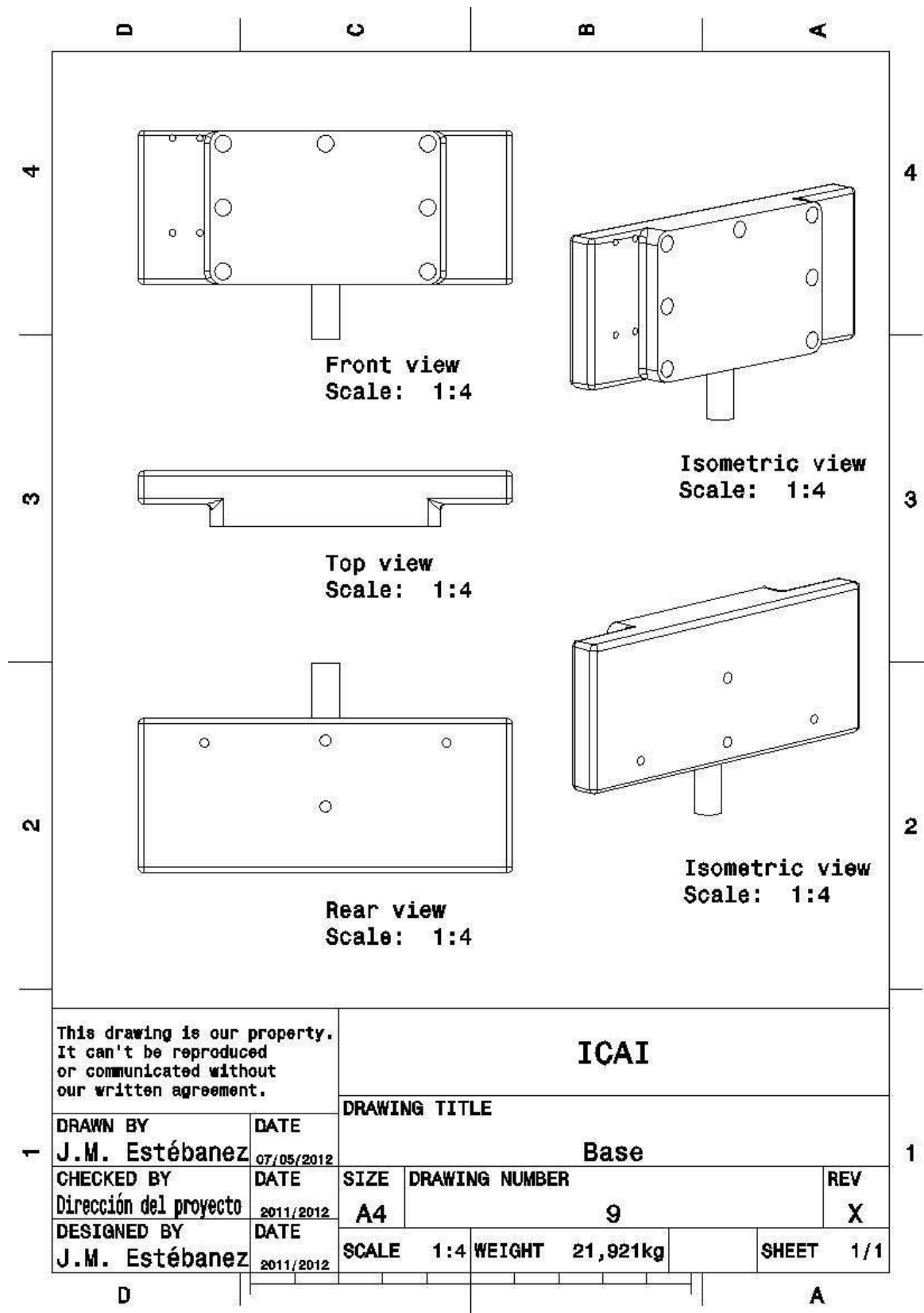
1:2

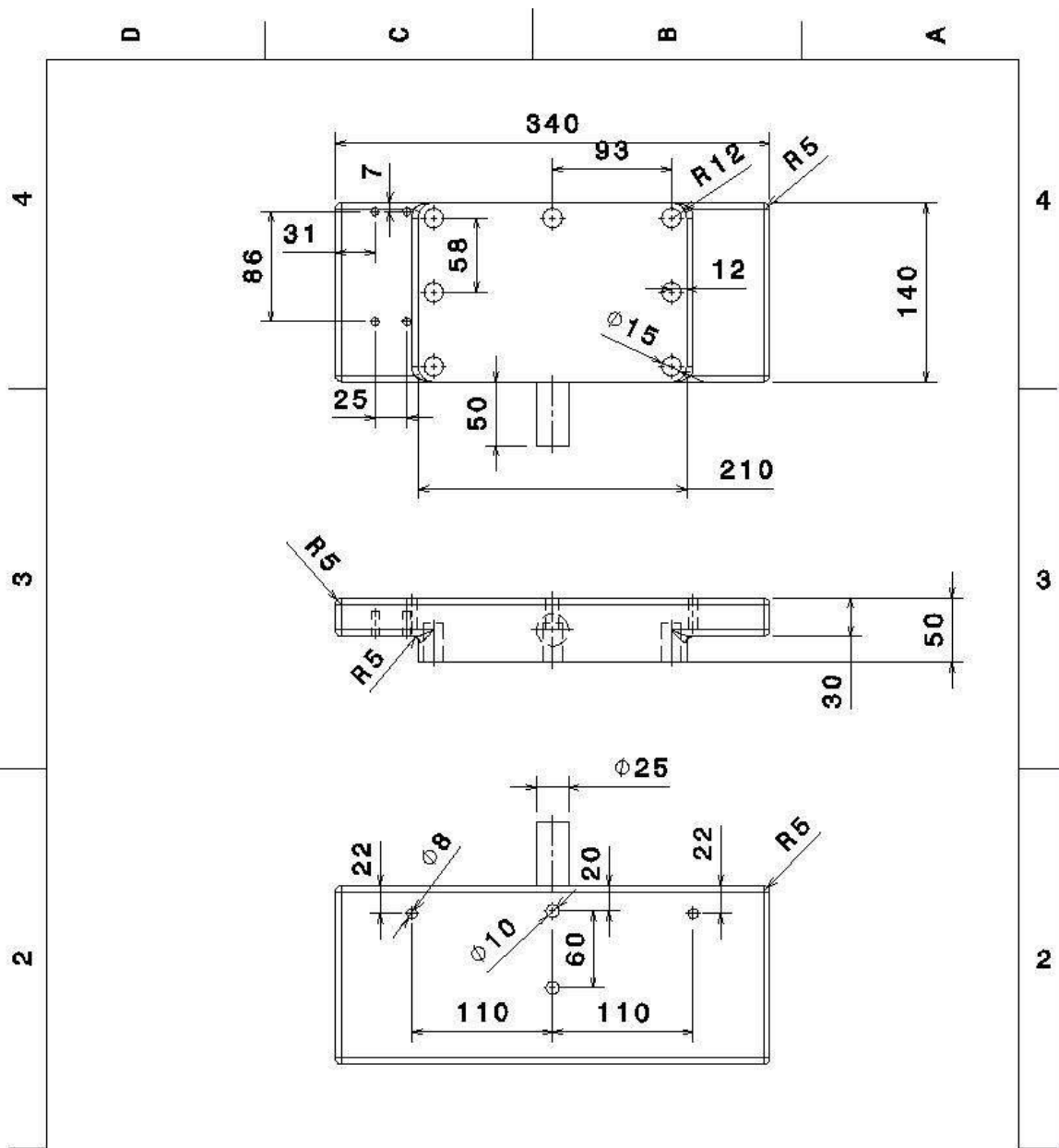
WEIGHT

0,634kg

SHEET

1/1





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Base

DRAWN BY
J.M. Estébanez

DATE
07/05/2012

CHECKED BY
Dirección del proyecto

DATE
2011/2012

DESIGNED BY
J.M. Estébanez

DATE
2011/2012

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

9.1

REV
X

SCALE

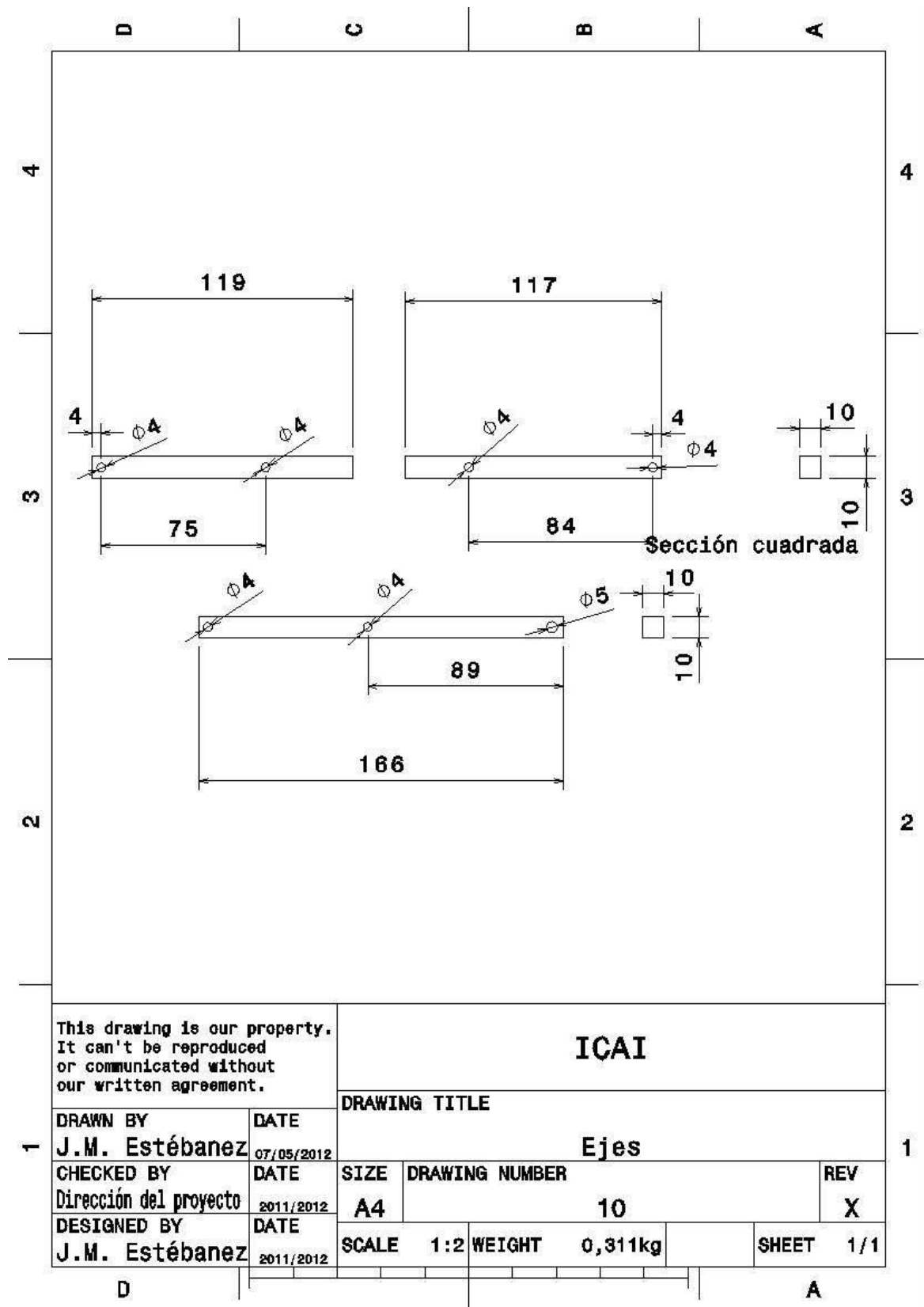
1:4

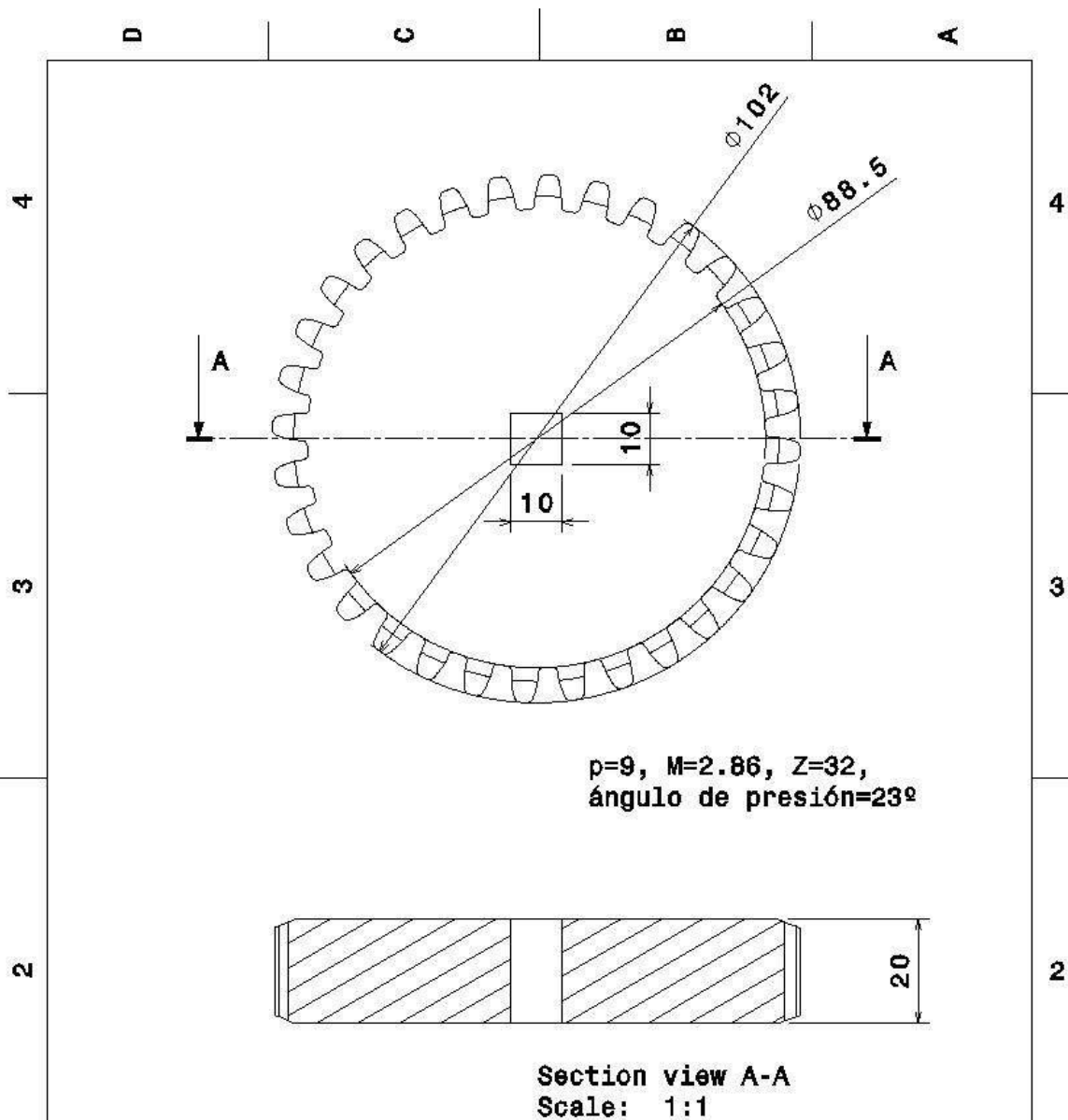
WEIGHT

21,921kg

SHEET

1/1





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Corona de arrastre

DRAWN BY

J.M. Estébanez

DATE

07/05/2012

CHECKED BY

Dirección del proyecto

DATE

2011/2012

DESIGNED BY

J.M. Estébanez

DATE

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

11

REV

X

SCALE

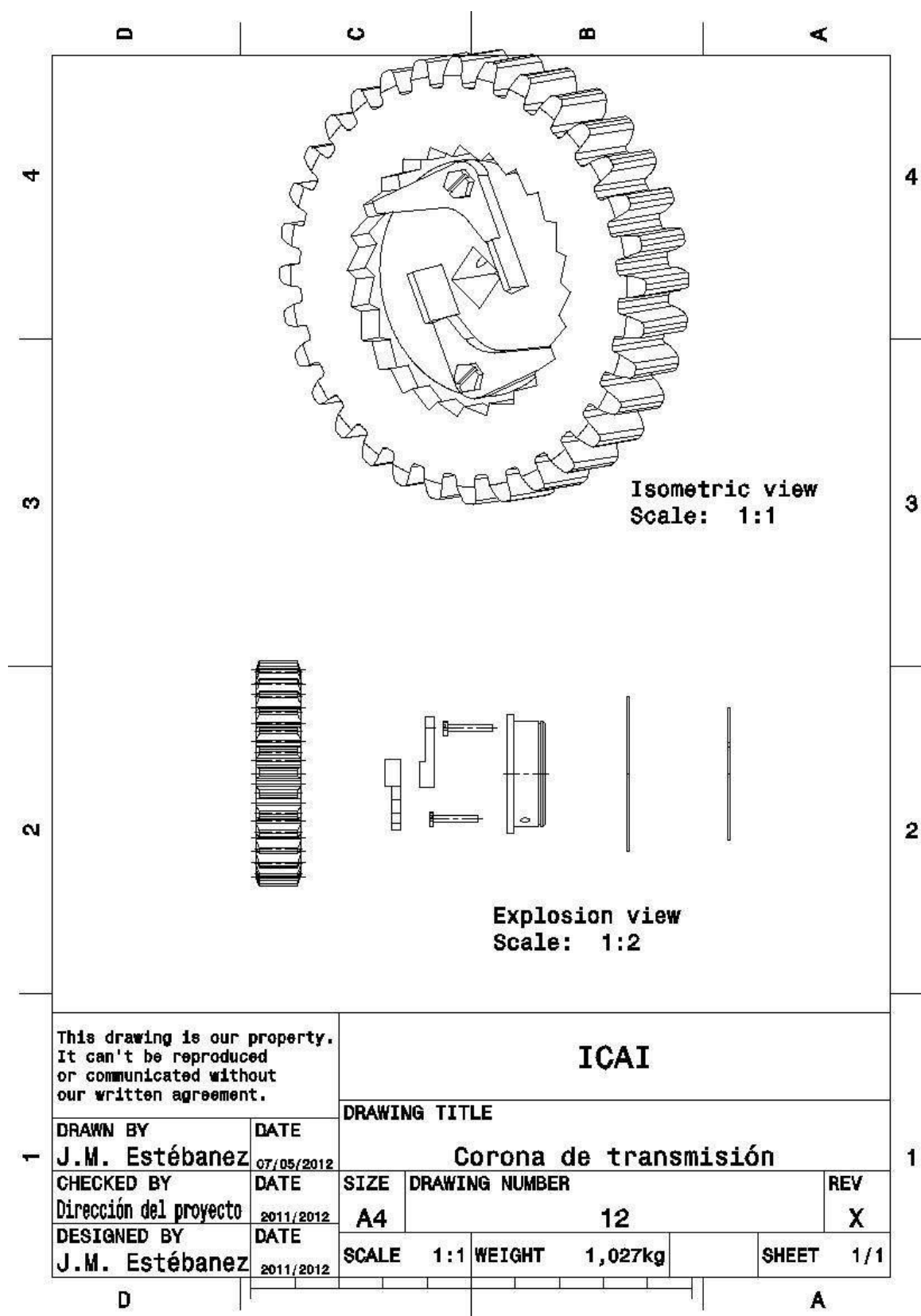
1:1

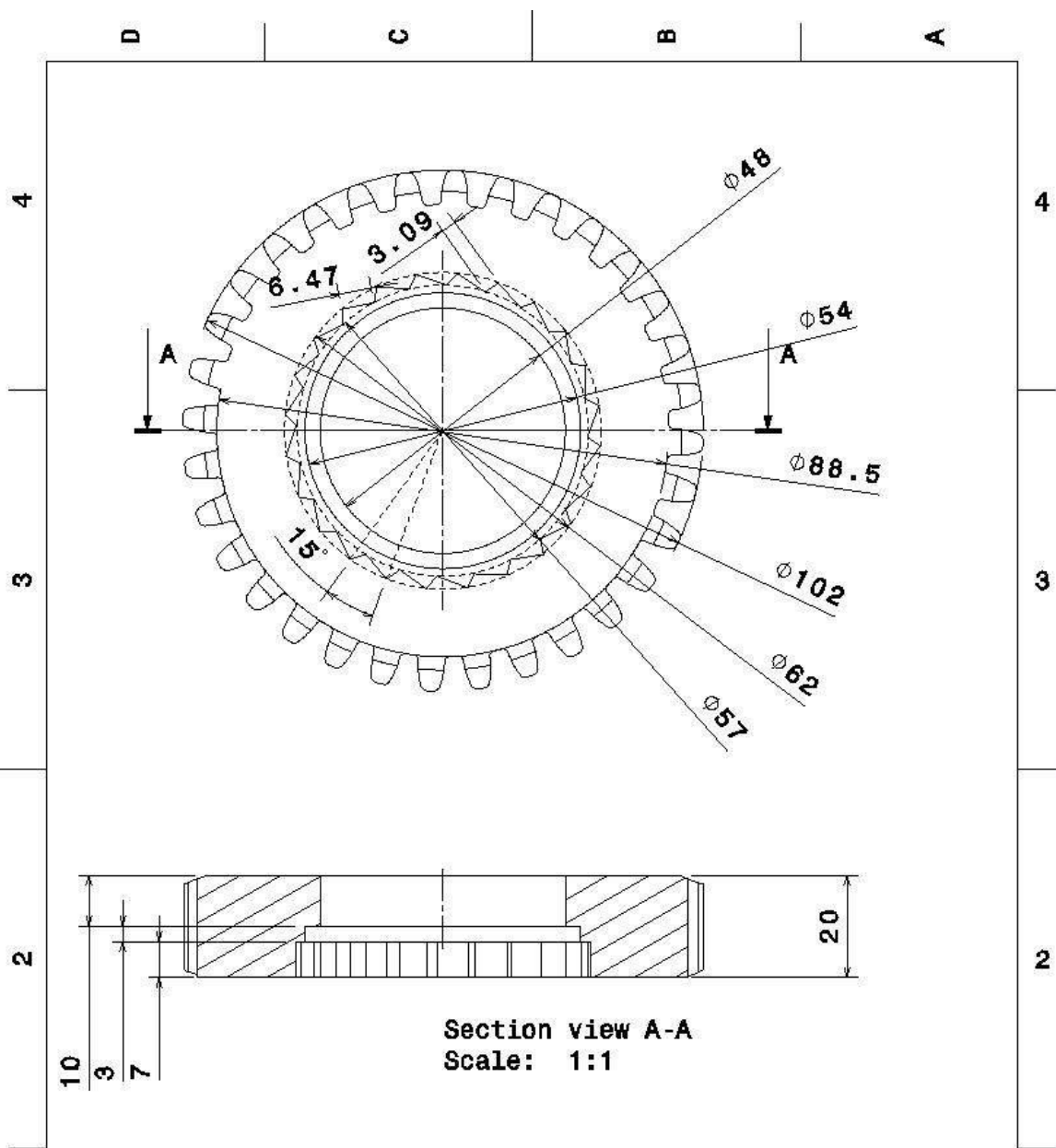
WEIGHT

1,105kg

SHEET

1/1





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWN BY
J.M. Estébanez

DATE
07/05/2012

DRAWING TITLE

Corona de transmisión
Corona exterior

CHECKED BY
Dirección del proyecto

DATE
2011/2012

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

12.1

REV
X

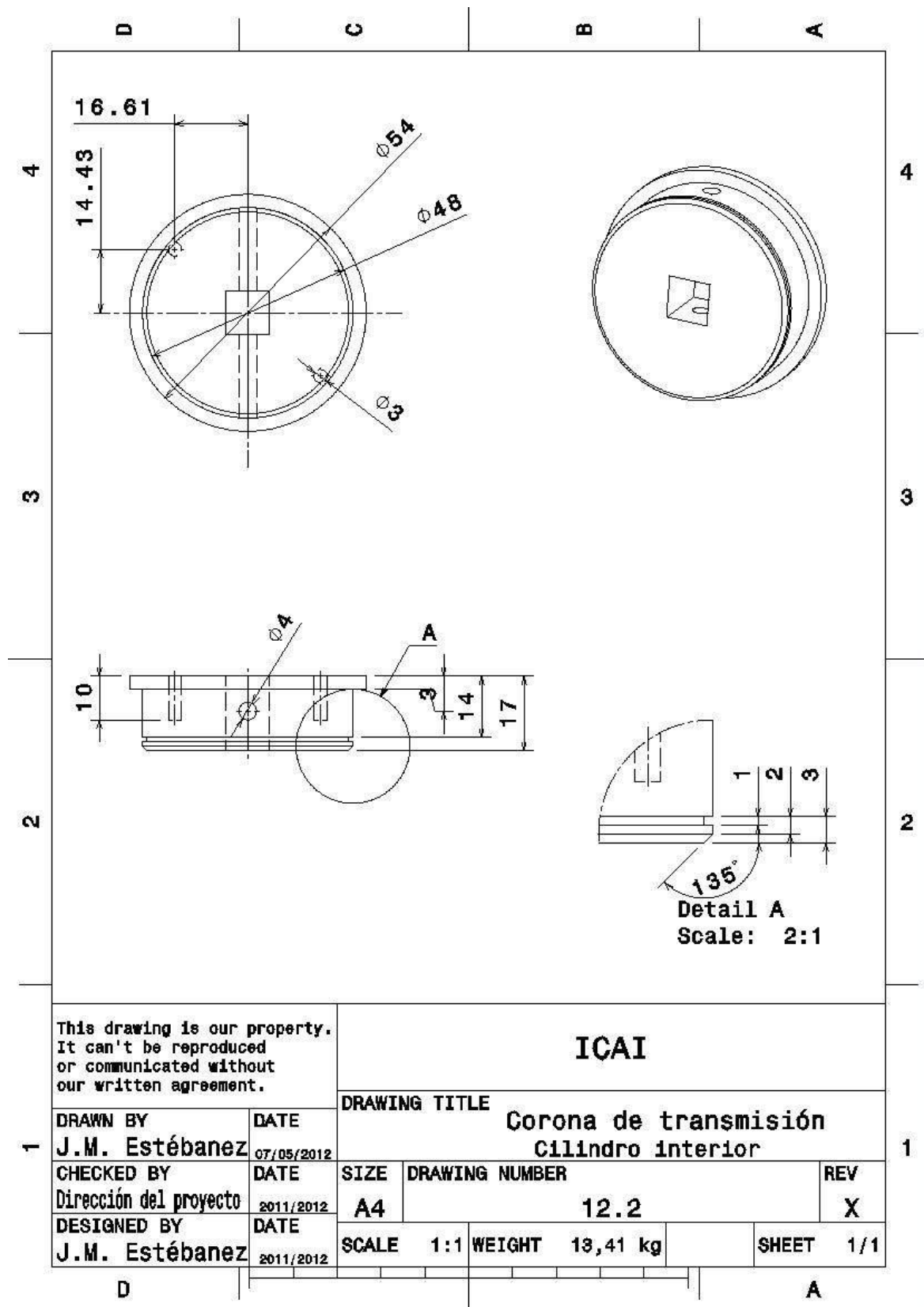
DESIGNED BY
J.M. Estébanez

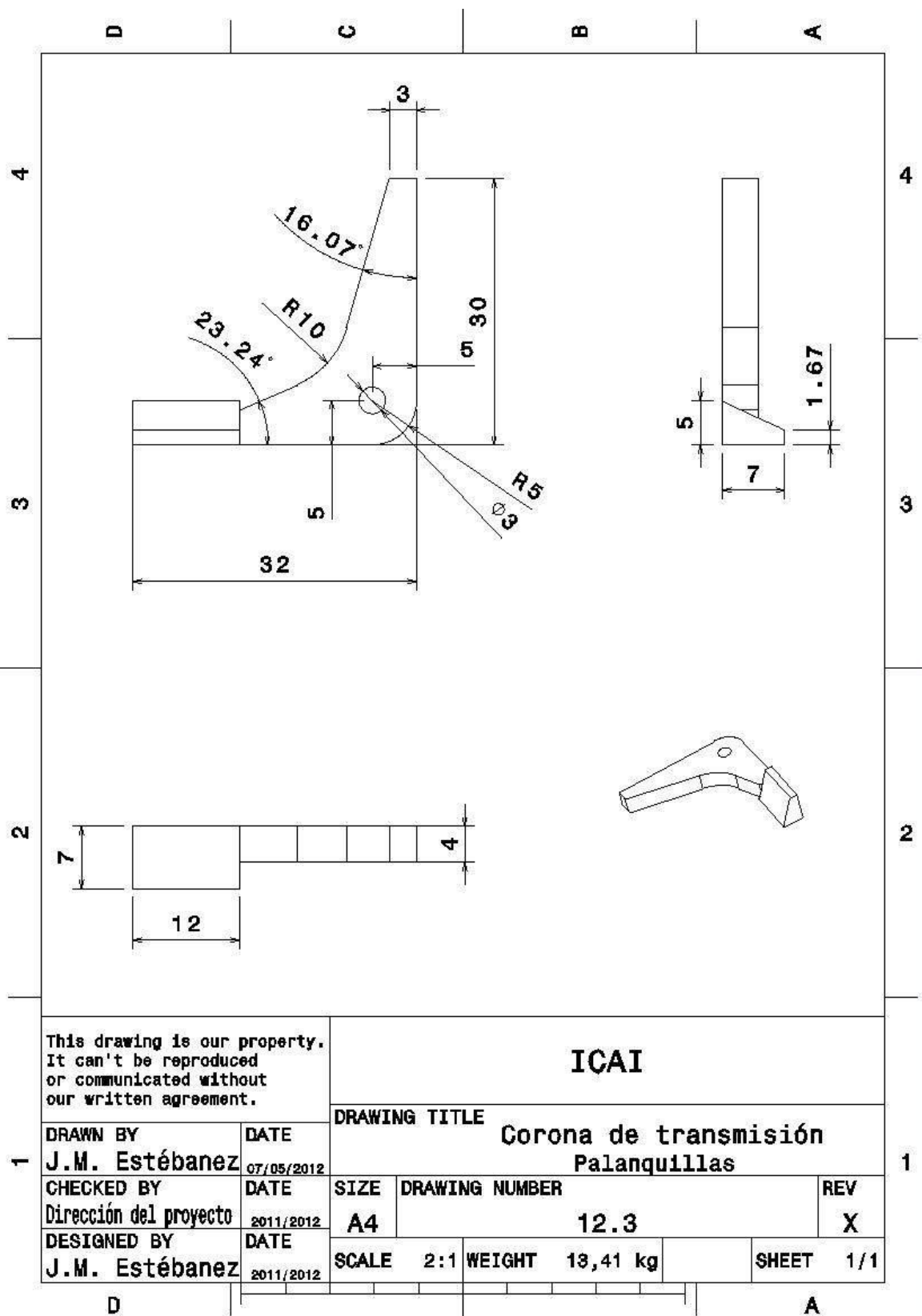
DATE
2011/2012

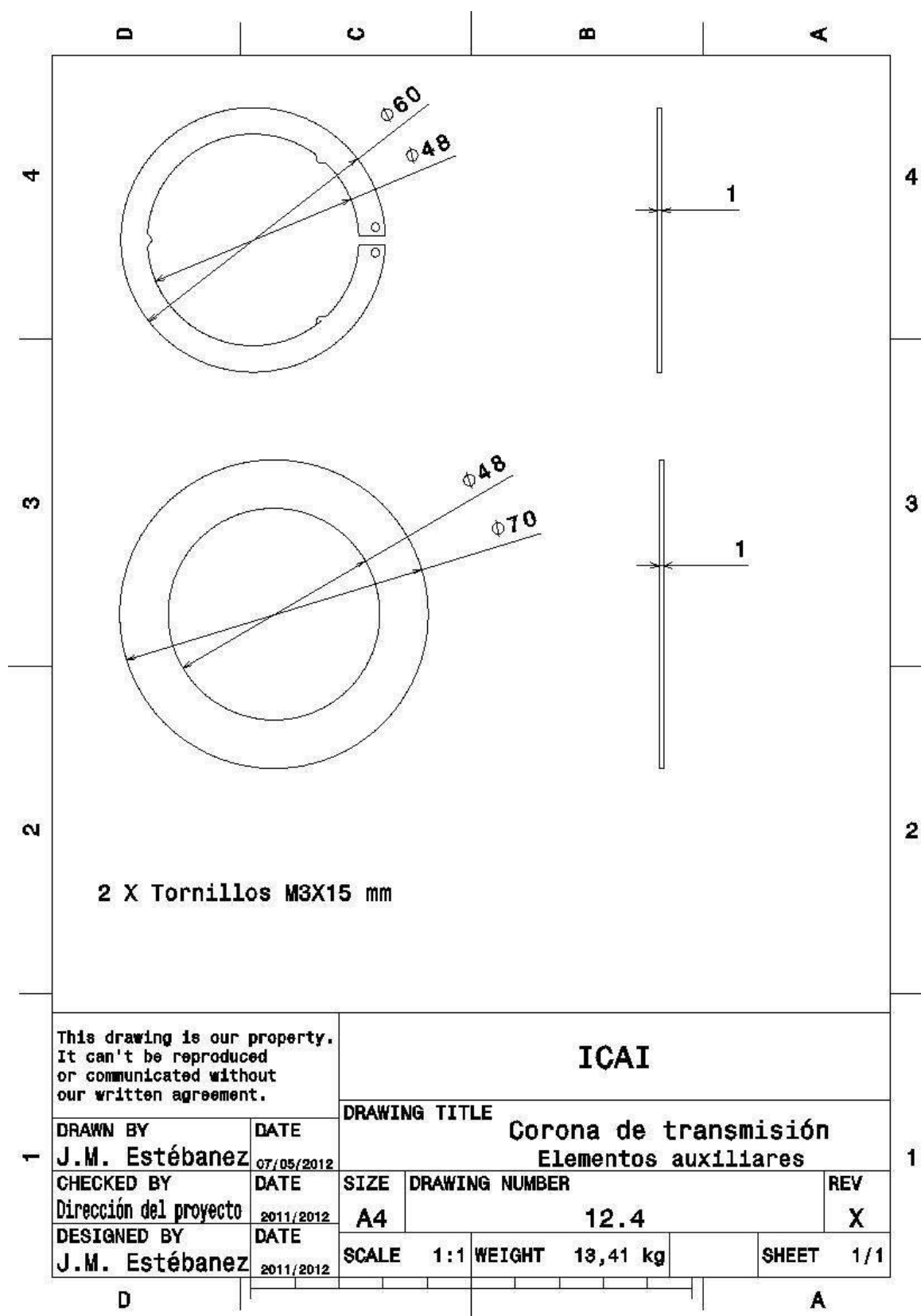
SCALE 1:1

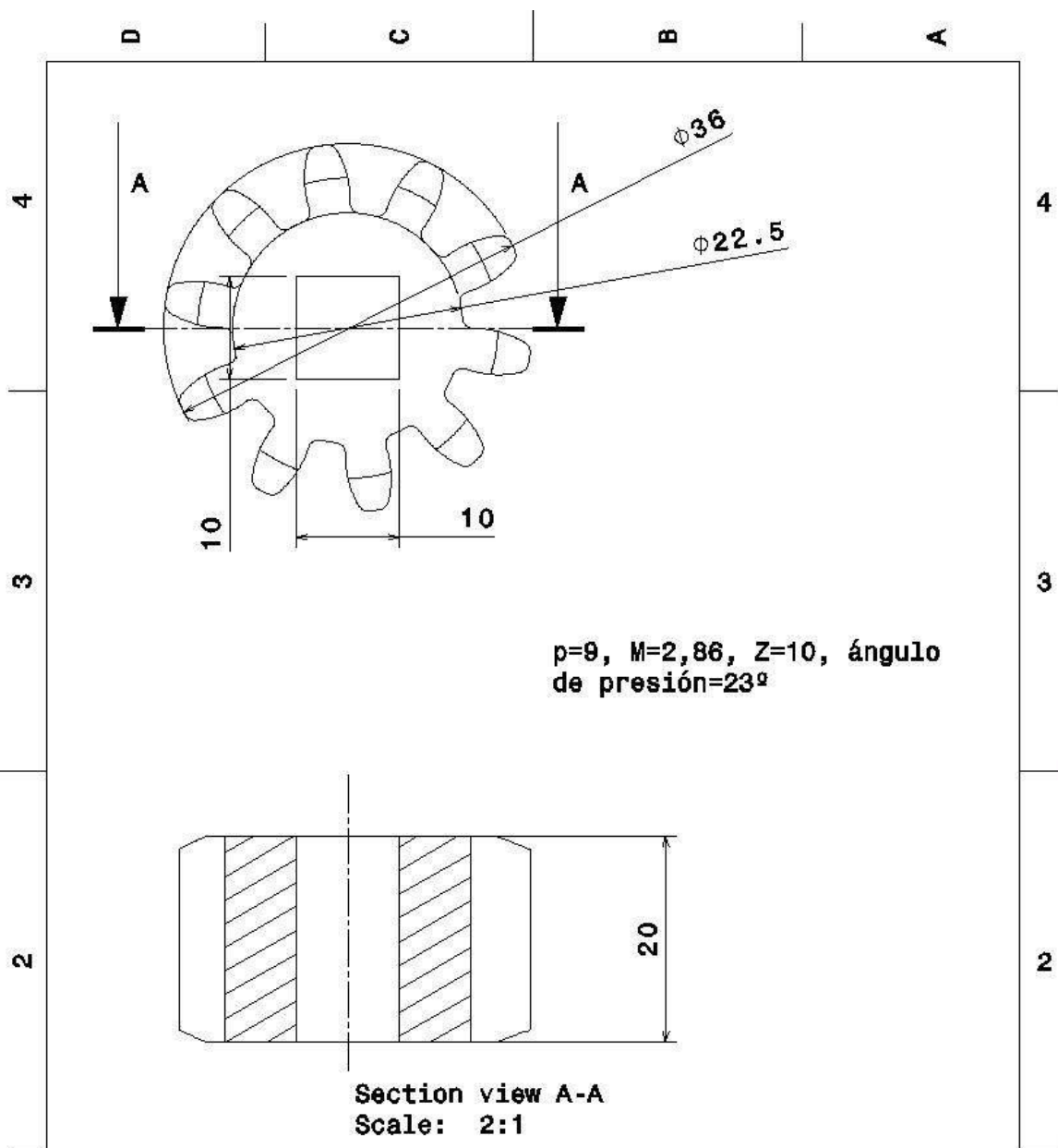
WEIGHT 1,027kg

SHEET 1/1









This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Piñón

DRAWN BY
J.M. Estébanez

DATE
07/05/2012

CHECKED BY
Dirección del proyecto

DATE
2011/2012

DESIGNED BY
J.M. Estébanez

DATE
2011/2012

SIZE
A4

DRAWING NUMBER
13

REV
X

SCALE

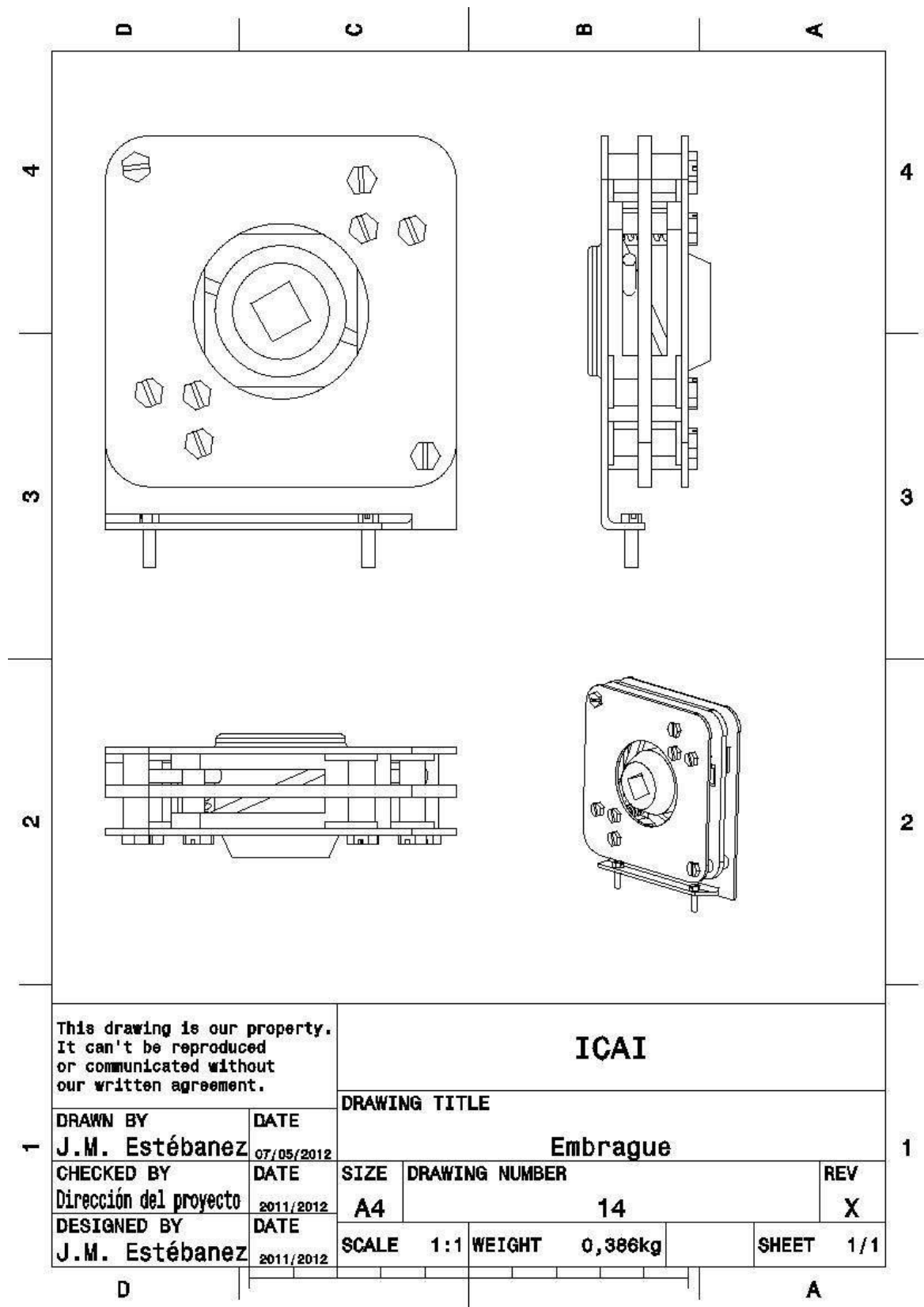
2:1

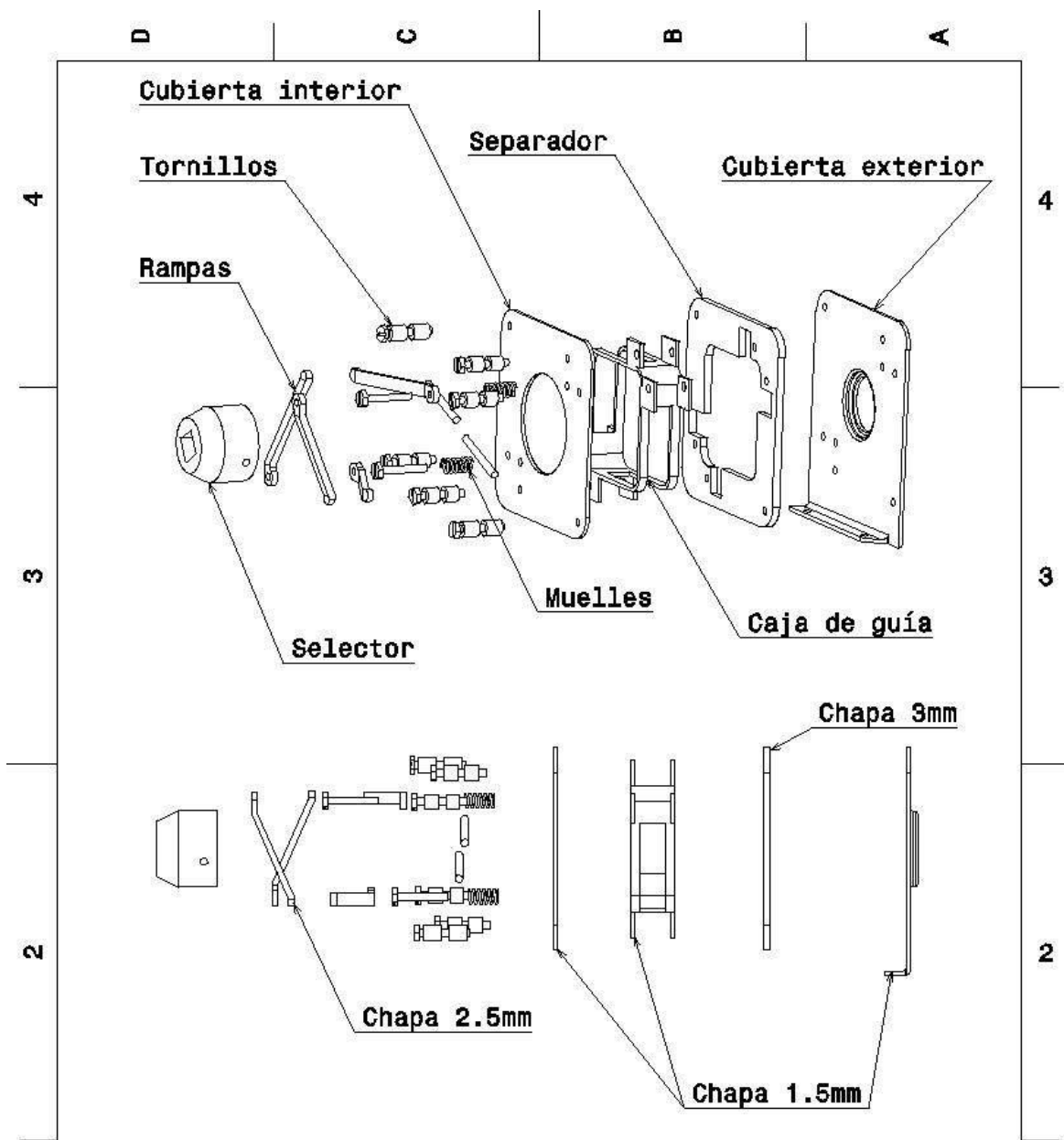
WEIGHT

0,087kg

SHEET

1/1





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Embrague

DRAWN BY

J.M. Estébanez

DATE

07/05/2012

CHECKED BY

Dirección del proyecto

DATE

2011/2012

DESIGNED BY

J.M. Estébanez

DATE

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

14.1

REV

X

SCALE

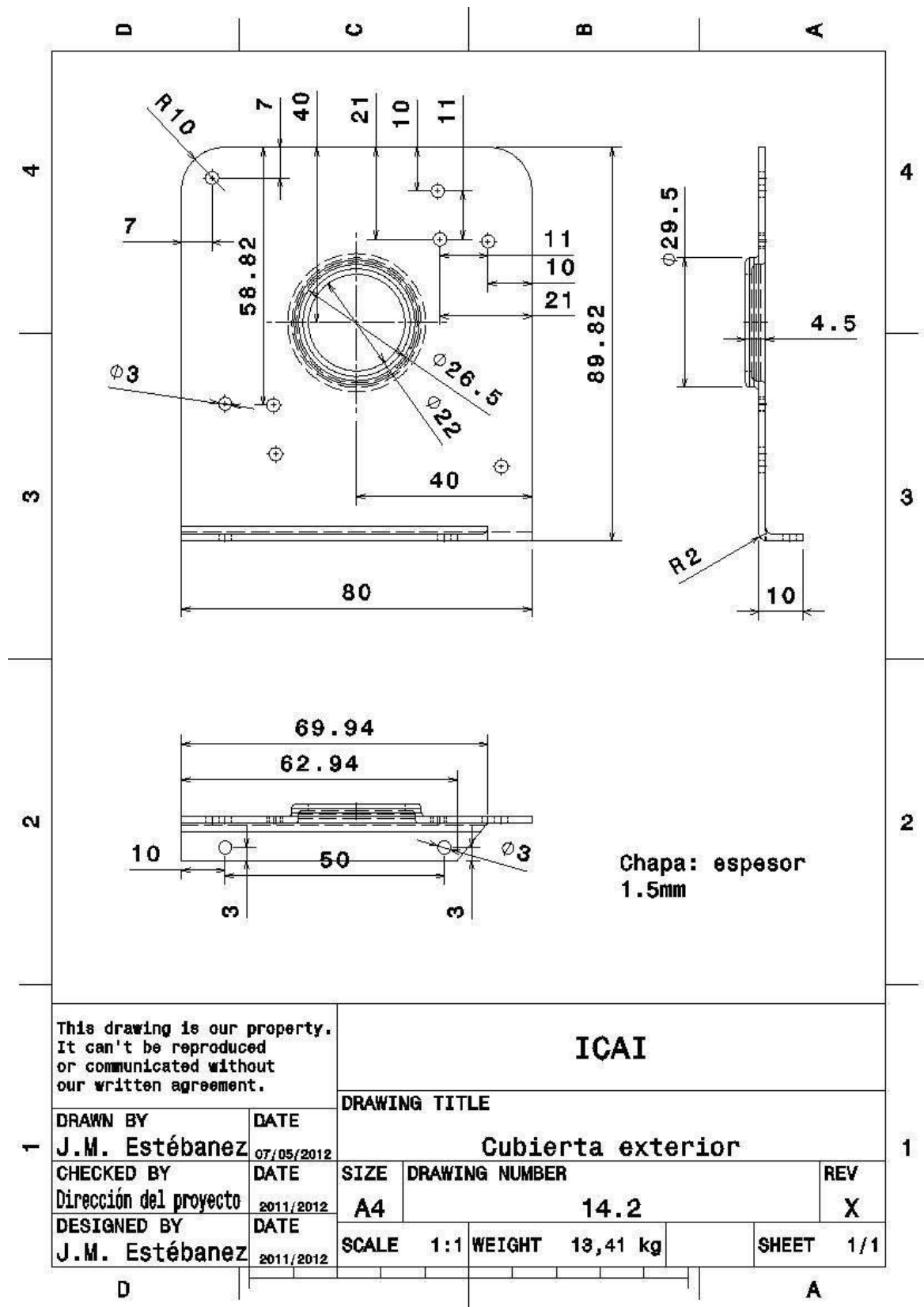
1:2

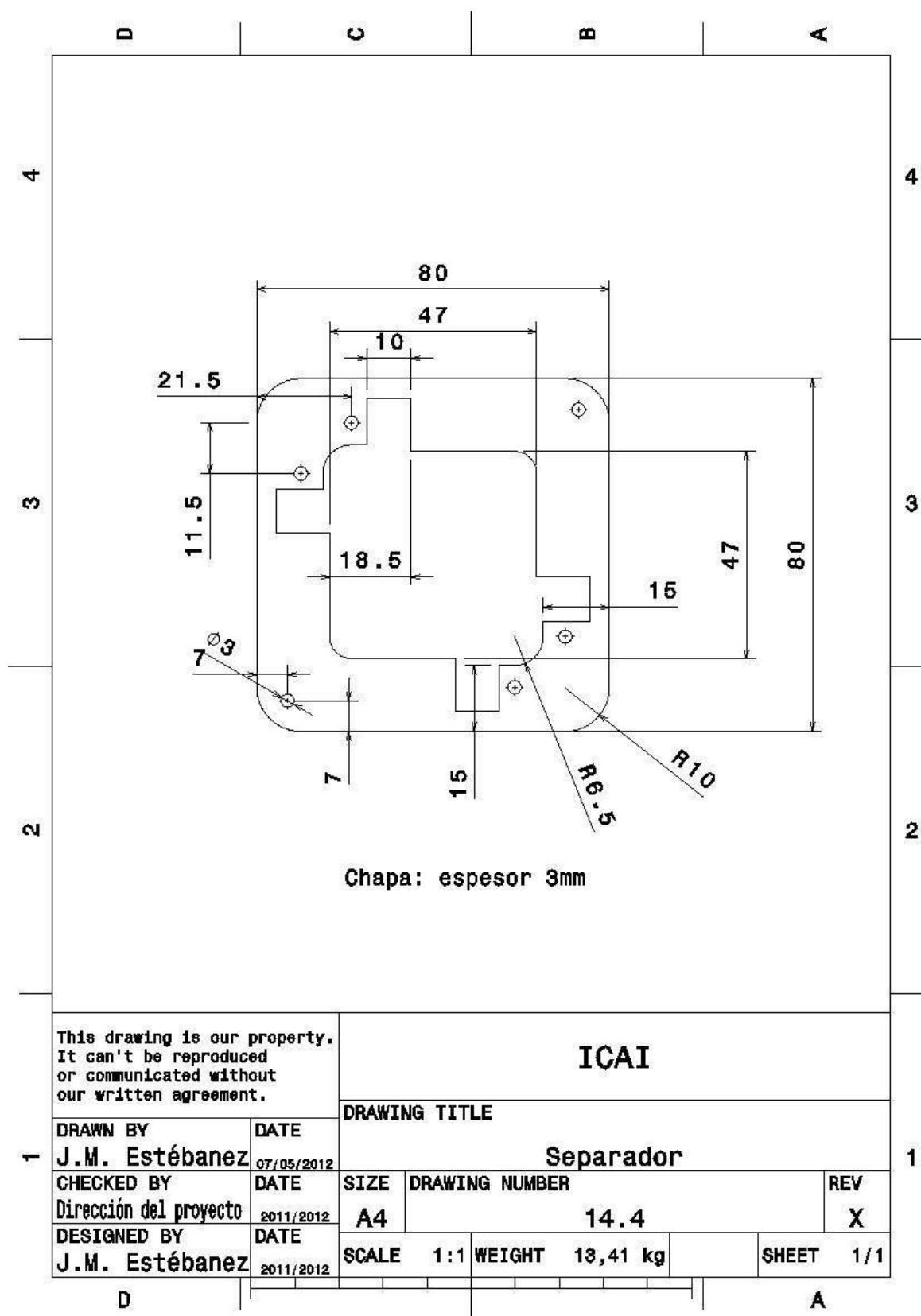
WEIGHT

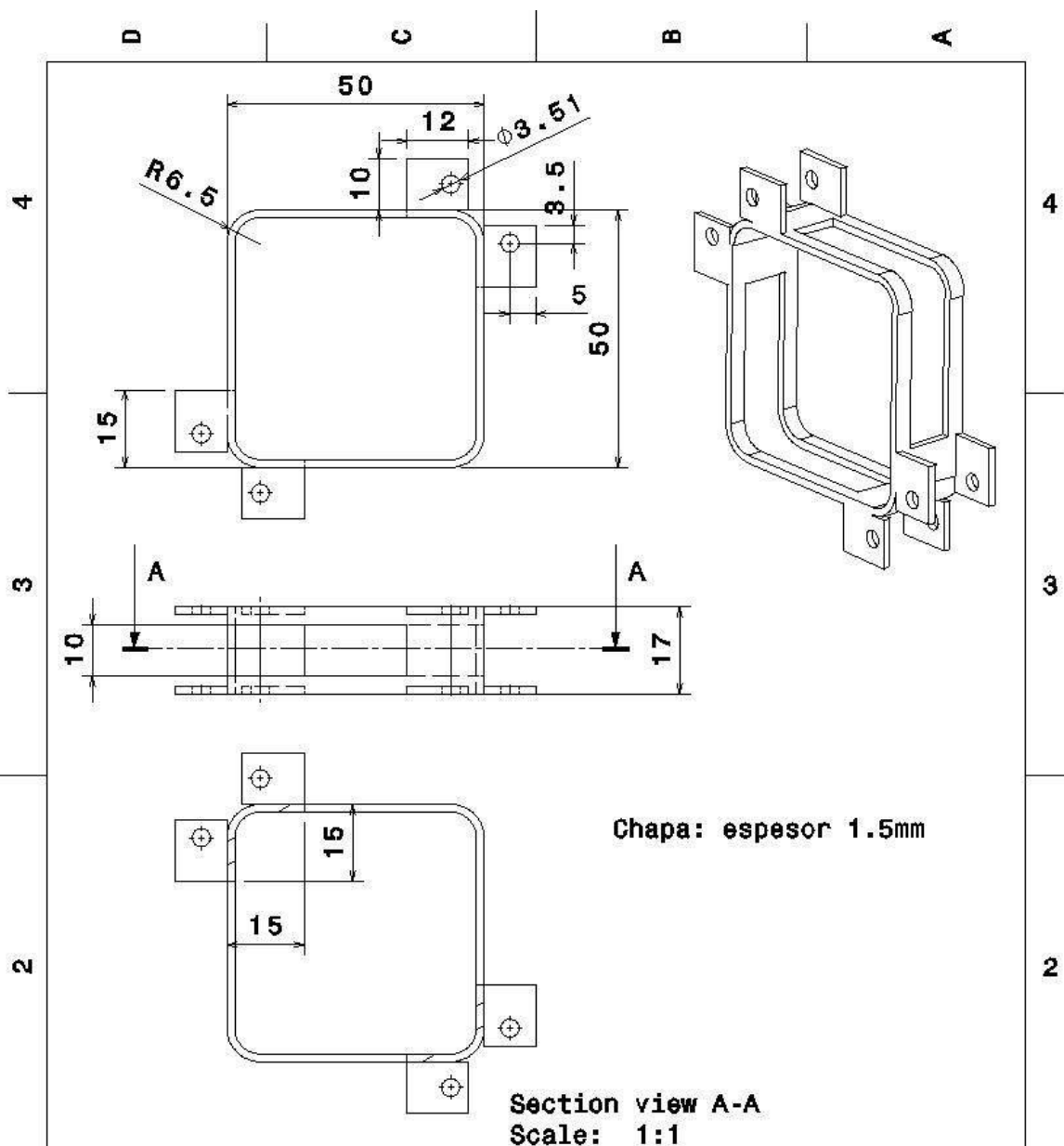
0,386kg

SHEET

1/1







This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Caja de guía

DRAWN BY

J.M. Estébanez

DATE

07/05/2012

CHECKED BY

Dirección del proyecto

DATE

2011/2012

DESIGNED BY

J.M. Estébanez

DATE

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

14.5

REV

X

SCALE

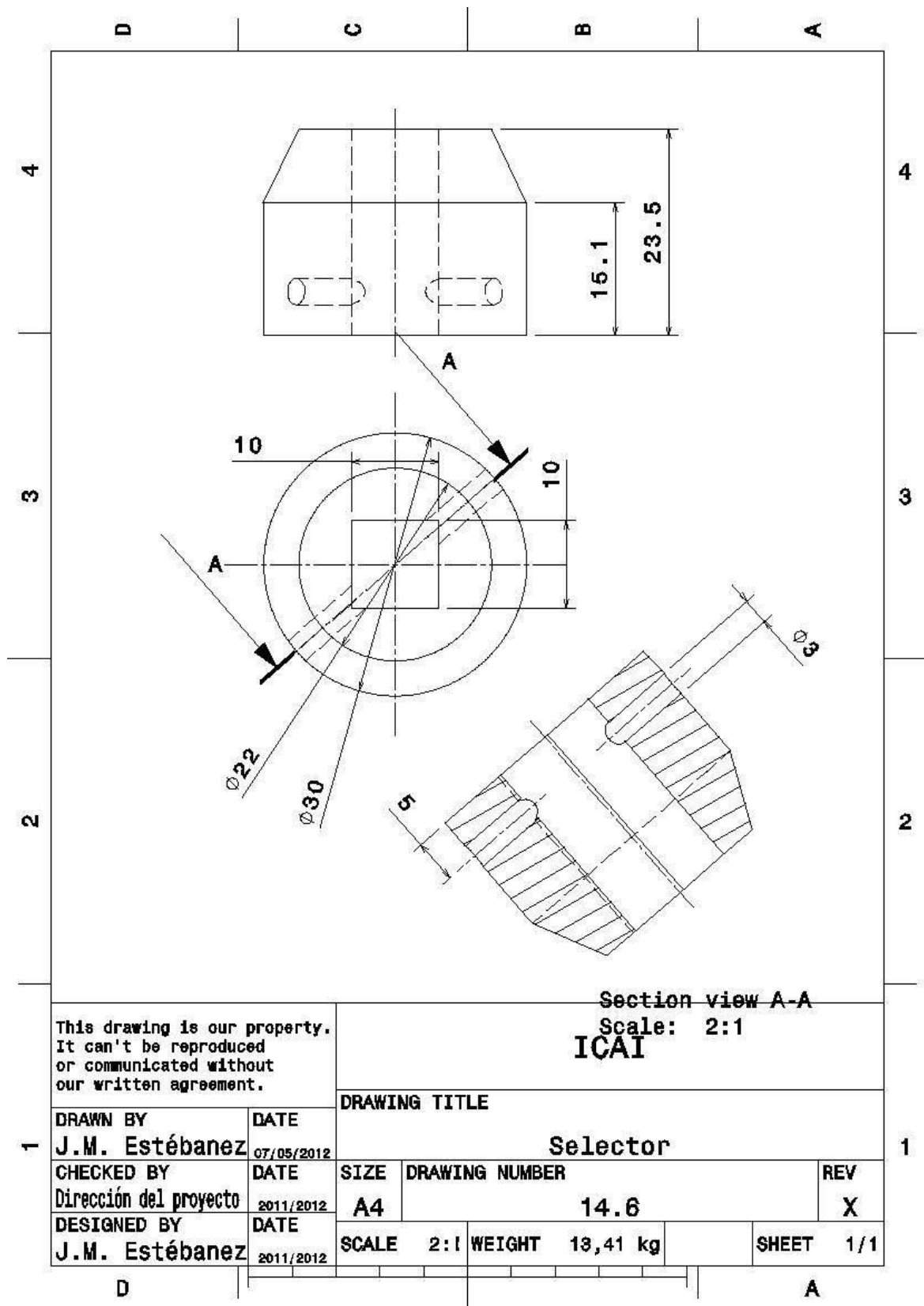
1:1

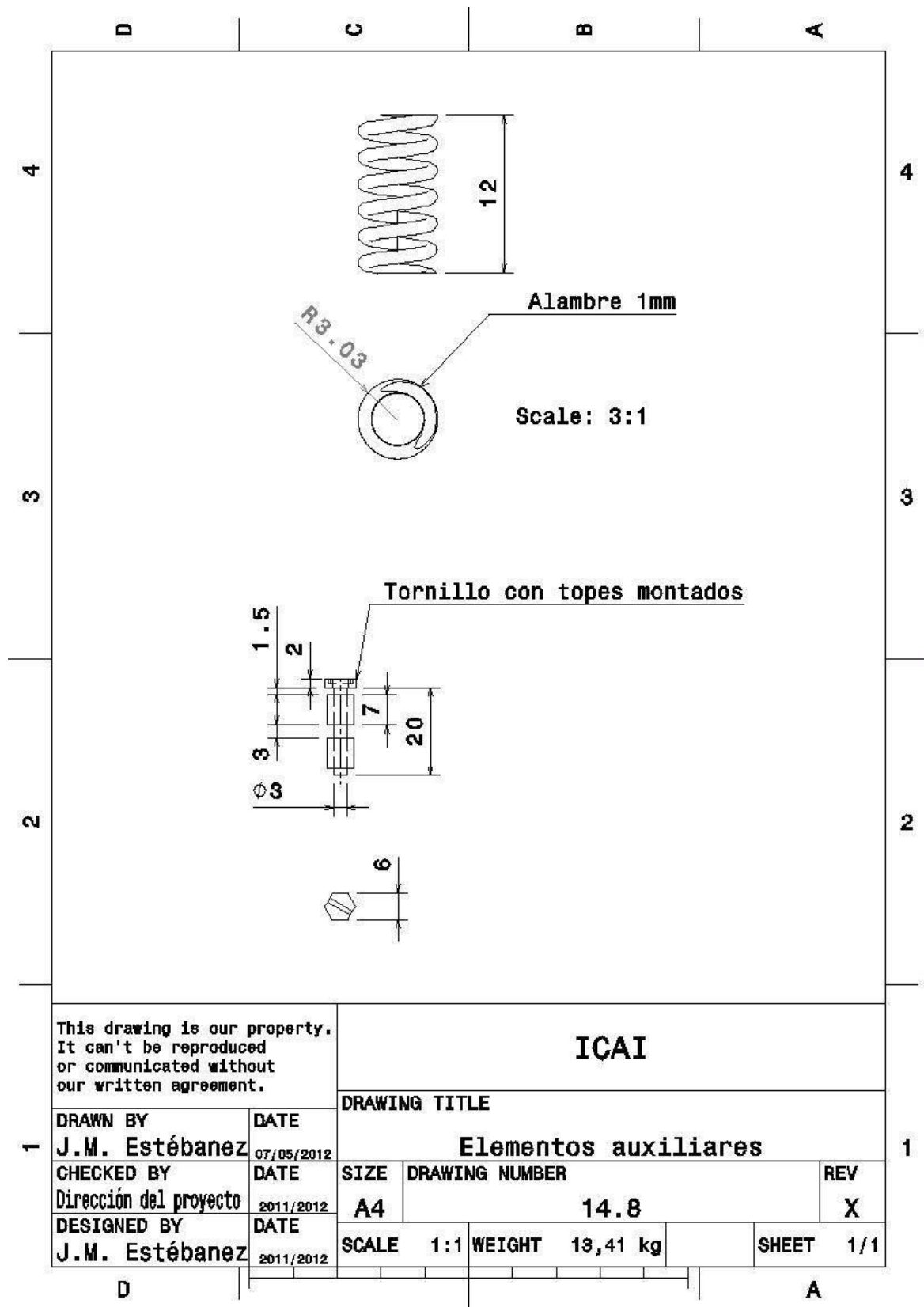
WEIGHT

0,386kg

SHEET

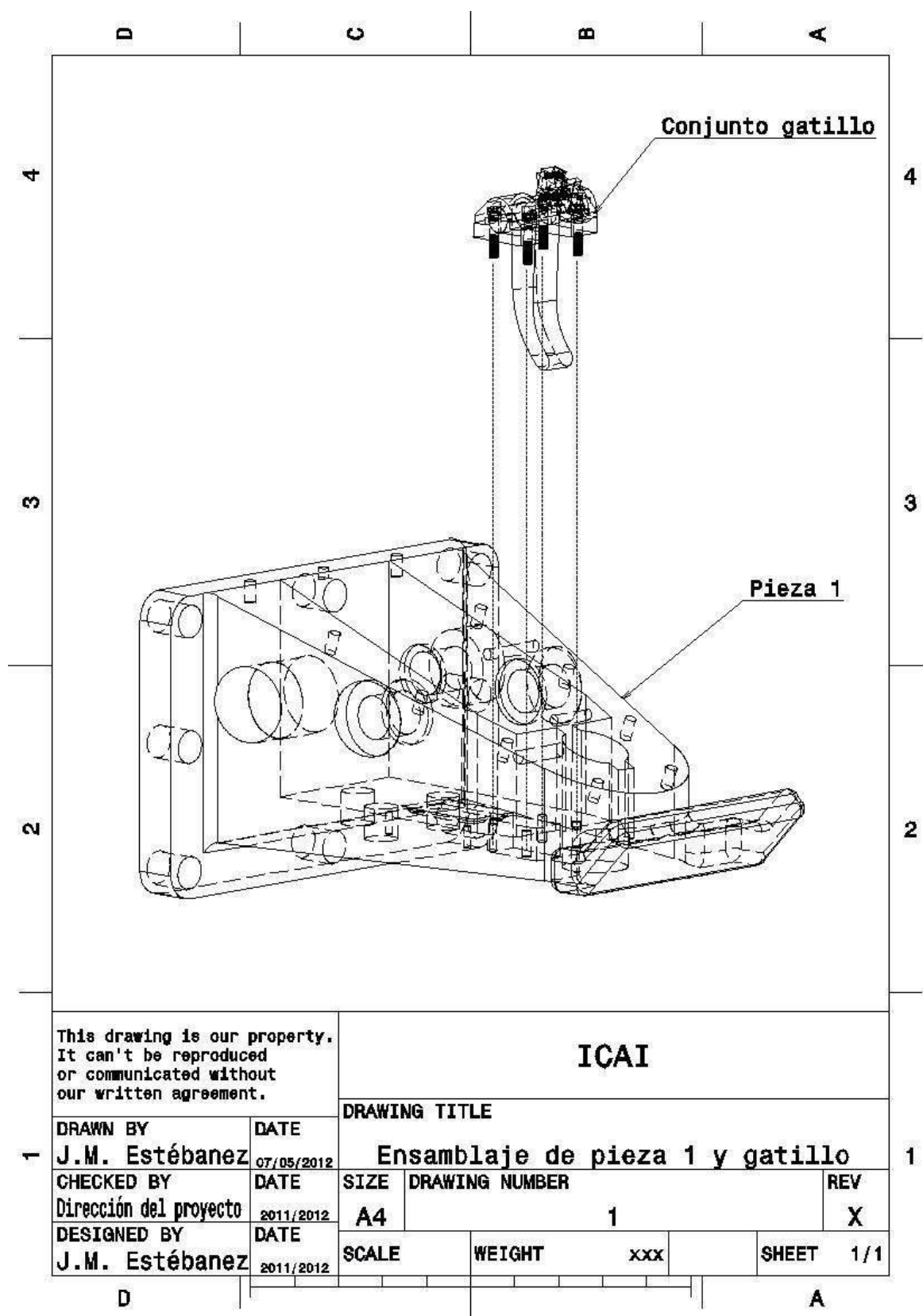
1/1

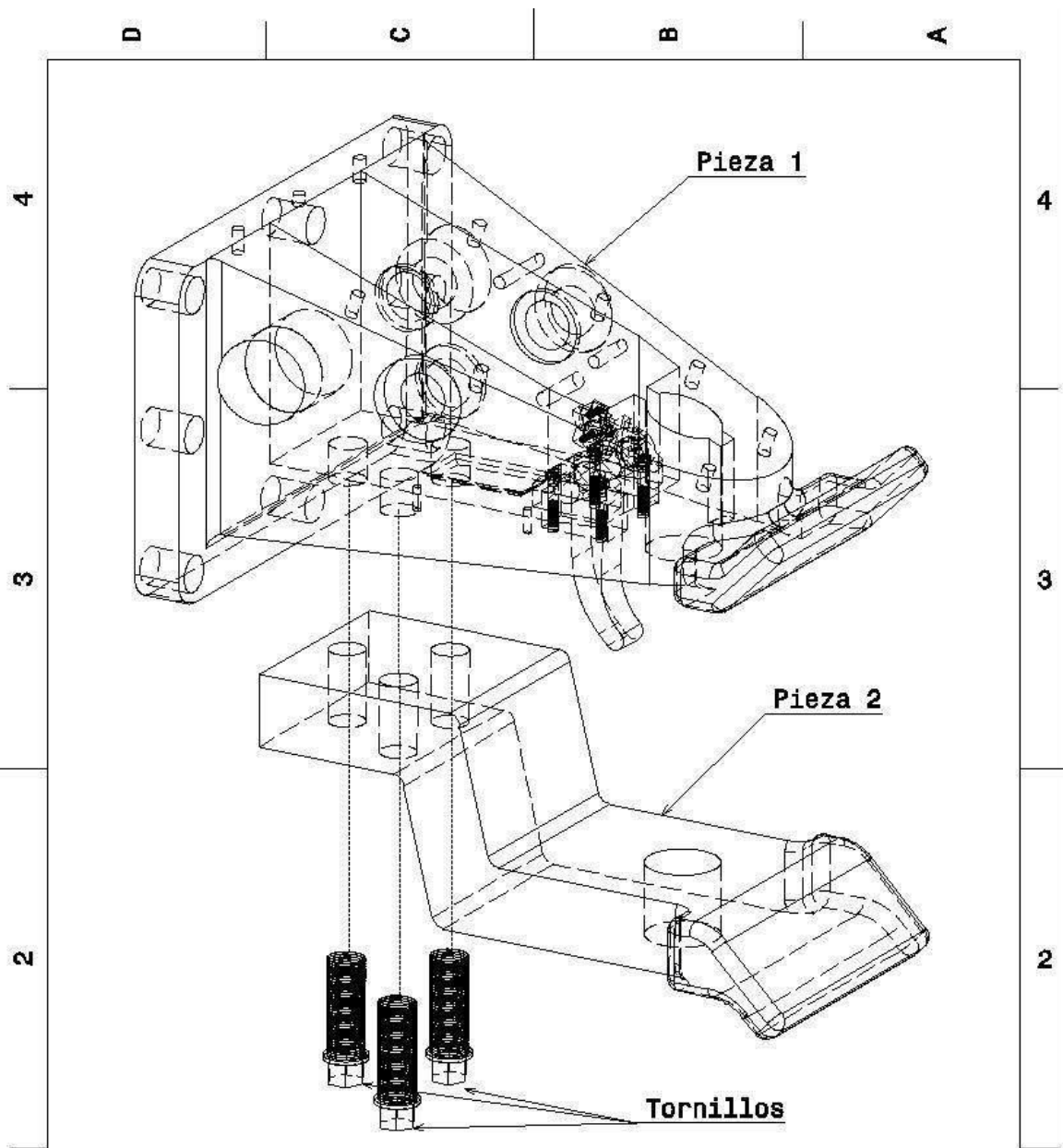




Capítulo 11

Planos de montaje





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Atornillado de Pieza 2

DRAWN BY

J.M. Estébanez

DATE

07/05/2012

CHECKED BY

Dirección del proyecto

DATE

2011/2012

DESIGNED BY

J.M. Estébanez

DATE

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

2

REV

X

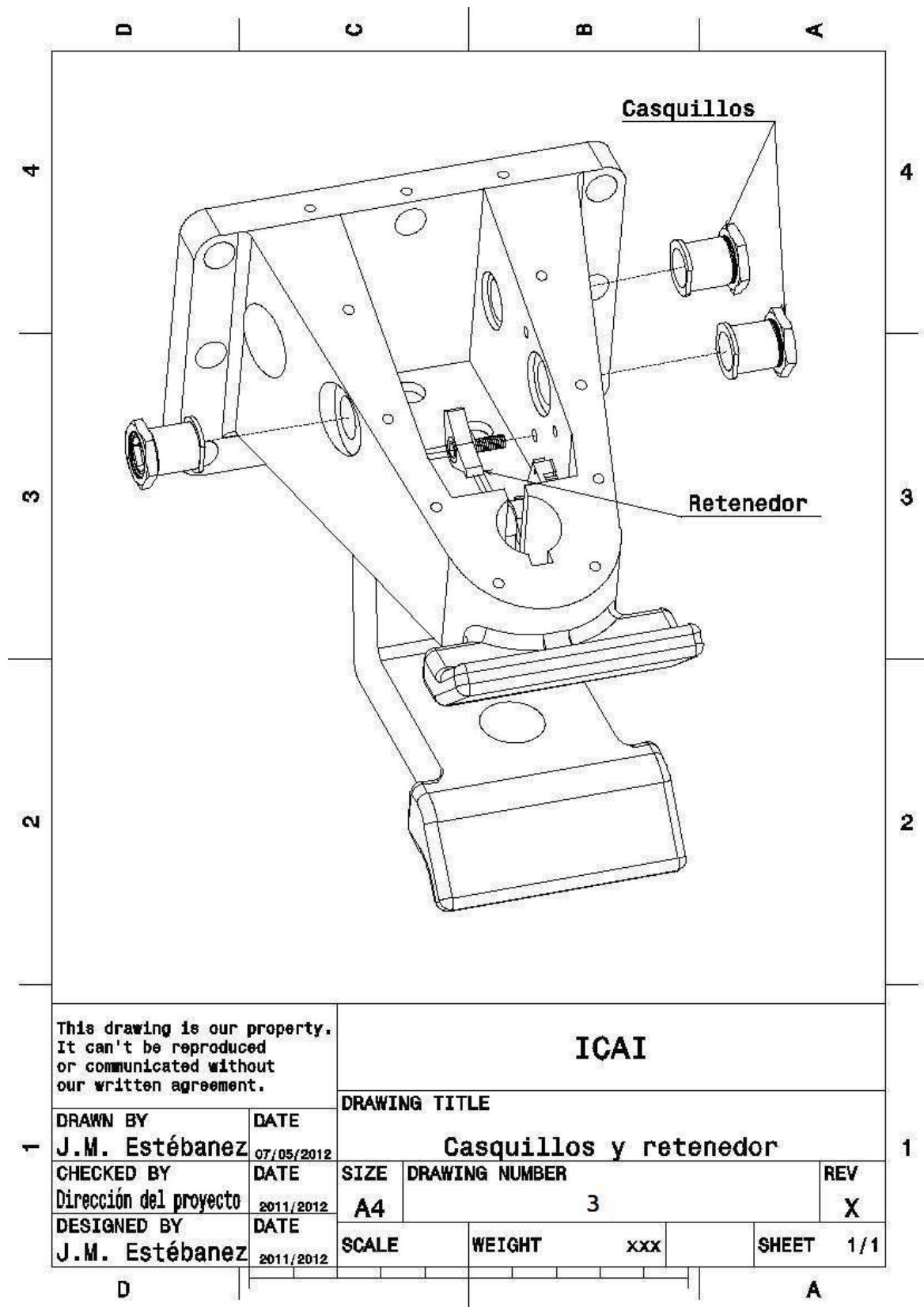
SCALE

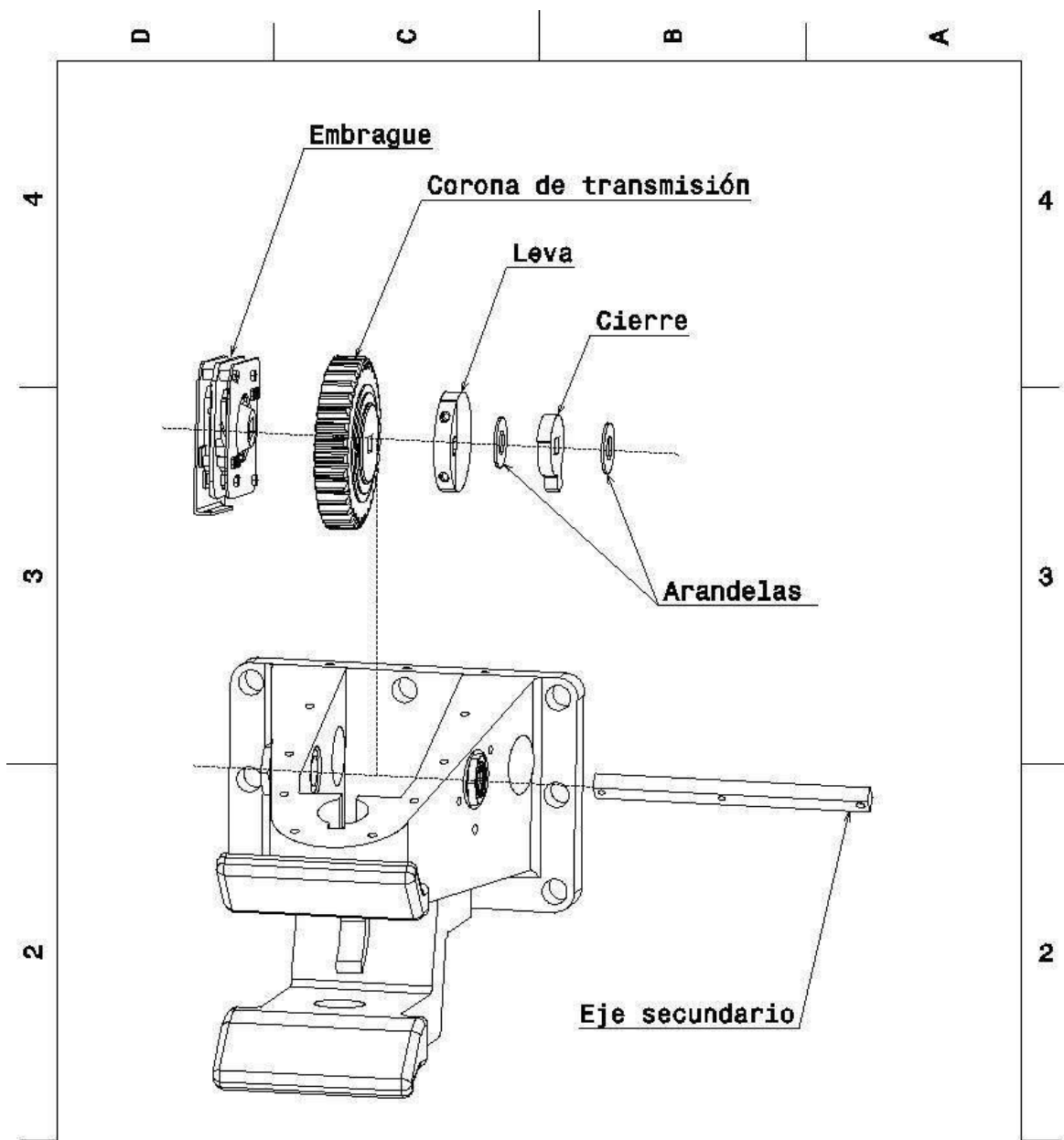
WEIGHT

xxx

SHEET

1/1





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Montaje eje secundario

DRAWN BY

J.M. Estébanez

DATE

07/05/2012

CHECKED BY

Dirección del proyecto

DATE

2011/2012

DESIGNED BY

J.M. Estébanez

DATE

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

4

REV

X

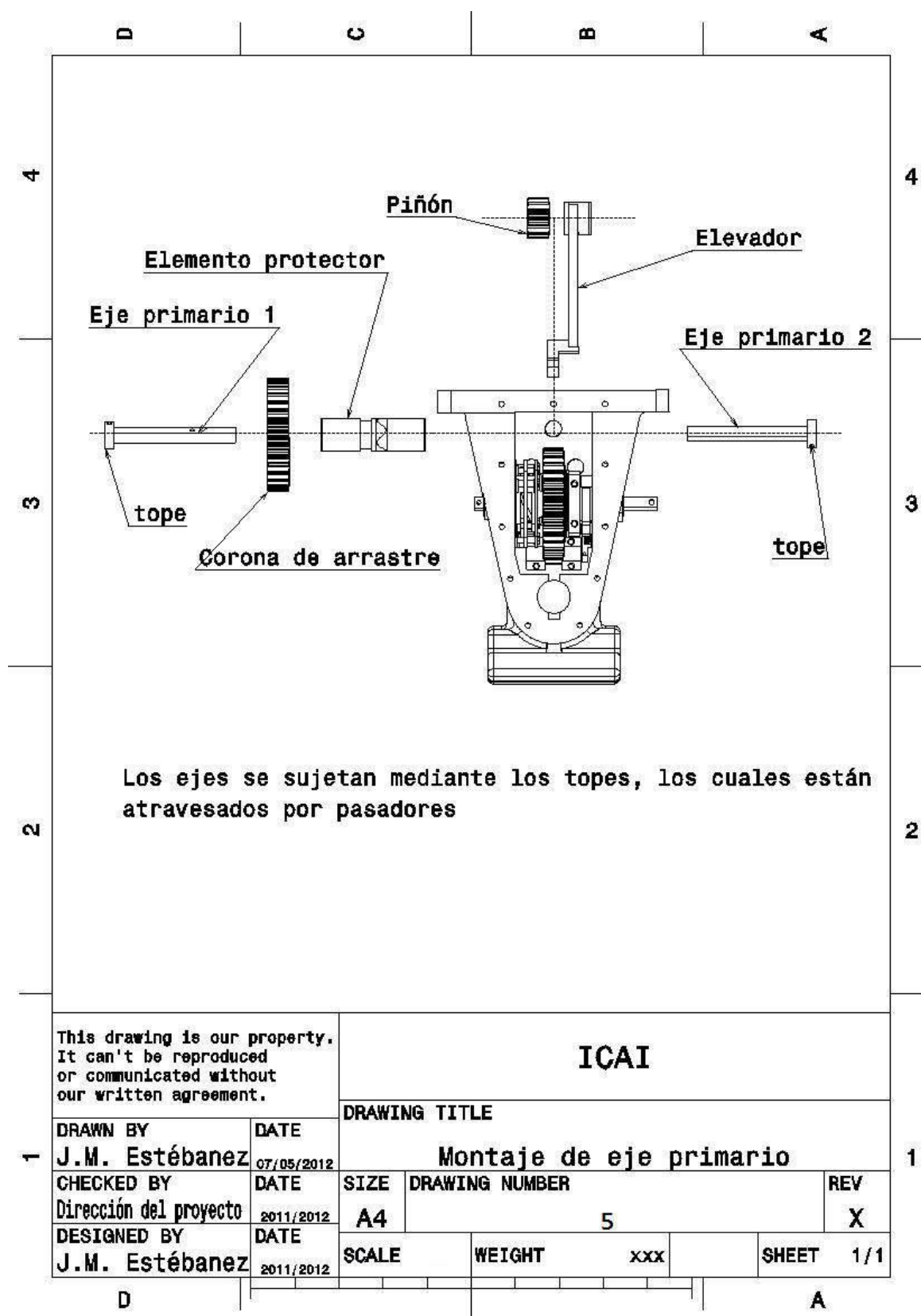
SCALE

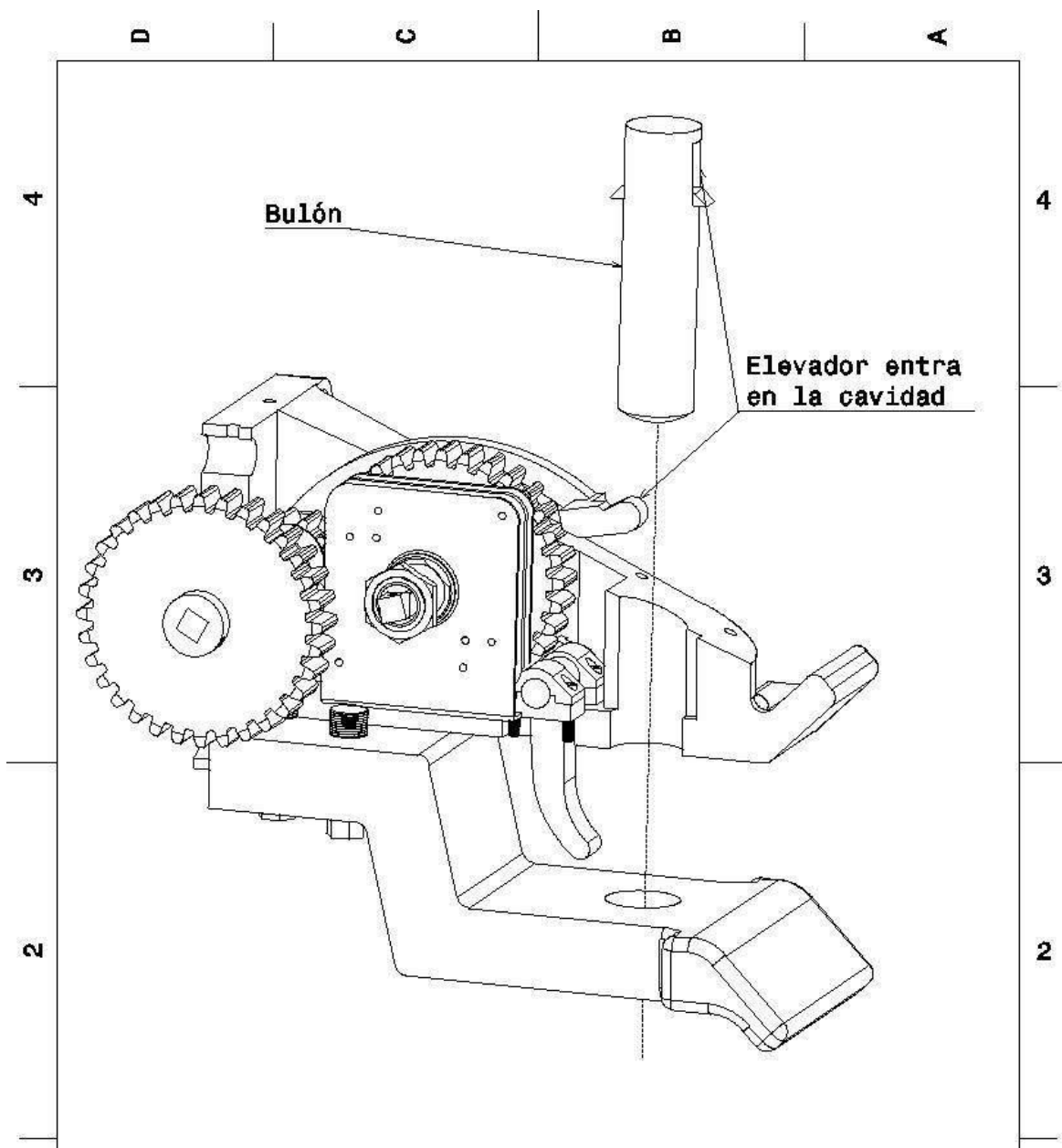
WEIGHT

xxx

SHEET

1/1





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Montaje del bulón

DRAWN BY

J.M. Estébanez

DATE

07/05/2012

CHECKED BY

Dirección del proyecto

DATE

2011/2012

DESIGNED BY

J.M. Estébanez

DATE

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

6

REV

X

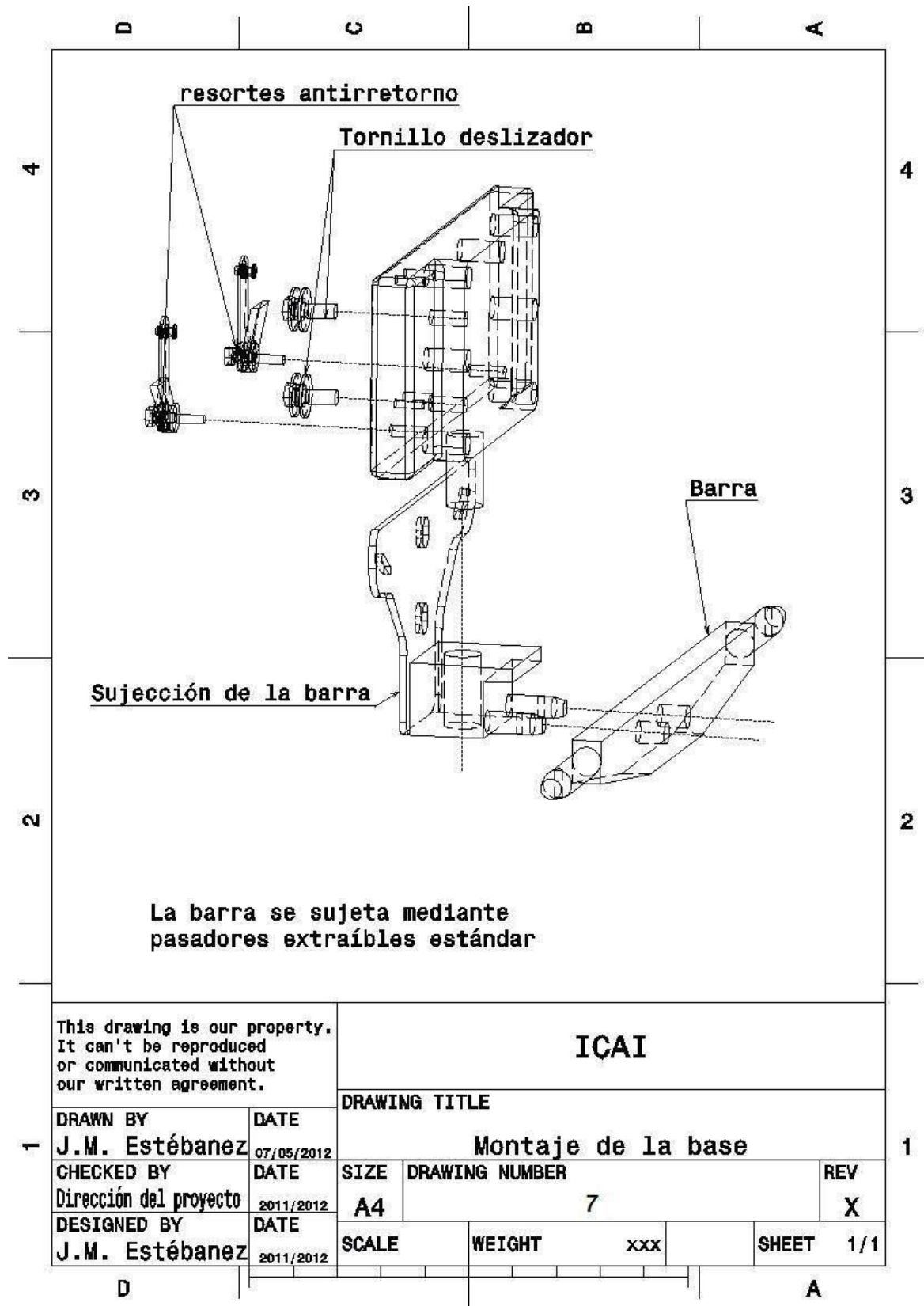
SCALE

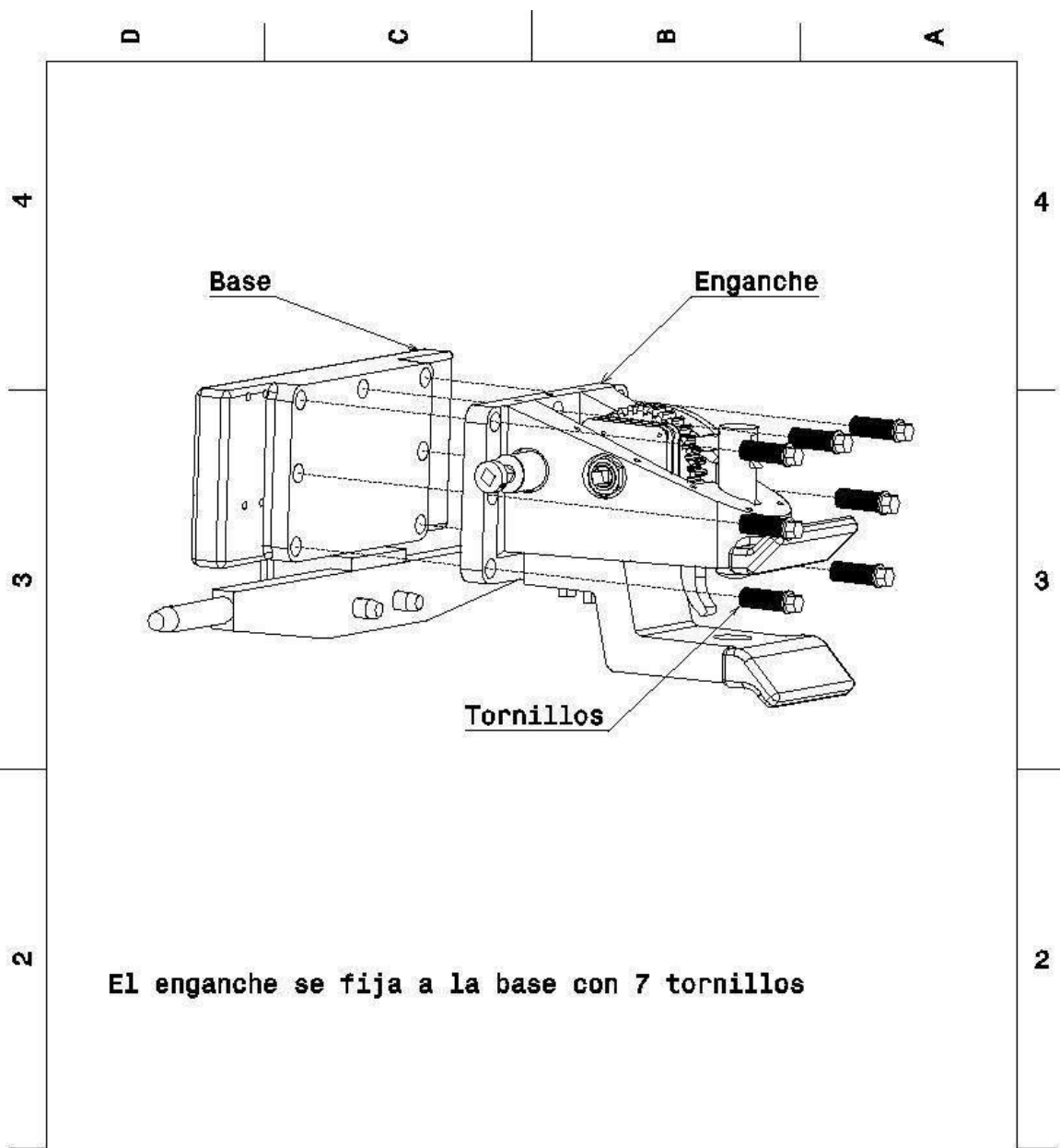
WEIGHT

xxx

SHEET

1/1





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWN BY

DATE

DRAWING TITLE

J.M. Estébanez

07/05/2012

Montaje del enganche sobre la base

CHECKED BY

DATE

SIZE DRAWING NUMBER

REV

Dirección del proyecto

2011/2012

A4

8

X

DESIGNED BY

DATE

SCALE

WEIGHT

xxx

SHEET

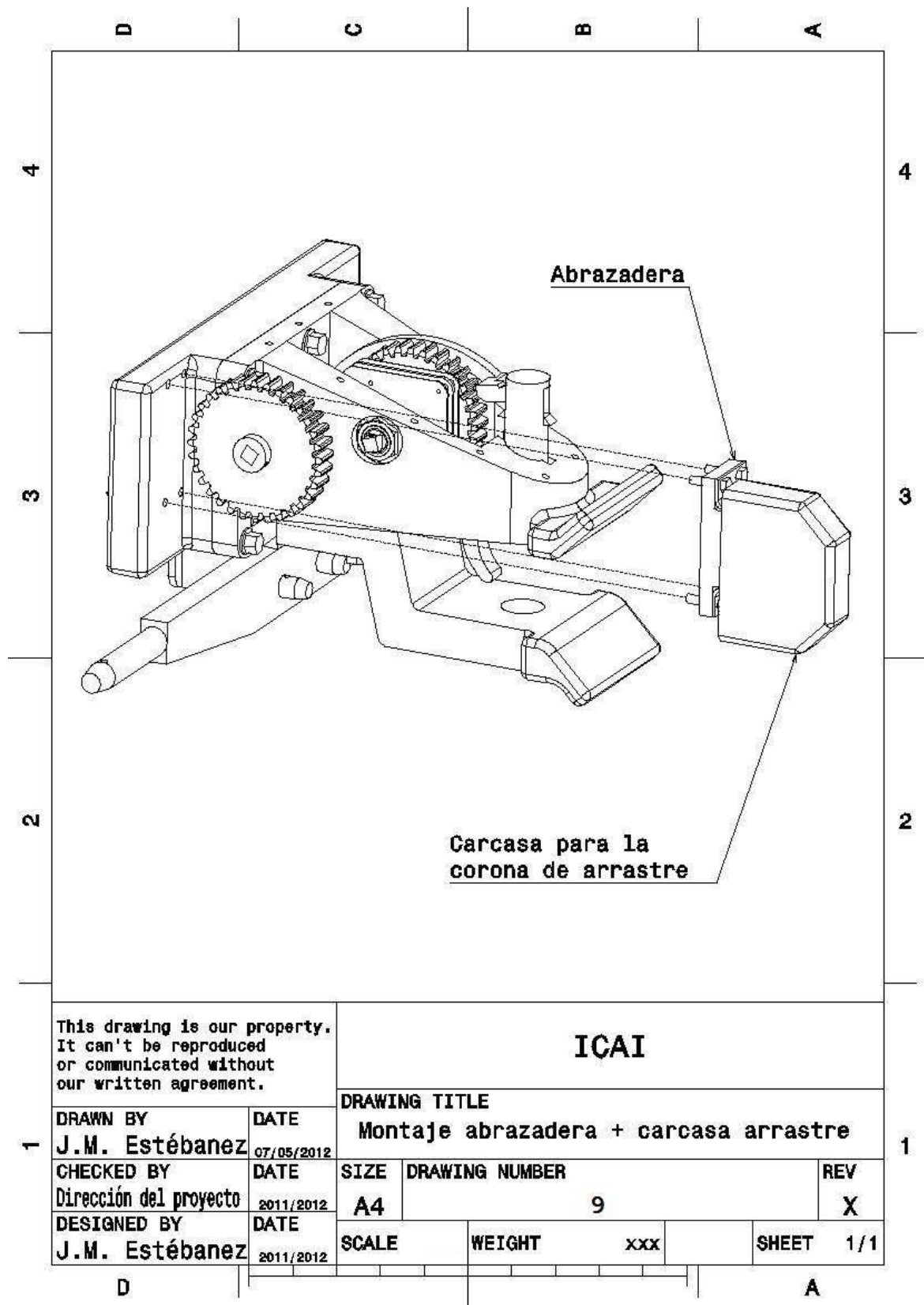
1/1

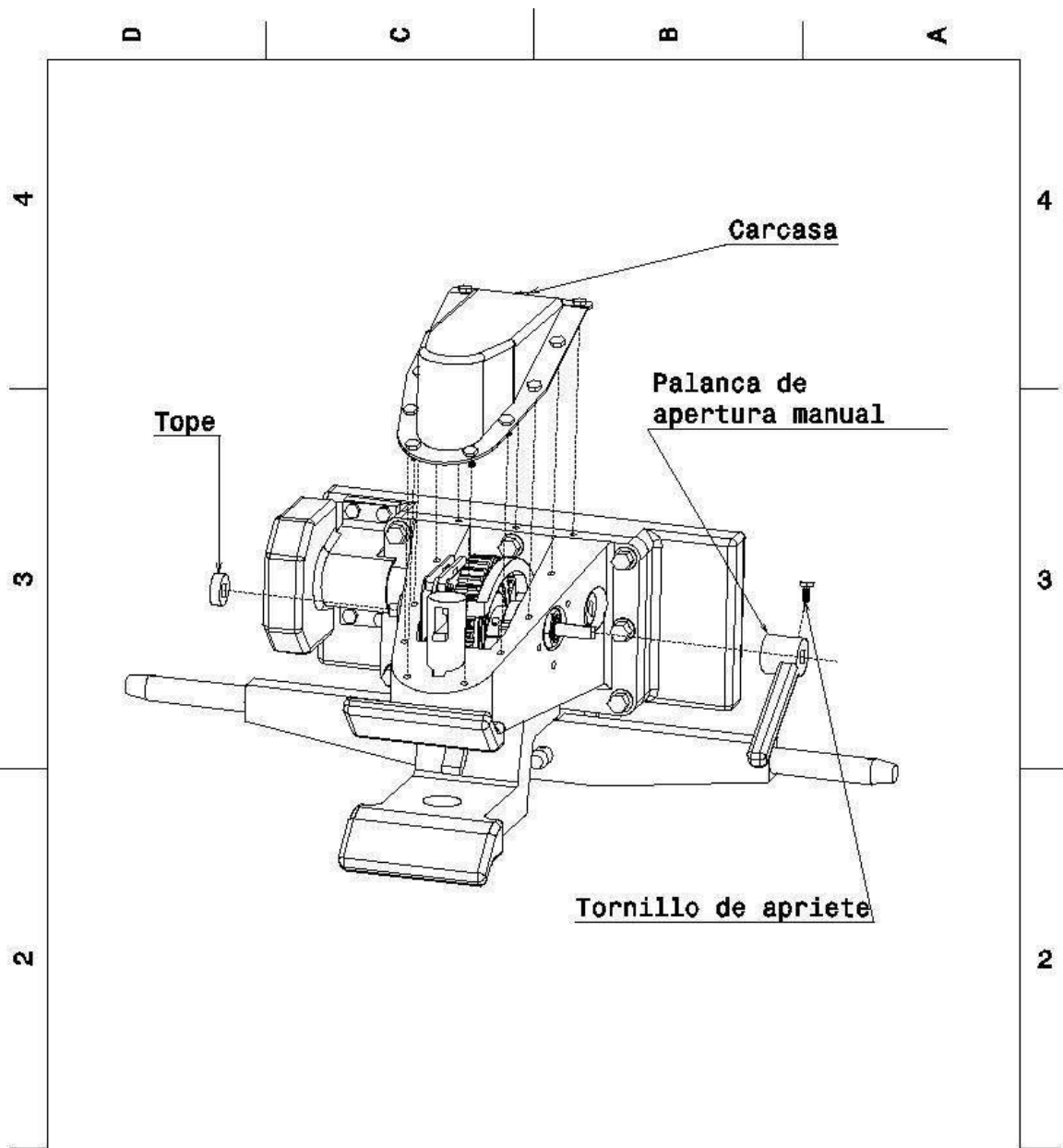
J.M. Estébanez

2011/2012

D

A





This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

ICAI

DRAWING TITLE

Montaje de carcasa y palanca

DRAWN BY

J.M. Estébanez

DATE

07/05/2012

CHECKED BY

Dirección del proyecto

DATE

2011/2012

DESIGNED BY

J.M. Estébanez

DATE

2011/2012

SIZE

A4

DRAWING NUMBER

10

REV

X

SCALE

WEIGHT

xxx

SHEET

1/1

