

## Escuela de Ingeniería Industrial

### TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento  
multifunción para uso doméstico.*

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**ALUMNO:** Sergio Moldes Álvarez

**DIRECTORES:** David Suárez Eiroa

Natalia Cid Rodríguez

Universida<sub>d</sub>e Vigo

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto es la realización del diseño de una estructura de entrenamiento multifunción que cubra las necesidades de cualquier atleta destinado principalmente a un uso doméstico. Se busca realizar una estructura lo más completa y económica posible, ya que es un nicho de mercado poco explotado y en auge debido a la pandemia mundial en la que nos encontramos desde el año pasado.

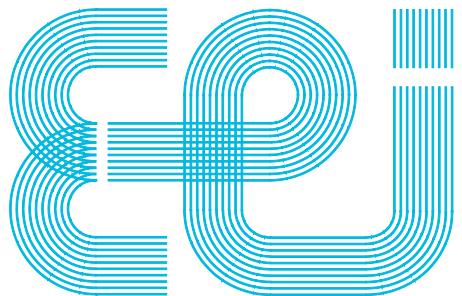
En primer lugar, se realiza una búsqueda entre los distintos proveedores existentes tanto para la materia prima, barajando distintos materiales, como para los elementos comerciales necesarios, contactando con estos y utilizando sus catálogos.

Posteriormente, se evalúa qué elementos son más útiles y se diseñan buscando la mejor calidad-precio. Se trabaja con SolidWorks, barajándose la implementación de distintos procesos de soldadura y corte más económicos para obtener un producto competitivo.

El resultado del diseño estará formado por una estructura principal básica, a la que se le pueden añadir distintos accesorios, tales como una estructura para realizar fondos y un sistema de empujes verticales, entre otros.

Todos los elementos son analizados mediante simulaciones de cargas y esfuerzos, para comprobar la durabilidad y resistencia de todas las partes.

El producto final se podrá personalizar al gusto del atleta que lo solicite, ya que está diseñado para tener una estructura básica a la cual se le podrán añadir diferentes accesorios, incrementando o disminuyendo su precio, reflejando todas las opciones en el presupuesto.



Escuela de Ingeniería Industrial

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento  
multifunción para uso doméstico*

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

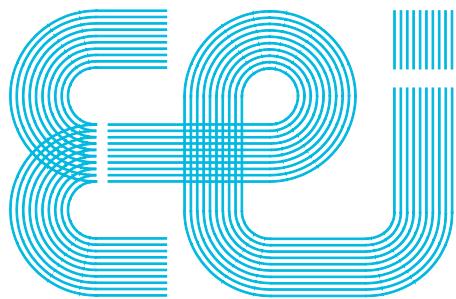
**Documento**

**ÍNDICE**

**UniversidadeVigo**

## **ÍNDICE DE DOCUMENTOS**

- I. Memoria
- II. Planos
- III. Pliego de condiciones
- IV. Presupuesto



Escuela de Ingeniería Industrial

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento  
multifunción para uso doméstico.*

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Documento**

**MEMORIA**

**UniversidadeVigo**

## CONTENIDO

Contenido .....	0
Figuras.....	0
Tablas.....	0
1 Contextualización .....	1
2 Requerimientos .....	2
3 Objetivos .....	3
4 Estado del arte.....	4
4.1 Racks simples: .....	4
4.1.1 Racks portátiles: .....	4
4.1.2 Soporte de sentadillas o rack de sentadillas: .....	5
4.1.3 Racks de potencia:.....	5
4.2 Racks complejos .....	6
4.3 Materiales: .....	7
4.4 Apoyos y sujetaciones: .....	7
4.5 Estación de dips:.....	7
4.6 Sistema de empuje vertical:.....	8
5 Diseño conceptual.....	9
5.1 Estructura principal: .....	10
5.2 Barra de dominadas .....	12
5.3 Uniones entre elementos.....	12
5.4 Estación de dips .....	13
5.5 Remo.....	13
5.5.1 Primera versión: .....	14
5.5.2 Segunda versión: .....	14
5.5.3 Tercera versión:.....	15
5.5.4 Versión final:.....	16
5.6 Sistema de empuje vertical:.....	17
5.6.1 Primera versión: .....	17
5.6.2 Segunda versión: .....	17
5.6.3 Tercera versión:.....	18
5.6.4 Versión final:.....	19
5.7 Almacenamiento para barras .....	21
5.8 Jcup.....	22
5.9 Soporte quitamiedos .....	22
6 Diseño de detalle.....	24
6.1 Dimensionado de la estructura y accesorios:.....	24

6.1.1 Estructura principal .....	24
6.2 Material:.....	25
6.2.1 Acero S235JR:.....	25
6.2.2 Acero S275JR:.....	25
6.2.3 Acero S355JR:.....	25
6.3 Tornillería: .....	26
6.3.1 Tornillo DIN 931 calidad 8.8 .....	26
6.3.2 Tornillo DIN933 calidad 8.8 .....	26
6.3.3 Tuerca autoblocante DIN 985 .....	26
6.3.4 Arandela DIN 125 .....	27
6.3.5 Cáncamo DIN 580.....	27
6.3.6 Tornillo DIN 912.....	27
6.4 Elementos comerciales .....	27
6.4.1 Tope para remo y dips .....	28
6.4.1 Poleas LFJ .....	28
6.4.2 Cable guía.....	28
6.4.3 Sujeta cable .....	29
6.4.4 Refuerzo final de cable.....	29
6.4.5 Mosquetón.....	29
6.4.6 Rail doble para guiado.....	29
6.4.7 Cojinete lineal con carcasa.....	30
6.4.8 Casquillo.....	30
7 Cálculos justificativos .....	31
7.1 Cálculo de coeficiente de seguridad al vuelco de la estructura .....	31
7.1.1 Vuelco para barra de dominadas .....	31
7.1.2 Vuelco en estación de dips .....	32
7.2 Barra de dominadas: .....	33
7.2.1 Dimensionado de los tornillos para la barra de dominadas.....	33
7.2.2 Análisis utilizando SolidWorks.....	36
7.3 Estación de dips .....	38
7.3.1 Simulación para uso enfocado a trabajo de tríceps: .....	39
7.3.2 Simulación para uso encado en trabajo de pectoral: .....	39
7.4 Jcup .....	40
7.5 Soporte quitamiedos .....	41
7.6 Almacenamiento de discos .....	42
7.6.1 Carga máxima total a ambos lados:.....	43
7.6.2 Carga máxima lateral: .....	44
7.7 Soporte de discos en el sistema de empuje vertical.....	45
7.8 Remo.....	47
7.8.1 Soporte de la barra.....	47
7.8.2 Soporte del remo. ....	49
8 Resumen de capacidades y sugerencias de uso.....	51

9 Conclusiones y líneas futuras.....	53
10 Bibliografía .....	54
11 Anexos .....	56
11.1 Propiedades acero .....	56
11.2 Propiedades tornillos según calidad .....	56
11.3 Fichas técnicas tornillería .....	57
11.3.1 DIN 931 .....	57
11.3.1 DIN 985.....	57
11.3.2 DIN 933.....	58
11.3.1 DIN 125.....	58
11.3.2 DIN 912.....	59
11.3.1 Refuerzo final de cable.....	59
11.3.1 DIN 580.....	60
11.3.2 Poleas LFJ .....	61
11.3.3 Sujeta cable .....	61
11.3.4 Mosquetón DIN 5299 110.....	62
11.3.5 Igus WS-10-40 .....	63
11.3.6 Igus WJ200UM-01-10.....	64
11.3.7 Casquillo teflón 18-24-30-18 .....	65

## FIGURAS

Figura 1: Rack portátil (4).....	5
Figura 2:Rack de sentadillas (5) .....	5
Figura 3: Rack de potencia (6).....	6
Figura 4: Rack complejo con todos los accesorios (7) .....	6
Figura 5: Estación de dips (8) .....	7
Figura 6: Sistema de polea (9) .....	8
Figura 7: Sistema Mighty CX-35 (10).....	8
Figura 8: Primer modelo .....	10
Figura 9: Segundo modelo .....	11
Figura 10: Modelo final con accesorios.....	12
Figura 11: Detalle soldadura en almacenamiento de discos .....	13
Figura 12: Diseño de la estación de dips .....	13
Figura 13: Remo v1 .....	14
Figura 14: Remo v2 .....	14
Figura 15: Remo v3 .....	15
Figura 16: Posiciones posibles de la viga .....	15
Figura 17: Detalle unión remo .....	16
Figura 18: Detalle piezas remo .....	16
Figura 19: Detalle unión piezas .....	16
Figura 20: Remo final .....	17
Figura 21: Detalle del sistema de empuje vertical v1 .....	17
Figura 22: Detalles del sistema de empuje vertical v2 .....	18
Figura 23: Sistema de empuje vertical v3 .....	18
Figura 24: Detalle poleas .....	19
Figura 25: Detalle polea inferior.....	20
Figura 26: Detalle polea superior.....	20
Figura 27: Detalle soporte discos y sujeción.....	21
Figura 28: Sistema de empuje vertical final. ....	21
Figura 29: Almacenamiento para barras .....	22
Figura 30: Jcup.....	22
Figura 31: Soporte quitamiedos .....	23
Figura 32: Dimensiones barra olímpica (12) .....	24
Figura 33: Formatos de acero usados.....	25
Figura 34: DIN 931 .....	26
Figura 35: DIN 933 .....	26
Figura 36: DIN 985 .....	26
Figura 37: DIN 125 .....	27
Figura 38: DIN 580 .....	27

Figura 39: DIN 912 .....	27
Figura 40: Tope remo y dips (13) .....	28
Figura 41: Polea LFJ (14) .....	28
Figura 42: Cable guía (15) .....	28
Figura 43: Sujeta cable retén cromado (16) .....	29
Figura 44: Bola nylon (17) .....	29
Figura 45: Mosquetón (18) .....	29
Figura 46: Rail doble para guiado WS-10-40 (19) .....	30
Figura 47: WJ200UM-01-10 (20) .....	30
Figura 48: Casquillo de teflón (21) .....	30
Figura 49: Datos de partida de la estructura .....	31
Figura 50: Situación de la fuerza .....	32
Figura 51: Situación de la fuerza .....	33
Figura 52: Barra de dominadas: cargas .....	33
Figura 53: Distribución placa de apoyo de la barra de dominadas .....	34
Figura 54: Detalle sujetaciones de barra de dominadas .....	37
Figura 55: Detalle de repartición de fuerzas .....	37
Figura 56: Deformación en el eje vertical .....	38
Figura 57: Tensión máxima soportada .....	38
Figura 58: Detalle de fijación de estación de dips .....	38
Figura 59: Deformación en el eje vertical .....	39
Figura 60: Punto más desfavorable .....	39
Figura 61: Deformación en el eje vertical .....	40
Figura 62: Punto más desfavorable .....	40
Figura 63: Detalle sujetaciones de Jcup .....	40
Figura 64: Deformación en el eje vertical .....	41
Figura 65: Punto más desfavorable .....	41
Figura 66: Detalle sujetaciones de soporte quitamiedos .....	41
Figura 67: Desplazamiento en el eje vertical .....	42
Figura 68: Tensión máxima .....	42
Figura 69: Detalle sujetaciones en el almacenamiento de discos .....	43
Figura 70: Desplazamiento en el eje vertical en el almacenamiento de discos .....	43
Figura 71: Tensión máxima en el almacenamiento de discos .....	44
Figura 72: Desplazamiento en el eje vertical en el almacenamiento de discos .....	44
Figura 73: Tensión máxima en el almacenamiento de discos .....	45
Figura 74: Detalle sujetaciones de soporte de discos en el sistema de empuje vertical .....	45
Figura 75: Detalle fuerzas en el soporte de discos del sistema de empuje vertical .....	46
Figura 76: Desplazamiento en el eje vertical en el sistema de empuje vertical .....	46
Figura 77: Tensión máxima en el sistema de empuje vertical .....	46
Figura 78: Detalle sujetaciones del soporte de la barra .....	47
Figura 79: Detalle fuerzas del soporte de la barra .....	47
Figura 80: Desplazamiento en el eje vertical del soporte de la barra .....	48
Figura 81: Tensión máxima del soporte de la barra .....	48

Figura 82: Detalle reparto de fuerzas del soporte de la barra .....	48
Figura 83: Desplazamiento en el eje vertical del soporte de la barra .....	49
Figura 84: Tensión máxima soportada del soporte de la barra .....	49
Figura 85: Detalle sujetaciones del soporte del remo .....	49
Figura 86: Detalle fuerzas en el soporte del remo .....	50
Figura 87: Desplazamiento en el eje vertical en el soporte del remo .....	50
Figura 88: Desplazamiento en el eje vertical en el soporte del remo .....	50
Figura 89: Loseta de caucho (23).....	51
Figura 90: Jcups reforzados (24).....	51
Figura 91: Estructura principal .....	51
Figura 92: Sistema de remo .....	51
Figura 93:Sistema guiado .....	51
Figura 94: Estación de dips.....	51
Figura 95: Jcup.....	52
Figura 96: Soporte quitamiedos .....	52

## TABLAS

Tabla 1: Medidas estación de dips (8) .....	7
Tabla 2: Resumen de movimientos de interés (11).....	10
Tabla 3: Áreas útiles y resistencia a tracción para diámetros normalizados (22).....	35
Tabla 4: Resumen de capacidades y sugerencias de uso .....	52
Tabla 5: Propiedades aceros (23).....	56
Tabla 6: Propiedades de tornillos según calidad (24) .....	56
Tabla 7: Características DIN 931 (25).....	57
Tabla 8: Características DIN 985 (25).....	57
Tabla 9: Características DIN 931 (25).....	58
Tabla 10: Características DIN 125 (25).....	58
Tabla 11: Características DIN 912 (26).....	59
Tabla 12: Dimensiones bola nylon (17).....	59
Tabla 13: Características DIN 580 (28).....	60
Tabla 14: Dimensiones polea LFJ (9).....	61
Tabla 15: Sujetacable (16) .....	61
Tabla 16: Características DIN 5299 (29).....	62
Tabla 17: Características Igus WS ( (19).....	63
Tabla 18: Características Igus WJ (20).....	64
Tabla 19: Casquillo teflón (30) .....	65

## 1 CONTEXTUALIZACIÓN

El presente proyecto trata el diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción con el objetivo de cubrir las necesidades de cualquier deportista desde amateurs hasta profesionales con una orientación primordial a uso doméstico.

El diseño de esta estructura multifunción permite a los usuarios realizar varios ejercicios distintos empleando un mismo equipo.

En la memoria adjunta a este proyecto se detalla la documentación y los procedimientos empleados para el desarrollo del diseño, cálculo, planos y presupuesto del mismo.

El aumento constante de personas que desean practicar un deporte es una realidad que se ha establecido en nuestra sociedad y su previsión de crecimiento va al alza.

Cada vez más personas optan por llevar una vida más saludable y eso los lleva a querer mantenerse en forma ejercitándose.

Esa tendencia ha dado un paso más y se ha colocado como una de las actividades habituales para cada vez un mayor número de personas, tan habitual como realizar cualquier actividad de ocio tradicional.

Uno de los motivos más frecuentes para no practicar ejercicio es la falta de tiempo condicionada por el ritmo de vida actual, prueba de ello es el aumento constante de la demanda de nuevos equipamientos de ejercicio para el hogar y de plataformas de fitness online siguiendo instrucciones de forma virtual que evitan los desplazamientos a centros de entrenamiento.

Este situación se agravó considerablemente con el comienzo de la crisis sanitaria mundial provocada por la COVID-19 que obligó a la instauración de un Estado de Alarma limitando la libre circulación de los ciudadanos lo que afectó directamente a la forma de hacer deporte y dio lugar a un incremento significativo de la demanda de material deportivo para entrenar en casa, llegando a provocar roturas de stock de muchos de estos artículos como, bicicletas estáticas, que aumentaron un 453%, elípticas 218%, rodillos para bicicletas 508%. (1)

Esta nueva concepción del hogar como un espacio seguro para la actividad física frente al riesgo de exposición al virus que supone el entrenamiento en un espacio cerrado con más usuarios, unido al aumento del teletrabajo y a la flexibilidad que permite practicar deporte en cualquier momento en tu casa ha generado un nuevo nicho de mercado en el sector del equipamiento deportivo para el hogar.

Con este diseño se pretende crear un prototipo multifunción que encaje en las nuevas necesidades de mercado.

## 2 REQUERIMIENTOS

En el diseño de este prototipo se ha tenido en cuenta las necesidades más importantes demandadas por el potencial usuario.

Los requerimientos que el equipo ha de cumplir:

- Crear un equipo lo más compacto posible.
- Diseño adaptable en altura.
- Fácil de instalar y montar.
- Despiece simple para facilitar su transporte.
- Diseño optimizado para usuarios de 1.50m a 2m de altura.
- Implementación de accesorios que soporten:
  - Sistema de guiado → 150kg
  - Sistema de remo → 150kg
  - Estación de dips → 150kg
  - Juego de Jcups → 300kg
  - Juego de soporte quitamiedos → 400kg
- Compatibilidad con barras y discos con las medidas del estándar olímpico.
- Enfocado a un público diverso, con diferentes niveles de dificultad a escoger por el usuario. Se requiere que abarque muchos tipos de ejercicios, desde lo más simple a lo más complejo.
- Reducir los desplazamientos entre máquinas, haciendo que el ejercicio se concentre en tiempo y lugar concreto.
- Diseñar una máquina económica.
- Cumplimiento de normativa de seguridad de la UE.

### 3 OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto es el diseño y estudio de una estación multifunción que permita realizar un gran abanico de ejercicios dentro de una misma estructura, buscando una solución económica, fiable y que sea competente dentro del mercado actual.

Está enfocado a todo tipo de usuarios, desde personas que están empezando en el mundo de la musculación, pasando por usuarios intermedios hasta atletas profesionales.

Se evita al usuario realizar desplazamientos innecesarios a centros deportivos, al facilitarle realizar su rutina de ejercicios en el hogar.

Se busca un diseño simple, en el que se evite la soldadura en la medida de lo posible para favorecer la reducción de costes, utilizando componentes duraderos que cumplan con la normativa vigente, intentando evitar la necesidad de realizar mantenimientos.

Objetivos específicos:

- Estudiar y analizar las diferentes alternativas de equipos de entrenamiento multifunción existentes en el mercado.
- Elaborar diferentes diseños de prototipos tomando como base las alternativas seleccionadas modelándolas en SolidWorks.
- Proponer un diseño final adaptado a los requerimientos.
- Modelaje de componentes finales en SolidWorks.
- Dimensionamiento y justificación de los elementos que componen el sistema de entrenamiento.
- Elaborar planos de los elementos no comerciales mediante SolidWorks y AutoCad.
- Crear un presupuesto en el que se estime el coste del proyecto.

## 4 ESTADO DEL ARTE

El uso de máquinas de ejercicio surgió a finales del siglo XIX para intentar contrarrestar los efectos dañinos que provocaba la vida sedentaria.

Zander un médico ortopédico fue el primero en crear un gimnasio con máquinas en el año 1890 en Estocolmo. Diseñó cien máquinas que buscaban simular actividades físicas habituales de la época, como andar en bicicleta, subir escaleras o incluso remar. Estos primeros modelos de máquinas continúan usándose en los gimnasios en la actualidad.

Por primera vez se habló de bienestar físico proponiendo cuidar la salud con lo que él denominó “esfuerzo progresivo” mediante el uso controlado y sistemático de los músculos. Zander desarrolló un sistema de ejercicio con poleas y resortes de resistencia variable para la rehabilitación de pacientes.

A comienzos del siglo XX promocionó sus inventos en EEUU como preventivos para los daños provocados por el sedentarismo y el trabajo en oficina, consiguiendo que se hicieran populares entre las clases trabajadoras y las clases ricas, captando de esta forma una nueva clientela. (2)

En 1950 Jack LaLanne inventó la máquina Smith, un aparato de deslizamiento utilizado para ejercicios de levantamiento de pesas, como las sentadillas entre otros. Hoy en día, hay una serie de modelos y marcas que cumplen con los requisitos de origen.

En 1970 la máquina Nautilus creada por Arthur Jones supuso una revolución. Utilizaba poleas o levas en forma de espiral similares al caparazón de un nautilo ofreciendo resistencia a los músculos en todo el rango de movimiento de un ejercicio. (3)

Los gimnasios fueron evolucionando a lo largo del siglo XX hasta el concepto actual de gimnasio fitness que centran su servicio en la oferta de máquinas para la tonificación muscular y el ejercicio aeróbico.

Después del 2020 debido a la situación COVID muchos centros fitness cierran sus puertas, provocando esto un aumento en la demanda de máquinas multifuncionales para el uso doméstico.

Como tónica general, ninguna de las estructuras en el mercado actual cuenta con bancos, barras, agarres o discos incluidos en su coste base, pudiendo ser estos adquiridos como extras dependiendo del proveedor.

A continuación, se describen los tipos de estructuras existentes:

### 4.1 Racks simples:

Se diferencian por los siguientes grupos:

#### 4.1.1 Racks portátiles:

Este tipo de estructuras son las más simples y de menor precio que se pueden encontrar en el mercado, destacando por su versatilidad, ya que como indica su nombre se pueden utilizar en prácticamente cualquier lugar.

Solamente se puede realizar sentadillas (uno de los tres básicos), y en caso de contar con un banco, press de banca también permite la ejecución de ejercicios accesorios de peso libre con barra, como por ejemplo sería el press militar o remo con barra, cuya ejecución es posible sin depender de dicho elemento.

Son las estructuras que mayores limitaciones presentan en cuanto a la variedad de ejercicios a realizar y al soporte de cargas altas.

Rondan un precio de entre unos 120 a 170 euros.



Figura 1: Rack portátil (4)

#### 4.1.2 Soporte de sentadillas o rack de sentadillas:

Estas estructuras son las mejores en relación simplicidad-precio, ya que permiten realizar los 3 ejercicios básicos (sentadilla, press de banca y dominadas) con una inversión superior a los mencionados anteriormente.

Constan de dos pilares de acero, en la gran mayoría de los casos añaden una barra de dominadas en la parte superior e incluso pueden contar con un pequeño espacio destinado al almacenaje de discos.

Son compatibles con añadir accesorios tales como unos Jcups o soportes quitamiedos.

Estas estructuras son las más utilizadas por usuarios de powerlifting, ya que les permite realizar correctamente los ejercicios básicos sin tener un tamaño exagerado.

Entre las limitaciones que presenta está no poder añadir otras estructuras como accesorios, reduciendo el abanico de ejercicios que se pueden realizar.

Estas estructuras rondan un precio de entre 200 y 900 euros.



Figura 2:Rack de sentadillas (5)

#### 4.1.3 Racks de potencia:

Estas estructuras ya serían un gran salto en comparación con las anteriores, siendo más complejas y voluminosas, lo que supondría un problema para usuarios que cuenten con espacios reducidos en el hogar. Otra desventaja es que algunas de las estructuras comercializadas necesitan anclaje al suelo, suponiendo esto un condicionante a la hora de la compra.

La gran ventaja respecto a las anteriores es la capacidad de personalización por parte del usuario, ya que, en la gran mayoría de los casos, tienen tamaños estándar, con lo que se pueden ir añadiendo accesorios a lo largo del tiempo.

Este tipo de estructuras son óptimas para usuarios de un nivel avanzado, ya que permiten el trabajo con cargas elevadas, siendo las más seguras, estables, resistentes y duraderas.

El coste de este tipo de estructuras se sitúa en un precio superior a los 900€.



Figura 3: Rack de potencia (6)

## 4.2 Racks complejos

Estas serían las estructuras más completas, voluminosas, y con mayor precio en el mercado.

Permiten realizar prácticamente cualquier ejercicio que se desee, poseen la estructura básica de las jaulas de potencia, a la que se puede añadir uno o más sistemas de poleas para realizar cualquier tipo de ejercicio.

Se trata de una estación a la que se le implementan diferentes tipos de máquinas utilizadas en el propio gimnasio.

Como limitaciones encontramos que están diseñadas para su uso en centros de entrenamiento, no pudiendo instalarse en un hogar convencional, al ser tan voluminosas se debe contar con un espacio reservado exclusivamente para esta.

El precio para estas estructuras comienza en los 2000 euros.



Figura 4: Rack complejo con todos los accesorios (7)

#### 4.3 Materiales:

Los equipos existentes en el mercado emplean en su mayoría el mismo tipo de material siendo estos los aceros denominados S235JR, S275JR y S355JR. El motivo de su empleo es su bajo coste, y la inmensa variedad de dimensiones y secciones comercializadas.

#### 4.4 Apoyos y sujetaciones:

En los equipos presentes en el mercado existen dos tipos de apoyos principales, sobre patas o que la estructura apoye directamente en el suelo.

La principal desventaja de un apoyo sobre patas es la necesidad de que estas estén soldadas a la estructura, por lo que requiere un transporte más costoso debido al aumento del tamaño, se necesitaría la realización de cálculos previos para el dimensionado de las patas, su número y distribución para garantizar la seguridad y estabilidad del equipo, lo que incrementa el precio considerablemente.

Por estos motivos se ha seleccionado un apoyo directo sobre el suelo que permitirá ahorro de costes.

En cuanto a las sujetaciones se descarta la soldadura en la medida de lo posible, favoreciendo el ahorro de costes como se menciona anteriormente.

#### 4.5 Estación de dips:

Se realiza un sondeo en el mercado para saber qué alternativas ofrece el mismo. La mayoría de las estaciones encontradas tienen siempre la misma base con ligeras modificaciones.



Figura 5: Estación de dips (8)

Cabe destacar que este diseño tiene una gran ventaja sobre el resto, debido a que las asas están predispuestas en ángulo, variando de 41.9cm de distancia entre los centros de cada asa y 59.7cm en los más alejados, permitiendo al usuario realizar distintas anchuras de agarre, y facilitando que introduzca diferentes variaciones de ejercicios en una misma estructura.

Largo	24" (60,96 cm)
Ancho	27"
Alto	10" (25,4 cm)
Diámetro	1 7/8" (4,76 cm)
Información sobre el acero	3x3" de calibre 7

Tabla 1: Medidas estación de dips (8)

En vista de esto, y sabiendo que Rogue es el suministrador oficial para la gran mayoría de competiciones de este tipo de disciplinas, se decide utilizar como base para el diseño su estación de dips, reproduciendo lo mejor posible las dimensiones para que las variaciones sean mínimas.

#### 4.6 Sistema de empuje vertical:

En el mercado se encuentran las típicas máquinas de empuje vertical existentes en todos los gimnasios, basadas en un sistema de poleas que están conectados a unos pesos. Este tipo de mecanismo suele ser de doble polea, por lo cual el peso de trabajo se ve reducido a la mitad.

En cuanto a este tipo de mecanismo para entrenamiento en casa, se puede ver que el sistema más usado debido a su bajo coste, es la implementación de una polea en la zona superior de la estructura, por la cual rodará una cuerda que tendrá un soporte para discos en uno de sus extremos, y un mosquetón para usar diferentes agarres en el otro.

El problema de este tipo de mecanismos es que no se tiene control alguno sobre la posible oscilación de los discos, y que solo se permiten realizar empujes desde la zona superior, limitando el número de ejercicios que se pueden realizar.



Figura 6: Sistema de polea (9)

El modelo “Mighty CX-35 Pulley System” del fabricante KingsBox (detalle en figura 7) consta de una viga igual que las que conforman la estructura principal, implementado en esta un sistema de rodillos que se deslizan a través de la misma, estando conectado a un sistema de poleas convencional, que permite trabajar tanto desde la zona superior, como desde la zona inferior.



Figura 7: Sistema Mighty CX-35 (10)

## 5 DISEÑO CONCEPTUAL

Después de realizar un análisis de las estructuras existentes, componentes y precio se procede al diseño de una estructura en la cual se puedan desarrollar tanto los ejercicios básicos, como un rango de ejercicios accesorios lo más amplio posible.

Para ello se adjunta en la tabla a continuación dichos ejercicios:

RESUMEN DE MOVIMIENTOS DE INTERES PARA ESTE PROYECTO			
Ejercicio	Básico/ Accesorios	Esquema	Ejecución
Dominadas	Básico		Consiste en colgarse de una barra y levantar verticalmente el propio peso del cuerpo
Press de banca	Básico		Con el cuerpo en posición horizontal apoyando la espalda en un banco, se levanta y se baja una barra con pesas en posición vertical a la altura del pecho inferior
Sentadilla	Básico		Manteniendo la verticalidad con los pies situados a la anchura de los hombros, flexionar las rodillas bajando el cuerpo, sin que la rodilla sobrepase la punta del pie ni los 90° de flexión.
Zancadas	Accesorios		Partiendo de bipedestación dar un paso hacia adelante, manteniendo el torso perpendicular al suelo intentando tocar éste con la rodilla de la pierna que no se desplaza.
Curl de bíceps con polea	Accesorios		Desde una polea baja, con cualquier agarre, manteniendo el codo en posición vertical con el hombro en todo momento, se extiende y se flexiona el brazo.
Press militar	Accesorios		Tanto erguido como sentado, consiste en levantar una barra verticalmente desde la parte superior del pecho, hasta superar la cabeza estirando el brazo por completo.
Fondos de tríceps/ Dips	Accesorios		Con el accesorio diseñado para esto, cargando todo el peso del cuerpo sobre los brazos, extender estos y bajar en posición vertical hasta que el codo tenga una flexión de 90°.
Remo en punta	Accesorios		Con el accesorio diseñado para esto, se introduce la barra y se carga con discos en la parte contraria. Agarrando la barra en el extremo de los discos, se flexiona las rodillas y la cadera. Manteniendo esta posición se flexionan y se estiran los brazos llevando la barra al pecho.

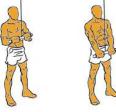
Patadas de tríceps	Accesorios		Desde una polea alta, con el codo en posición vertical al hombro se extiende y se flexiona el brazo hasta que el codo tenga 90° de flexión.
Elevación lateral en polea	Accesorios		Desde una polea baja, con el brazo contrario a la polea estirado totalmente, se eleva este desde una posición paralela al tronco hasta formar un ángulo de 90° con el mismo.

Tabla 2: Resumen de movimientos de interés (11)

En la tabla se muestran algunos de los ejercicios que se podrán realizar con la estructura propuesta en este proyecto.

Los ejercicios anteriormente descritos permiten el correcto trabajo de todos los grupos musculares. Esto se puede dividir en los siguientes:

- Tren inferior: Sentadillas como básico para el trabajo completo de pierna, y como accesorio zancadas para focalizar el trabajo en los cuádriceps y el vasto externo.
- Tren superior:
  - Espalda: Dominadas como básico para el trabajo de espalda completo, y como accesorio remo en punta, centrando este el trabajo en los dorsales.
  - Pecho: Press de banca como básico con posibilidad de realizar accesorios a través de ejercicios en poleas.
  - Brazos: Se puede dividir en 3 subgrupos, siendo estos bíceps, tríceps y hombro, centrando por ejemplo el trabajo de hombro en press militar con barra y los otros dos subgrupos en ejercicios de poleas.

La estructura que se diseña en este proyecto al igual que el resto de estructuras del mercado tampoco cuenta con extras (barras, discos y banco), pudiendo ser estos adquiridos a otros suministradores como GetStrong fitness, teniendo estos una gran relación calidad-precio y siendo una empresa española.

En torno a la elección de los componentes a añadir más útiles se utilizará la propia experiencia personal como deportista, de manera que se pueda obtener un producto lo más completo posible con un coste lo más reducido posible.

## 5.1 Estructura principal:

Para el diseño de esta estructura se realiza un primer bocetado, buscando un equipo compacto, con el mayor número de estaciones posibles, y que tenga un gran espacio de almacenamiento tanto para discos, como para barras.

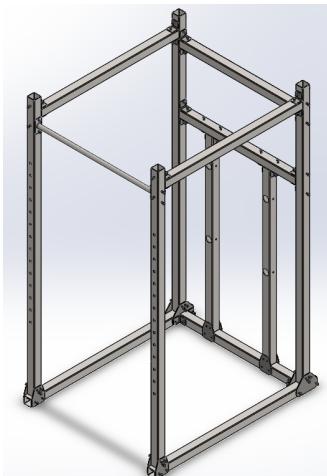


Figura 8: Primer modelo

Este modelo cuenta con barra de dominadas en su parte superior, taladros en su parte anterior para añadir tanto Jcups, como soportes quitamiedos e incluso una estación para dips, siendo esto un punto importante.

La parte posterior estaría destinada al almacenamiento de discos economizando el espacio, ya que se podría poner contra una pared y almacenar los discos contra esta.

Este primer modelo se descarta ya que tiene varios problemas:

- El primero y más importante, es que, debido a su tamaño compacto, no habría ningún lugar en el que poder situar el sistema de empujes vertical. En caso de querer situarlo en la parte posterior, chocaría con los discos, y en los laterales, habría posibilidades de vuelco, por lo cual no sería óptimo.
- El segundo es que no podría contar tampoco con la adición de un sistema para remo por las mismas razones que antes ni con un espacio para almacenaje de ninguna barra y/o accesorio.

Por lo tanto, se descarta este diseño, y se realiza uno totalmente nuevo, que intente solucionar de la mejor manera posible los inconvenientes mencionados anteriormente.

Finalmente se consigue el siguiente diseño:

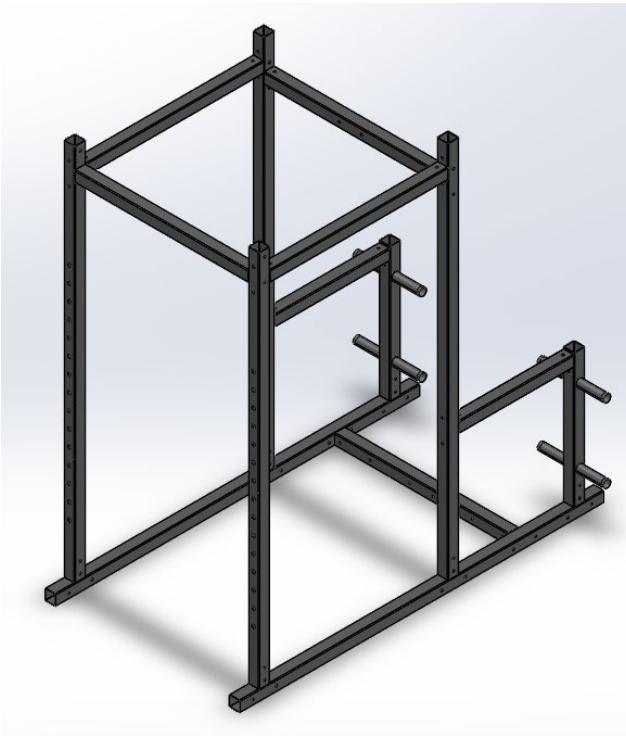


Figura 9: Segundo modelo

Con este segundo modelo, quedan solucionados todos los problemas mencionados anteriormente, a cambio de sacrificar el que sea compacto, ampliando solamente la longitud del mismo.

El problema más importante se soluciona incluyendo un travesaño en el suelo, que hará de soporte para el sistema de empujes vertical, apoyándose este en la parte superior de la estructura, para una mejor fijación. Con esta nueva ubicación no se entorpece ninguna de las otras estaciones de trabajo, pudiendo incluso trabajar dos personas simultáneamente.

Como se puede apreciar en la Figura 10, cuenta con espacio de almacenaje para discos en la parte posterior, con un máximo de 400 kg en discos. También posee almacenaje para dos barras, situándose estos en los laterales del sistema de empuje.

Sigue contando con los orificios en la parte anterior para la implementación de los Jcups, soportes quitamiedos y estación de dips, como en el caso anterior, teniendo la diferencia de que,

aprovechando el travesaño de apoyo del sistema de empujes, se podrá añadir un sistema de remo a uno de los lados, o incluso a los dos, ya que con el tamaño de dicha estructura no habrá posibilidades de vuelco. El análisis detallado de la resistencia al vuelco puede consultarse en el apartado 5.2.

En la siguiente imagen se muestra el resultado final con todos los accesorios:



Figura 10: Modelo final con accesorios

## 5.2 Barra de dominadas

Para su diseño se debe tener en cuenta que las medidas oficiales usadas en este tipo de estructuras son de 33.7mm de grosor para el tubo redondo.

Esta medida es la más cómoda para el usuario, por lo cual se decide escoger un tubo de acero calibrado de 2.5mm de espesor que soportará perfectamente el peso del usuario y permitirá que este utilice lastres altos, ya que se diseña para que soporte 200kg.

A modo de refuerzo, las chapas laterales que unen el tubo a la estructura serán de 6mm de espesor, estando estas perforadas para reforzar el apoyo del tubo junto con la soldadura.

## 5.3 Uniones entre elementos

De acuerdo a los objetivos de este proyecto, se reducirá al mínimo el uso de soldadura en la estructura, por lo que se utilizarán sujetaciones atornilladas permanentes entre los distintos componentes, favoreciendo un ahorro de costes de cara al transporte, y a que el usuario pueda llevar a cabo el montaje sin mayores dificultades.

Para ello se utilizan chapas de 6mm de espesor tanto para el diseño de las piezas de unión del suelo como para las escuadras que unen el resto de la estructura.

El único punto en el cual será necesario el uso de soldadura es en el almacenamiento de discos, se realizarán dos taladros en los pilares posteriores y se soldará un tubo de 48.3mm de diámetro, siendo esta la medida óptima para soportar los discos sin que entren con fricción excesiva o provoquen inestabilidad.



Figura 11: Detalle soldadura en almacenamiento de discos

#### 5.4 Estación de dips

Se realizan diversas modificaciones con respecto a la estación de dips de Rogue (figura 5) siendo estas principalmente dos, las cuales son necesarios para la correcta implementación de dicho accesorio en la estructura principal.

La primera es el cambio en la posición del bulón tope (1, figura 12), siendo este desplazado hacia la parte posterior para que no atraviese la viga y siga ejerciendo su función de tope, sin perjudicar a la estructura y sin encarecer el proceso constructivo, ya que la implementación de este dentro de la misma implicaría el realizar los taladros pertinentes para su uso.

La segunda es la ligera modificación de la cartela (2, figura 12) para poder aumentar su resistencia y su durabilidad, quedando el modelo final de la siguiente manera:

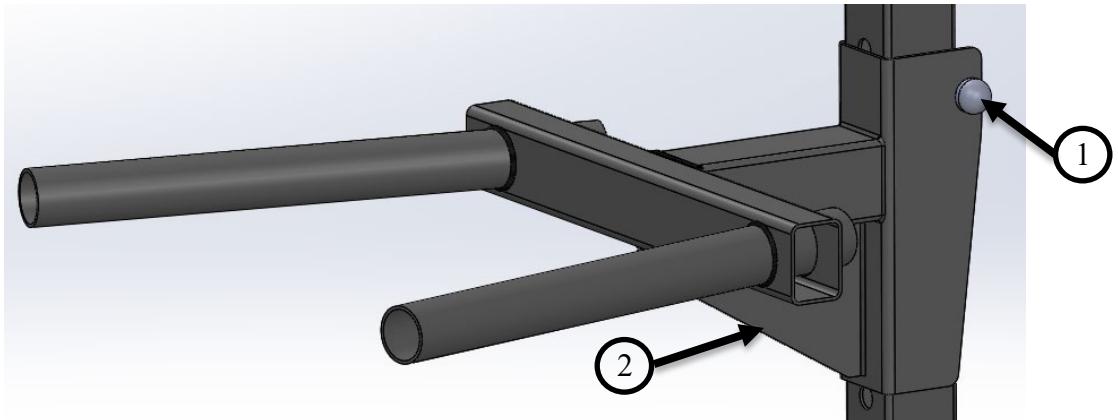


Figura 12: Diseño de la estación de dips

#### 5.5 Remo

Para el diseño del remo, se realiza un sondeo para ver los distintos modelos ya existentes. Al ser un componente no estandarizado, hay una gran variedad de modelos en el mercado. Lo único común para todos es que las barras olímpicas tienen un diámetro estandarizado de 50 mm, por lo cual se utilizará de tubo de acero de 55 mm de diámetro con 1.5 mm de espesor suministrado por Condesa y en calidad S275JR.

Se realizan varias versiones hasta obtener el resultado deseado:

### 5.5.1 Primera versión:

En un primer momento, y con el primer modelo de la estructura como base para trabajar, se valora la opción de realizar un sistema de remo fijo, es decir, que esté anclado a la estructura ya sea mediante un tornillo o soldadura. Se decide utilizar un tornillo como anclaje principal a la estructura, siendo el resultado diseñado el siguiente.

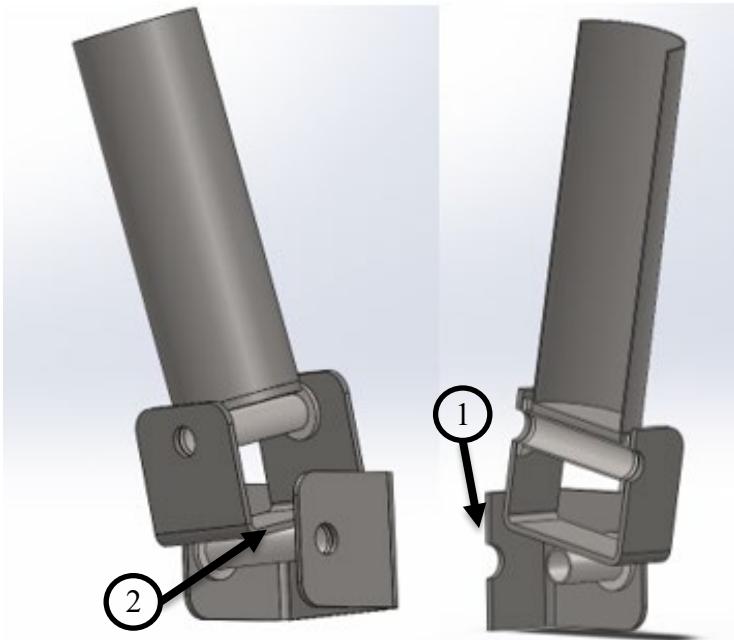


Figura 13: Remo v1

La fijación del accesorio consiste en un tornillo de M12 anclado directamente a la estructura mediante un taladro a través de la chapa plegada inferior (1, figura 13). Esta a su vez constaría de un tornillo pasante, que serviría a método de refuerzo para el tubo exterior que estaría soldado a la siguiente chapa (2, figura 13). Se repetiría el proceso en dicha chapa para terminar el modelo.

Este modelo tiene como gran ventaja que posee dos grados de libertad, lo cual da una amplia gama de movilidad para realizar casi cualquier ejercicio, pero no es adecuado para el modelo final, debido a que el método de acoplamiento no es óptimo, impidiendo el correcto uso del mismo por parte del usuario, por lo cual se descarta parcialmente, como se explica en el siguiente punto.

### 5.5.2 Segunda versión:

Para esta versión se trabaja con el modelo final de la estructura principal como base.

Se idea un sistema en el cual a través de una viga externa (1, figura 14) y mediante el uso de una unión atornillada se pudiese acoplar a la estructura el Remo v2, sin necesidad de modificar esta mediante soldadura o reduciendo su espacio útil. La solución aportada es la siguiente:

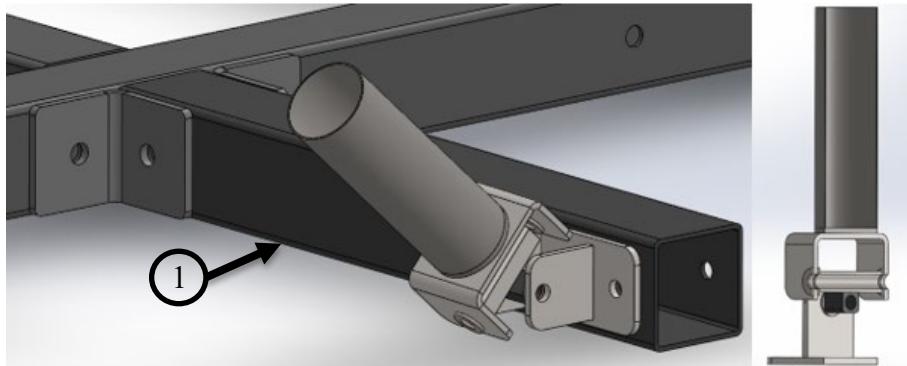


Figura 14: Remo v2

Como podemos ver en la imagen, la viga utilizada, se ancla a la estructura en la zona del travesaño inferior, quedando el saliente hacia la parte exterior y evitando así entorpecer la zona interior de la estructura. De esta forma es posible que trabajen dos personas al mismo tiempo en estaciones diferentes.

El problema principal, es que, al sobresalir hacia el exterior, y no tener la posibilidad de recogerla sin posibilidad de desmontar la viga, hace la estructura demasiado ancha lateralmente y entorpece uno de los mismo.

Otro posible problema a tener en cuenta es que el tornillo de la parte superior de este sistema estaría continuamente tocando en el suelo una vez se deje de usar, y depende del tipo de usuario, se podría producir un desgaste prematuro por el roce. Por lo cual se rechaza esta versión, pero se aprovecha la idea de la viga para optimizarlo aún más.

#### 5.5.3 Tercera versión:

Esta versión se basa en las dos anteriores, cogiendo lo mejor de ambas para conseguir una versión prácticamente idéntica a la final. El resultado es el siguiente:

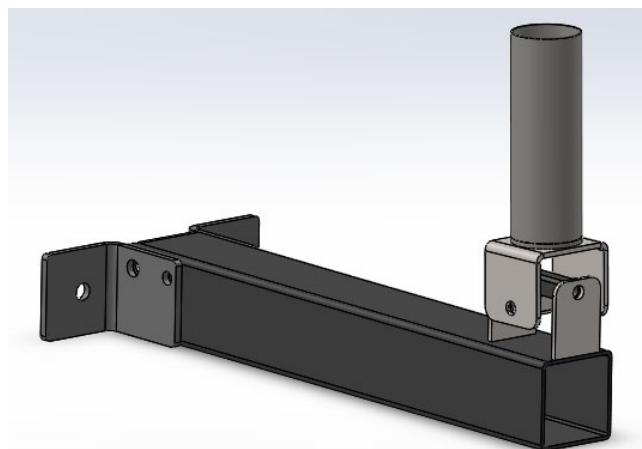


Figura 15: Remo v3

Como solución a la versión 1, se descartará el uso de tornillos para anclar la estructura del remo a la viga, ya que estos impedirían el correcto apoyo de la misma, por lo cual se utilizará soldadura como método de fijación. Como se aprecia en la imagen estaría situado en la esquina opuesta a la unión del travesaño/viga con la estructura principal.

En cuanto a la viga, se idea una solución barata y rápida, la cual consistirá en un sistema de pivote, por lo que la viga se podrá poner en posición horizontal para trabajar (figura 16, imagen derecha), o dejarla recogida en posición vertical mientras no se utiliza (figura 16, imagen izquierda), lo cual ahorra espacio, y a su vez no entorpece a quien esté trabajando dentro de la estructura, ya que con este tipo de diseño tampoco invade el espacio interior de la misma.

Para la fijación de dicha viga en cualquiera de las dos posiciones se utilizará el mismo sistema de bulón tope que en la estación de dips, siendo este mecanismo barato, sencillo y muy útil. Para que esto sea posible, se realiza un redondeo en las caras de la viga para que así pueda pivotar, evitando roce alguno entre la viga, estructura y el propio suelo.

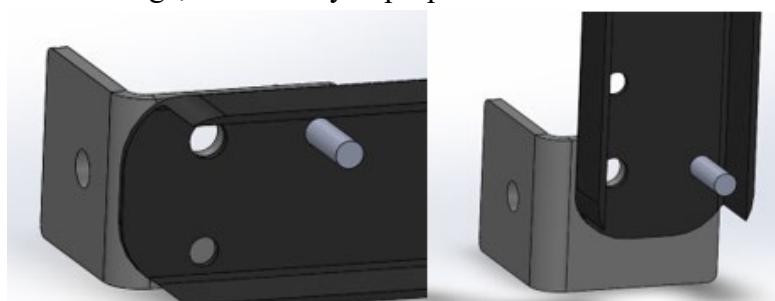


Figura 16: Posiciones posibles de la viga

Para la fijación del remo, se utiliza el mismo sistema que en los anteriores modelos, solo que, en este caso, se opta por un diseño de apoyo cuadrado (detallado en la figura 17), el cual vendría dado por dos bloques de acero que pasarían por un proceso de mecanizado. Al ser en formato cuadrado, se aumentaría la superficie en contacto entre las piezas, lo cual repercutiría favorablemente en un aumento de la resistencia.

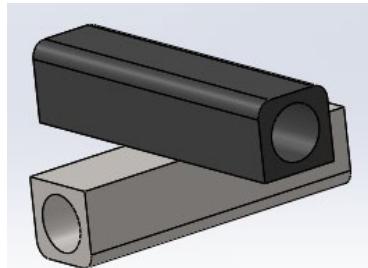


Figura 17: Detalle unión remo

Como inconvenientes de esta versión, simplemente podemos hablar del sistema de fijación para el remo. Como bien se menciona antes, se utilizan piezas mecanizadas para aumentar la superficie de contacto entre piezas, y tras valorarlo detenidamente, se descarta este tipo de diseño, ya que las operaciones de mecanizado tienen un coste bastante elevado, y encarecería demasiado el precio como para que fuese rentable la construcción de este modelo.

#### 5.5.4 Versión final:

Esta versión es prácticamente igual a la anterior, pero incluye dos cambios:

Modificación de la posición del remo. Para ello se introducirá una modificación tanto en la viga, como en la pieza que va soldada a la misma. Esta consistirá en dejar una pestaña en la pieza del remo (detalle en la imagen izquierda de la figura 18), y los posicionadores correspondientes en dicha viga (detalle en imagen derecha de la figura 18), asegurando de esta manera la correcta colocación del remo y facilitándole el trabajo al soldador, lo cual repercute positivamente en el coste de la operación, ya que el soldador invierte menos tiempo en posicionar la pieza y soldarla, abaratando los costes.



Figura 18: Detalle piezas remo

La segunda será el cambio de las piezas mecanizadas, por 2 tubos de acero normalizados (detalle en figura 19), reduciendo esto la superficie de contacto entre caras, pero como se van a unir mediante soldadura, sería indiferente ya que se supliría esta falta de contacto introduciendo un cordón de soldadura más ancho.

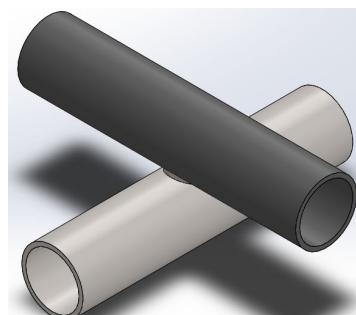


Figura 19: Detalle unión piezas

Por lo tanto, esta versión quedaría de la siguiente manera:

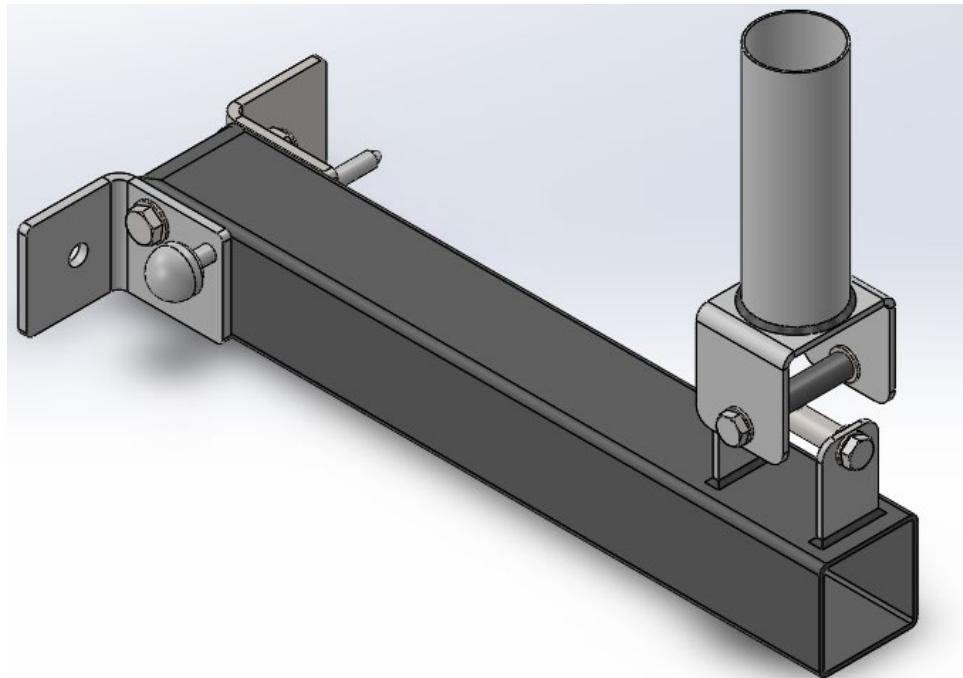


Figura 20: Remo final

## 5.6 Sistema de empuje vertical:

### 5.6.1 Primera versión:

Tomando como base el sistema KingsBox de esta estructura se realizan varias versiones.

La primera de estas consiste en realizar un sistema prácticamente idéntico al de este fabricante, realizando rodillos mecanizados (detalle en figura 21 izquierda), y yendo esto conectado mediante un soporte a una polea (detalle en figura 21 derecha).

Se descarta este modelo por presentar múltiples inconvenientes. El más importante sería que al utilizar rodamientos, estos se desgastarían con relativa facilidad, y sería necesario realizar un mantenimiento frecuente. Otro de los problemas es el propio desgaste que producirían los “rodillos artesanales” al deslizarse por la viga, desgastando tanto el material del rodillo como la viga, provocando descompensaciones e impidiendo el correcto funcionamiento de la estructura.

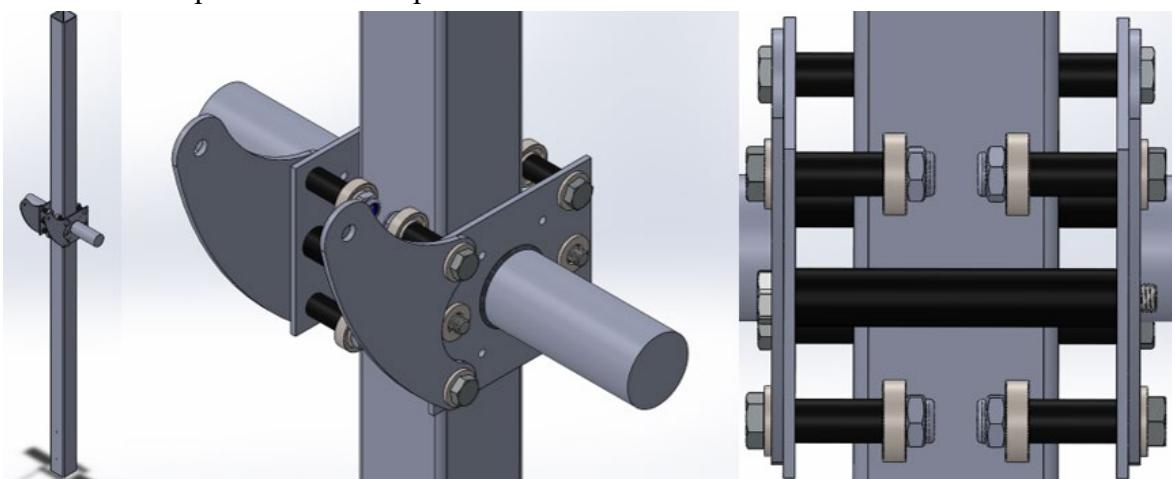


Figura 21: Detalle del sistema de empuje vertical v1

### 5.6.2 Segunda versión:

En esta versión se consigue solucionar la gran mayoría de los problemas anteriores, pero no todos.

En cuanto al sistema de deslizamiento, se opta por cambiar los rodillos, por un sistema de raíles del fabricante IGUS, lo cual eliminaría el mantenimiento, y desgaste por fricción, quedando como en la imagen (figura 22).

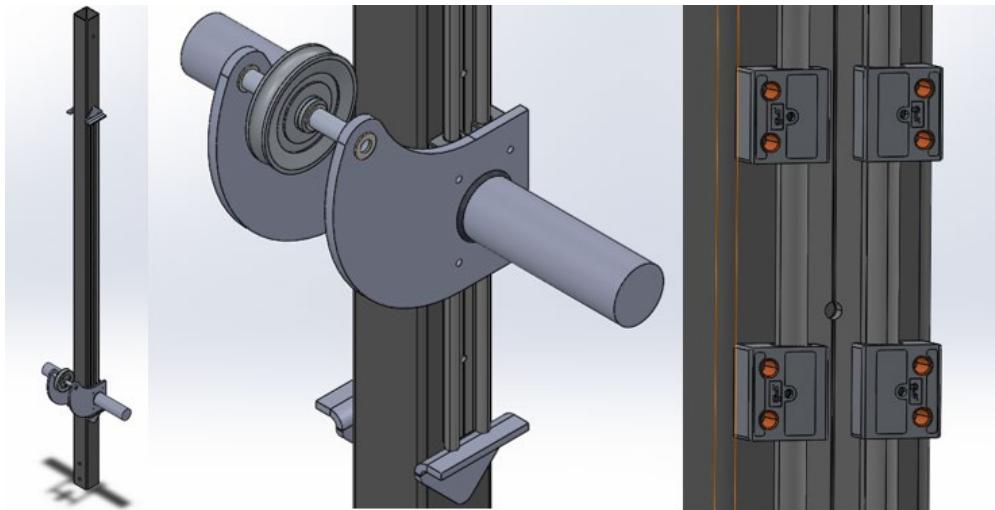


Figura 22: Detalles del sistema de empuje vertical v2

La zona del soporte de los discos es prácticamente idéntica al sistema anterior, teniendo los soportes para los discos en los laterales de la estructura, y una pieza para soportar la polea (figura 22 medio). Como gran cambio se puede apreciar el nuevo sistema de deslizamiento (figura 22 derecha), consistiendo este en un carril con sus respectivos cojinetes.

Como ventajas respecto al anterior modelo se destaca su bajo mantenimiento, su gran resistencia a altos pesos, debido a que, al llevar dos raíles, uno a cada lateral, soporta grandes cargas.

Una desventaja de este sistema es que cada carril con su correspondiente juego de cojinetes encarece el precio demasiado en relación al diseño previo, por lo cual saldría más rentable comprarlo que fabricarlo, siendo esta razón suficiente para descartar dicho diseño.

### 5.6.3 Tercera versión:

Esta versión soluciona el problema del sobrecoste adicional de la segunda versión. Para ello simplemente se reducen los raíles de dos por lado, a uno en la cara frontal, por lo que queda como en la imagen (figura 23).



Figura 23: Sistema de empuje vertical v3

Como se puede apreciar en la imagen solo se cuenta con un rail (el mecanismo es exactamente el mismo que la segunda versión), y se añaden las poleas, constando este de cuatro (detalladas en figura 24). Dos de estas poleas se encuentran en la parte superior, otra en la pieza guía y la última en la zona inferior.

Con esta distribución se puede trabajar indistintamente desde la zona superior como desde la zona inferior. Para lograr esto, se añade una bola como tope en cada extremo del cable, de tal manera que en el momento de trabajar con en un extremo, la bola hará presión en el extremo contrario para permitir la realización del ejercicio.

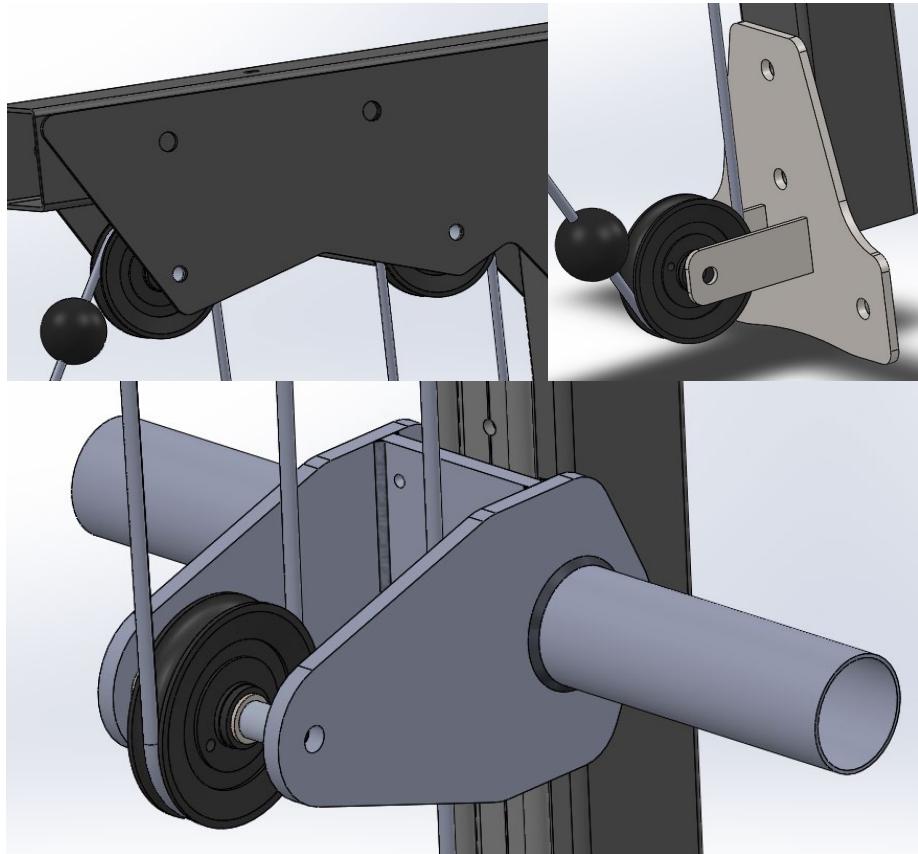


Figura 24: Detalle poleas

Este diseño soluciona el problema del sobrecoste, pero se descarta debido a dos razones:

La primera y la más importante es que dicha estructura no cuenta con dos grados de libertad en la polea superior ni en la inferior, siendo esta una polea fija (imágenes superiores, figura 24), lo cual impediría la correcta realización de diversos ejercicios y añadiría un estrés adicional a la estructura, ya que es prácticamente imposible que el usuario realice el tirón en el eje de simetría del pilar guía.

La segunda razón es la limitación de carga. Al tener un solo raíl y con este tipo de diseño la carga máxima que se puede aplicar ofreciendo unas garantías mínimas es menor que en las propuestas anteriores, sumado a que al tener un sistema de doble polea se reduce el peso útil a la mitad.

Por ambas razones se decide mantener la base del carril guía y rediseñar el resto.

#### 5.6.4 Versión final:

Como se indica anteriormente en esta versión simplemente se pulen los errores de la anterior y así optimizar dicha estructura lo máximo posible.

Lo primero que se realiza es la adaptación de la polea superior e inferior para obtener dichos grados de libertad.

En la zona inferior se rediseña tanto el soporte de la polea como la pieza que une dicho soporte a la estructura como se puede ver en la imagen (figura 25), para otorgarle así dichos grados de libertad al movimiento, lo cual permite un mayor abanico de realización de ejercicios, que es uno de los principales objetivos de este proyecto.

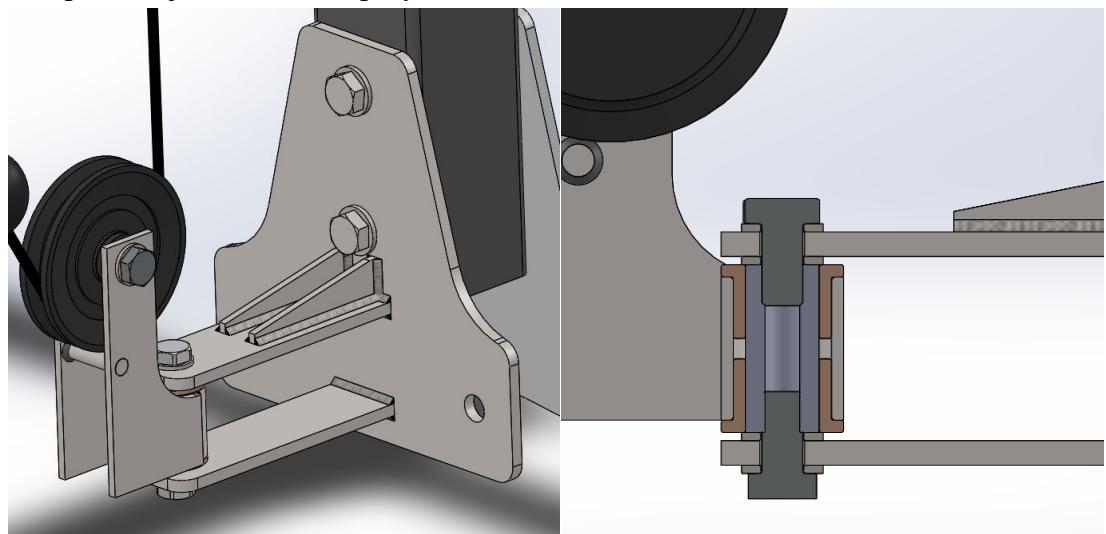


Figura 25: Detalle polea inferior

Este diseño se reutiliza en la parte superior, creando así un “estándar” común a ambas piezas (detalle en figura 26).

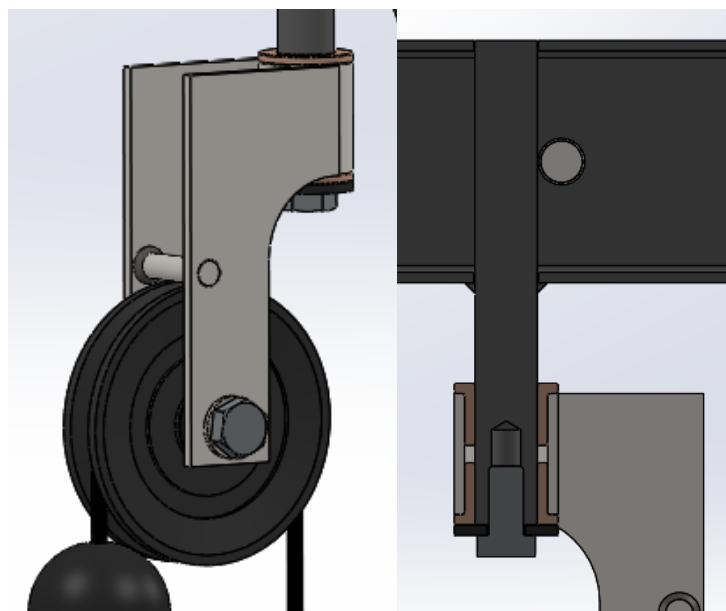


Figura 26: Detalle polea superior

En cuanto a la zona donde se conectaba la polea a la pieza encargada de ir por el rail y donde se situaban los discos, se realiza una modificación, cambiando dicha polea por un cáncamo al cual irá sujeto directamente el cable para realizar la elevación (figura 27). De esta forma se reduce en gran cantidad la distancia de aplicación de la fuerza, con respecto a los cojinetes, lo cual disminuye el posible momento creado a valores totalmente despreciables.

Este rediseño, además de aumentar la carga máxima soportada, también supone una rebaja económica ya que se reduce a la mitad el número de poleas, y se necesita una menor longitud de cuerda.

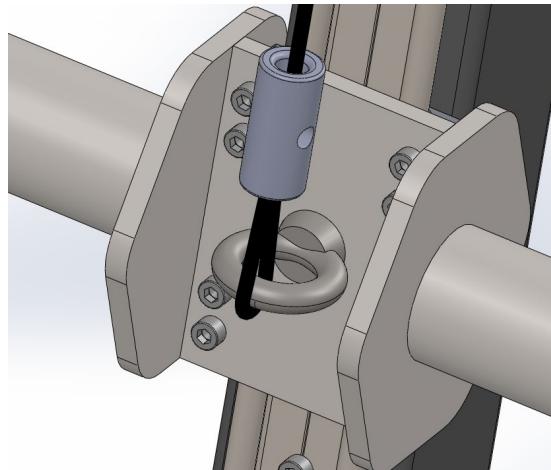


Figura 27: Detalle soporte discos y sujeción

Tras aplicar estas modificaciones la estructura final queda de la siguiente forma:



Figura 28: Sistema de empuje vertical final.

## 5.7 Almacenamiento para barras

Se realiza una única versión de esta pieza, la cual se utiliza únicamente para almacenaje vertical de las barras.

Consiste en una chapa plegada con un taladro de M12 para atornillarla permanentemente a la estructura, a la cual se suelda un tubo redondo de 55mm de diámetro exterior y 1.5mm de espesor. Este tamaño de tubo se debe a que el diámetro de la barra olímpica es de 50mm, por lo cual se deja un margen de dos milímetros para que la barra entre sin rozamiento.

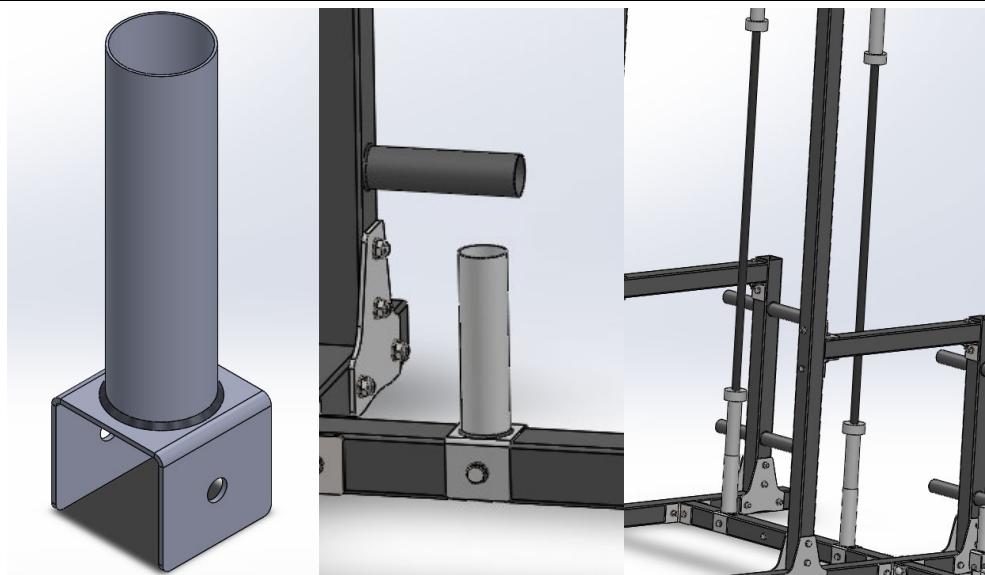


Figura 29: Almacenamiento para barras

## 5.8 Jcup

Este componente se destina a sujetar la barra en posición horizontal en cualquier ejercicio que lo requiera. Se agrega a la estructura mediante los taladros frontales, y tiene una gran amplitud de colocación.

Debido a que ya está estandarizado, ya que entre todos los fabricantes suelen tener las mismas medidas, se realiza también un primer y único modelo. Consistirá en una chapa plegada de acero de 8mm de espesor para la estructura principal, que será la que apoye en la estructura y que soportará el peso de la barra. A esta se le suelda un redondo macizo de 20.1mm de diámetro, el cual penetrará en la estructura. Por último, a la primera se le suelda otra chapa plegada, de 4mm de espesor, para que haga de tope lateral y no permita el giro.

Se utilizan dos Jcups, teniendo cada uno la chapa plegada soldada en lados opuestos para mejorar el agarre contra la estructura, ya que, si estas no estuviesen enfrentadas, cabe la posibilidad de que, si el atleta coloca la barra horizontalmente, pueda desplazar el tope hacia afuera y que el Jcup se salga de la estructura, por lo cual estos soportes deben estar enfrentados para mejorar la seguridad y reducir el riesgo de accidentes.

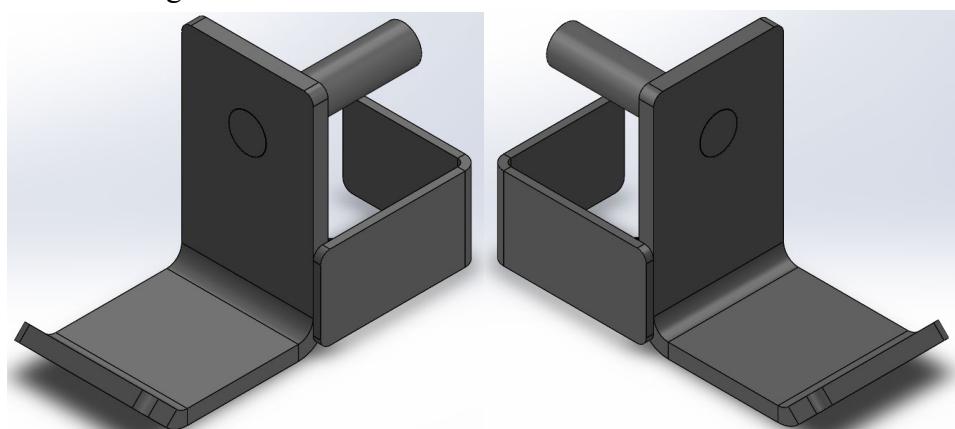


Figura 30: Jcup

## 5.9 Soporte quitamiedos

Esta estructura se destina a usarse como freno para la barra en caso de que el atleta falle haciendo cualquier tipo de levantamiento. Su colocación es la misma que para los Jcups y se suele situar habitualmente un poco por debajo de los mismos.

Para su diseño se sigue el mismo proceso que para el anterior, diferenciándose principalmente en que el tubo cuadrado debe tener la longitud suficiente como para cubrir al atleta en caso de fallo. Por fallo se entiende, el momento en el que el atleta no puede realizar el levantamiento, y debido a esto, tiende a irse con la barra hacia el suelo. Este soporte se encarga de parar la barra a tiempo de manera que se eviten posibles lesiones.

En este caso la estructura principal se compone por un tubo comercial cuadrado de acero de 70x70, a la cual se suelda en uno de sus extremos una chapa que sobresale 30mm para hacer de tope para la barra, y en el otro, la que hará de apoyo contra la estructura. En esta última se suelda el mismo tubo y chapa plegadas que en el Jcup. Como refuerzo adicional se añade una cartela en la parte inferior, para que así resista mejor los impactos.

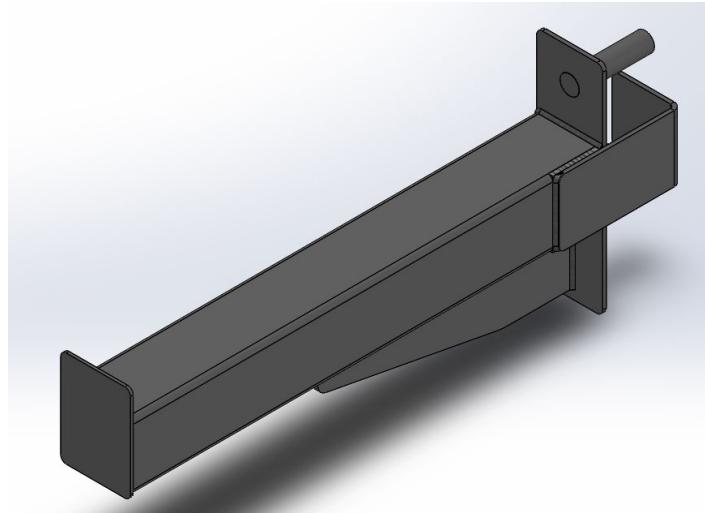


Figura 31: Soporte quitamiedos

## 6 DISEÑO DE DETALLE

Una vez finalizada la fase de diseño conceptual nos centramos en el diseño de detalle. En este apartado se realiza una descripción técnica de las dimensiones seleccionadas en la estructura principal, se detalla el material usado justificando el porqué de su uso, cálculos justificativos que confirmarán que la estructura principal es estable y cargas máximas a las que se pueden someter los accesorios implementados manteniendo un coeficiente de seguridad alto.

### 6.1 Dimensionado de la estructura y accesorios:

#### 6.1.1 Estructura principal

El diseño presentado en este proyecto presenta una altura total de 2.47m pensado para techos altos (superiores a 2.70m), pudiendo disminuir dicha altura según las necesidades del usuario hasta 2.20m, siendo esta óptima para cualquier tipo de vivienda, cumpliendo así los requerimientos propuestos.

Las vigas que conforman esta estructura son de tubo cuadrado estandarizado 70.3, siendo el más utilizado en este tipo de estructuras. Utilizar una medida menor, daría sensación de inseguridad al usuario, aunque teóricamente aguante perfectamente, y una medida de mayor tamaño o espesor sería innecesaria e incrementaría el coste.

La anchura interior es de 1100mm siendo esta óptima para el soporte de la barra olímpica (medidas detalladas en figura 32). Situando la barra centrada, se puede realizar un agarre ancho posicionando las manos en la parte más externa de la zona de agarre de la barra (1, figura 32) sin que interfieran con los Jcups. La distancia entre los Jcups y los discos es de 35mm, aportando un margen de seguridad suficiente debido a que en el momento de finalizar el ejercicio el usuario no siempre va a dejar la barra perfectamente posicionada.

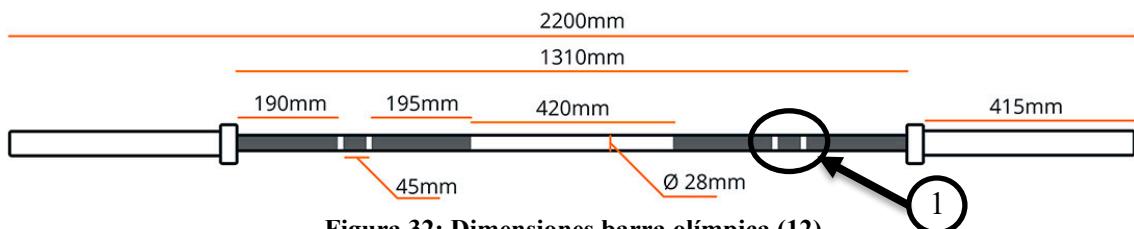


Figura 32: Dimensiones barra olímpica (12)

Los taladros situados en la viga frontal, están diseñados para acoplar el juego de Jcups, de soportes quitamiedos y la estación de dips. Comienzan situados a 0.4m del suelo, que sería la situación óptima para colocar los soportes quitamiedos en caso de que el usuario sea por ejemplo un usuario de 1.50m de altura y quiera realizar sentadillas profundas, o para situar los Jcups, y realizar ejercicios como remo en barra desde una altura un poco más elevada. Estos están separados por una distancia de 0.1m, lo cual es óptimo para regular la altura y terminan a 1.9m del suelo, siendo esta posición perfecta para la realización de sentadillas por usuarios de una altura de 2m.

La longitud de la estructura 2.28m, no es adaptable, por condiciones de diseño es la mínima necesaria. Se dan 80mm de margen desde la esquina del tubo de soporte hasta la primera viga, consiguiendo una estabilidad extra y dando margen suficiente para situar la chapa que hace de sujeción de la estructura. Se obtiene un margen de 1.1m entre pilares para la estación de trabajo interior, espacio suficiente para poder trabajar correctamente con el sistema de guiado y situar en la parte posterior el almacenamiento de los discos.

La capacidad de almacenamiento de discos es de hasta 400kg, repartidos en 8 tubos de 48.3mm de diámetro, debido a que el diámetro interior de los discos es de 50mm, siendo medida escogida óptima para el correcto almacenaje de estos evitando así su deslizamiento y rozamiento excesivo.

## 6.2 Material:

Para la selección del material se realiza una comparativa entre los más usados en el mercado por los diferentes suministradores de estructuras similares a las de este proyecto, concluyéndose que el material más utilizado es el acero estructural, debido a su bajo coste y sus buenas propiedades a la hora de realizar proyectos de este tipo.

Para este proyecto se utilizan 3 variedades de acero estructural con baja aleación de carbono, rigiéndose según la norma UNE EN 10025-2: 2004, adjuntándose una tabla con las propiedades correspondientes a cada uno en el anexo.

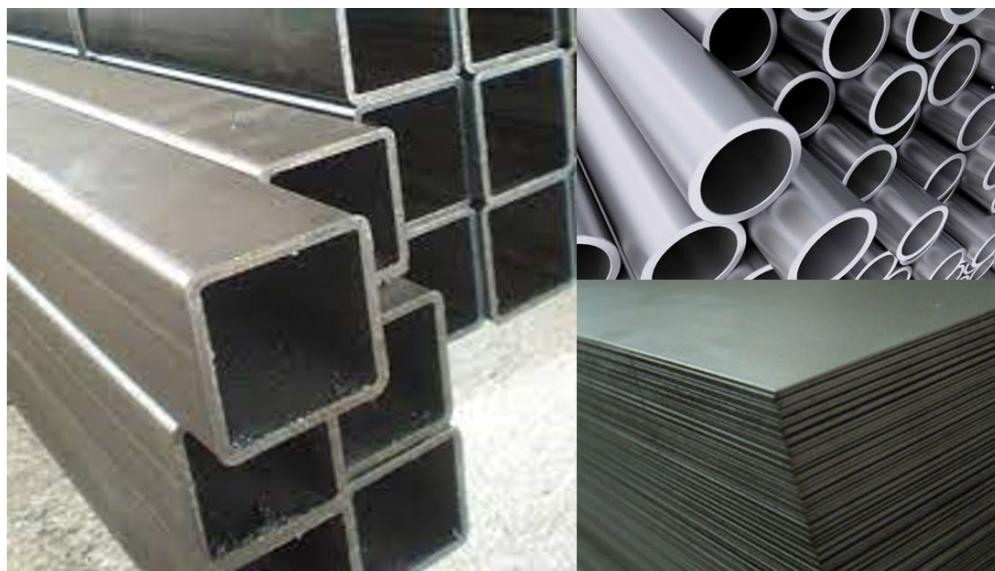


Figura 33: Formatos de acero usados

Las variedades seleccionadas son el S235JR, S275JR y S355JR, siendo la “S” la abreviatura de acero estructural, el número la referencia al límite elástico en MPa y “JR” indica que el grado de calidad relacionado con el valor de energía de impacto Charpy es mayor o igual a 27J, a temperatura ambiente 20 °C.

Se utilizarán estructuras normalizadas y chapas de diferentes grosores, dependiendo de la necesidad para cada pieza. Por ello se especifica a continuación que tipo de acero se utiliza en cada caso.

### 6.2.1 Acero S235JR:

Es el más barato y de menor resistencia, pero a su vez es suficiente para el diseño de la estructura. Por ello este material predomina en esta estructura, ya que de él se componen:

1. La estructura principal: conformada por vigas normalizadas cuadradas 70.3.
2. Soportes para dicha estructura, tanto los soportes del suelo como las uniones de las escuadras siendo todas ellas chapas de 6mm de espesor.
3. El resto de componentes que no se mencionen en otro punto.

### 6.2.2 Acero S275JR:

Acero de resistencia intermedia y utilizado en:

1. Barra de dominadas: Se utilizarán para las dos chapas laterales y el tubo de acero calibrado.

### 6.2.3 Acero S355JR:

Acero con el límite elástico más elevado y usado en:

1. Soportes para las poleas: debido a la complejidad de esta pieza y que se va a poder utilizar en gran variedad de ángulos, se opta por la opción más conservadora usando

en todas las partes que conformen esta estructura debido a su elevado límite elástico de este acero, para aumentar la durabilidad y evitar posibles roturas por el desgaste debido al uso incorrecto de dichas piezas.

2. Soporte para la barra en el remo: debido a que es una pieza que va a aguantar bastante carga, se opta por este tipo de acero más resistente.

### 6.3 Tornillería:

Se utilizan los siguientes componentes normalizados según la norma DIN. Sus propiedades se podrán consultar en las tablas del anexo 6.2.

#### 6.3.1 Tornillo DIN 931 calidad 8.8

En la búsqueda de utilizar un estándar para toda la estructura, se utilizará M12 de 100mm de longitud para todas las uniones de la estructura, estando estos sobredimensionados como se indica en los cálculos posteriores.

Para el remo se utilizará este mismo tipo de tornillo siendo este de M10 de 90mm de longitud.

Para los soportes de las poleas se usará M10 de 50mm de longitud para la polea.

Se escoge esta calidad de tornillo ya que al ser el más comercializado se puede obtener fácilmente, a un bajo coste, y con una amplia variedad de tamaños y longitudes. La selección de este modelo se debe a que es la más usada por la mayoría de fabricantes y están sobredimensionados, ya que el aumento de costes es mínimo, pero se gana en seguridad.

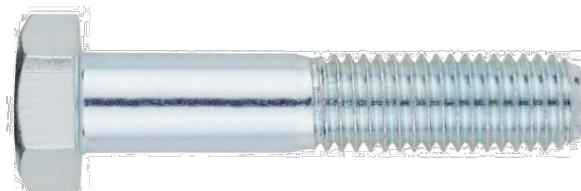


Figura 34: DIN 931

#### 6.3.2 Tornillo DIN933 calidad 8.8

Se utiliza este tipo de tornillo en la unión del soporte de la polea y los casquillos, siendo estos de M10 y 20mm de longitud.

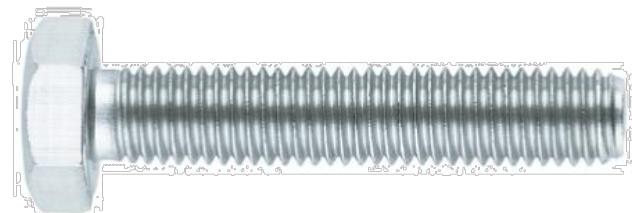


Figura 35: DIN 933

#### 6.3.3 Tuerca autoblocante DIN 985

Se utiliza este tipo de tuerca ya que nos encontramos ante uniones atornilladas permanentes, que no van a ser desmontadas, por lo tanto, nos interesa este tipo de tuerca. Como es lógico, los tamaños que se utilizarán son de M12 y M10, correspondientes a los tornillos usados.



Figura 36: DIN 985

### 6.3.4 Arandela DIN 125

Utilizada en todas las uniones para aliviar las tensiones generadas en la chapa al apretar directamente sobre esta tanto el tornillo como la tuerca, siendo óptima para distribuir la tensión a lo largo de la chapa y disminuir la tensión focalizada en un único punto. Como antes se utilizarán M10 y M12.



Figura 37: DIN 125

### 6.3.5 Cáncamo DIN 580

Utilizado en el sistema de empuje vertical, siendo fundamental en este componente, debido a que se utilizará para anclar la cuerda al soporte de los discos del sistema de guiado.

Se utilizará M10, ya que la carga máxima que tendrá que soportar es de 1,5kN, como se explicará más adelante. Como se indica en la tabla ubicada en el anexo, este elemento soporta la carga sin ningún problema (carga máxima 300 kg).



Figura 38: DIN 580

### 6.3.6 Tornillo DIN 912

Utilizado también en el sistema de empuje vertical, siendo la fijación usada entre el soporte de los discos y los cojinetes lineales (descritos en el punto 6.3.7), y la fijación del rail (descrito en el punto 6.3.6) por el cual deslizan dichos cojinetes, a la viga de este mismo sistema.

Se necesitarán 8 tornillos de M6 de 20mm de longitud para el soporte de los discos y 13 de estas mismas características para el rail, siendo esta la dimensión indicada por el fabricante para dichos elementos.

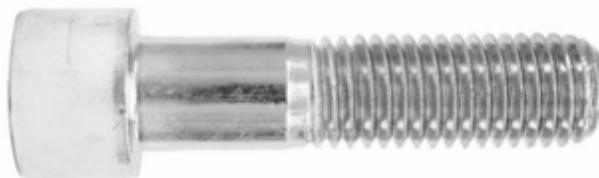


Figura 39: DIN 912

## 6.4 Elementos comerciales

Como hay partes de este proyecto, que no se van a fabricar debido a que de esta manera se ahorran costes, se comprarán las siguientes piezas a distintos suministradores.

#### 6.4.1 Tope para remo y dips

En este caso tras realizar una amplia búsqueda, ya que esta pieza es indispensable para el correcto funcionamiento del sistema de remo y la estación de dips, se selecciona el modelo distribuido por Decathlon, debido a que es el de menor precio, y solamente va a tener que soportar el peso del remo cuando se encuentre en posición vertical, siendo esto un esfuerzo mínimo y siendo innecesario realizar cálculo alguno.



Figura 40: Tope remo y dips (13)

#### 6.4.1 Poleas LFJ

Se hace una búsqueda de las mejores poleas según relación calidad-precio. Finalmente se seleccionan las del suministrador LFJ, en Amazon.es, debido a su bajo coste, a su elevado stock y a las propiedades que poseen, ya que están hechas de un núcleo de acero sólido y recubierta por nylon, lo cual hace que esta polea sea ligera, resistente al desgaste y permita cargar hasta 300 kg, lo cual será el doble de lo necesario para el sistema de guiado en el cual se implementarán.



Figura 41: Polea LFJ (14)

#### 6.4.2 Cable guía

Este cable se usará en el sistema de empujes vertical, estando este dividido en dos tramos de unos 2 metros de longitud aproximadamente. Este cable cuenta con un núcleo interior de acero trenzado de 3.2mm de grosor, estando recubierto por nylon, para obtener así un grosor exterior de 4.8mm. Este recubrimiento se utiliza para reducir la fricción, alargando la vida útil de las poleas y reduciendo el desgaste del propio cable.

La carga máxima de rotura es de 900kg, proporcionada por el distribuidor online “Repuestosfitness.com”. Como la carga máxima que soportará en esta estructura es de 150kg, podemos apreciar que cumple con un coeficiente de seguridad elevado, siendo este de 6.



Figura 42: Cable guía (15)

#### 6.4.3 Sujeta cable

Proveniente del mismo suministrador que el cable, se necesitarán 4 unidades (una para cada final de cable). Se selecciona este tipo de final de cable para que el montaje por parte del atleta sea lo más sencillo posible. Este final de cable se podrá usar directamente para anclarlo a la estructura en un extremo y poner el mosquetón en el otro para intercambiar los diferentes agarres en su punta. Se selecciona en acabado cromado con fines simplemente estéticos.



Figura 43: Sujeta cable retén cromado (16)

#### 6.4.4 Refuerzo final de cable

Se escoge una bola de nylon implementada antes del final del cable en los dos extremos que estén en contacto con las poleas, para añadir una protección para mitigar posibles golpes que pueda recibir la estructura y suministrada por el mismo proveedor que el cable y el sujetacable.



Figura 44: Bola nylon (17)

#### 6.4.5 Mosquetón

Se utiliza un mosquetón normalizado según la norma DIN 5299, siendo el escogido el modelo 110 ya que soporta hasta 350kg, y para este diseño lo máximo que va a soportar son 150kg, por lo cual aporta un coeficiente de seguridad superior a 2.



Figura 45: Mosquetón (18)

#### 6.4.6 Rail doble para guiado

Este rail es uno de los dos componentes claves para el funcionamiento y diseño del sistema de empuje vertical. Suministrado por Igus.

En este suministrador podemos encontrar raíles simples, dobles, con perfil cuadrado y circular. Se descarta la elección de raíles simples por ser más inestables y solo se puedan añadir dos cojinetes por diseño del sistema. Se selecciona el perfil circular, ya que a precio similar soporta más momento que el perfil cuadrado.

Tras explorar varios modelos dentro de este mismo suministrador, se selecciona el modelo WS-10-40 de 1500mm de longitud, ya que es el que mejor relación propiedades-precio aporta.

Se selecciona este tamaño en concreto debido a que, por condiciones de diseño, el momento producido en el soporte de los discos es mínimo, con lo cual se escoge este rail debido a que es el más barato y no necesita mayor grosor debido a esto.



Figura 46: Rail doble para guiado WS-10-40 (19)

#### 6.4.7 Cojinete lineal con carcasa

Es el complemento necesario para que el sistema de empujes vertical funcione a la perfección. La selección de la dimensión de este está estrechamente ligado a la selección del raíl ya que es necesario que sean compatibles.

Se selecciona el modelo WJ200UM-01-10 ya que es el compatible con el rail anterior.



Figura 47: WJ200UM-01-10 (20)

#### 6.4.8 Casquillo

Utilizado en el sistema de empujes vertical, concretamente en la sujeción de la polea.

Se utiliza este componente del proveedor ISB, debido a que es ideal para soportar fuerzas en varias direcciones, y se escoge como material el teflón, ya que permitirá que la estructura rote sin dificultad y sin la necesidad de una lubricación permanente.



Figura 48: Casquillo de teflón (21)

## 7 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 7.1 Cálculo de coeficiente de seguridad al vuelco de la estructura

Debido a que esta estructura carece de fijación directa al suelo se debe asegurar que no se producirá un vuelco mientras se trabaje con ella. Esta posibilidad está presente mientras se trabaje con la barra de dominadas o en la estación de dips.

#### 7.1.1 Vuelco para barra de dominadas

El momento más desfavorable se produce cuando la estructura no consta de ningún accesorio extra, ni de peso en la zona de almacenaje para discos. Por ello se analizará la estructura para dicha situación. Como punto de referencia se toma el punto de origen (0,0,0)

Como datos de partida se necesita saber el centro de masas de la estructura, ya que en este punto es donde se situará el peso total de la misma para llevar a cabo el cálculo. Para obtener dichos parámetros se utiliza el programa SolidWorks, el cual en el apartado calcular → propiedades físicas, indica todos los parámetros necesarios.

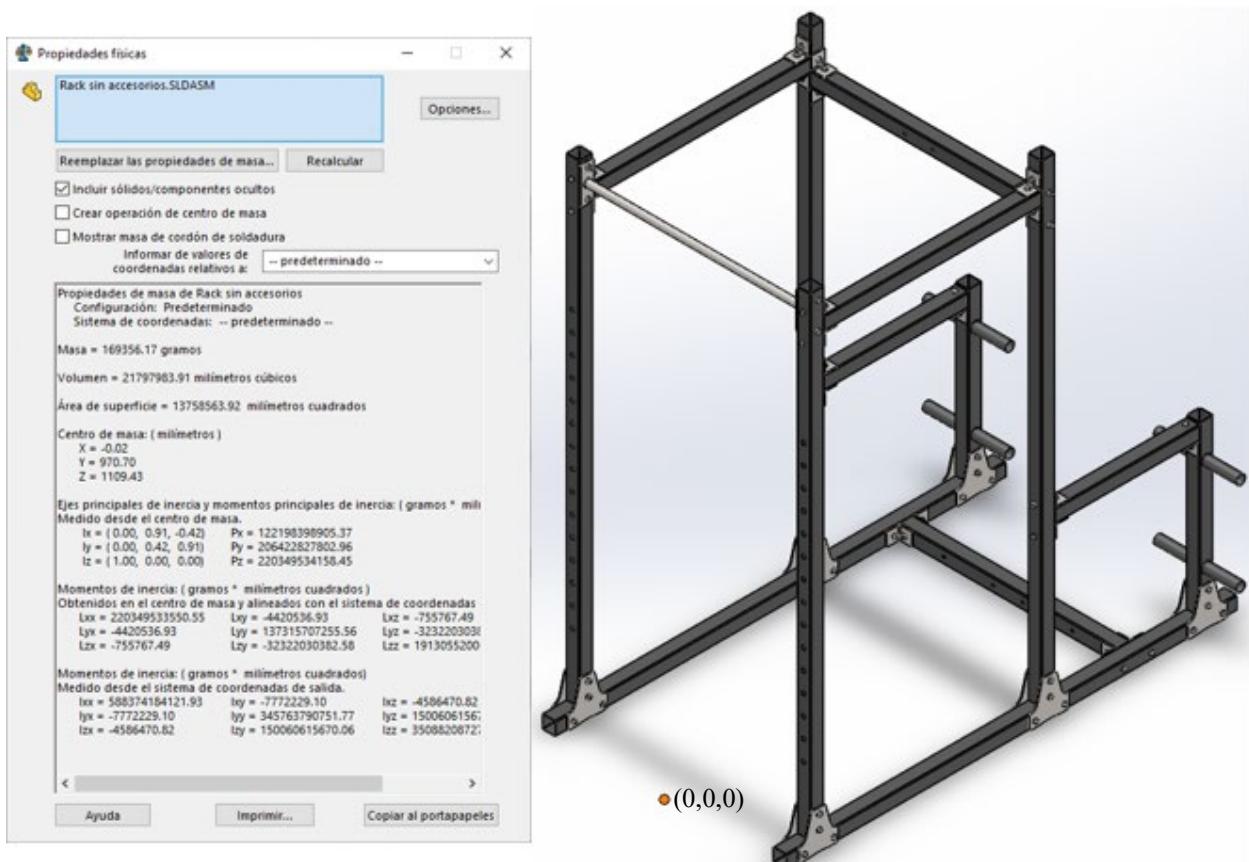
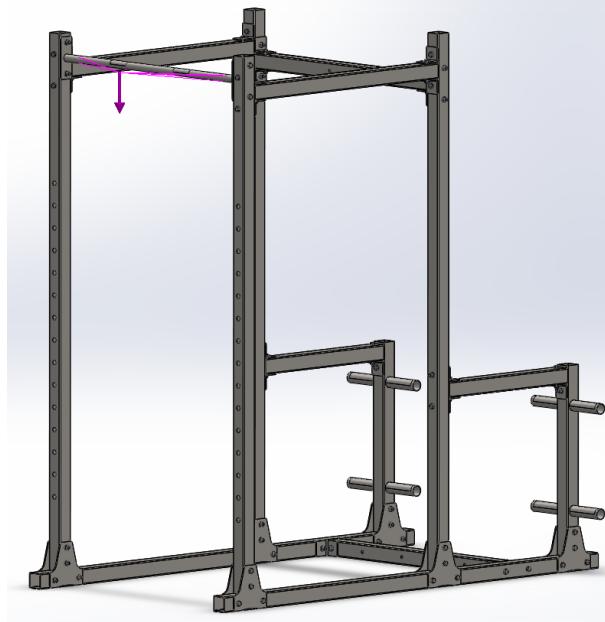


Figura 49: Datos de partida de la estructura

Para llevar a cabo este cálculo se supone un peso máximo de 200kg de para el usuario, el máximo que se recomendará para usar dicha estructura, y debido a que para hacer este movimiento hay que separarse de la barra, se supone que este peso se sitúa a 200mm, quedando este con las siguientes coordenadas respecto al punto de referencia (0,2360,-45) de la siguiente manera:



**Figura 50:** Situación de la fuerza

Una vez conocidos los datos de partida, se procede con el cálculo del coeficiente de seguridad. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$CS = \frac{\sum M_{ESTABILIZANTES}}{\sum M_{DESTABILIZANTES}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo los momentos estabilizantes en este caso el peso de la estructura por la gravedad (se utiliza  $10 \text{ m/s}^2$ ) por la distancia en el eje z respecto al punto de origen. Para el desestabilizante se multiplica el peso del usuario por la gravedad y la distancia al punto de origen en el mismo eje que el anterior.

$$\sum M_{ESTABILIZANTES} = 1693.56 * 1109.43 * 10^{-3} = 1878.89 \text{ Nm} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\sum M_{DESTABILIZANTES} = 2000 * 45 * 10^{-3} = 90 \text{ Nm} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$CS = \frac{1878.89}{90} = 20.87 \quad \text{Ecuación 4}$$

Como conclusión se afirma que la estructura no tiene riesgo de vuelco, y no es necesario que haya fijaciones directas al suelo.

### 7.1.2 Vuelco en estación de dips

Los datos de partida para la estructura se utilizan los mismos que en el cálculo anterior (figura 49).

En este caso se utiliza un peso máximo para el usuario de 150kg, ya que es lo máximo para la estación de dips. Se coge el caso más desfavorable para la aplicación de dicha fuerza, quedando situado dicho punto de aplicación en (585,1330,-514) respecto al origen. La única distancia importante es la del eje z, ya que es la utilizada para realizar el cálculo.

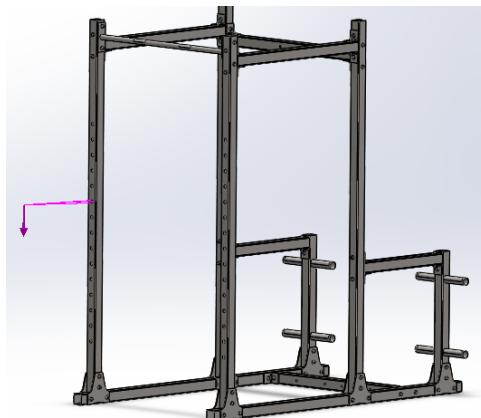


Figura 51: Situación de la fuerza

Con estos datos de partida se repite el procedimiento anterior utilizando las mismas fórmulas y quedando de la siguiente manera:

$$\sum M_{ESTABILIZANTES} = 1693.56 * 1109.43 * 10^{-3} = 1878.89 \text{ Nm} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\sum M_{DESTABILIZANTES} = 1500 * 514 * 10^{-3} = 771 \text{ Nm} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$CS = \frac{1878.89}{771} = 2.437 \quad \text{Ecuación 7}$$

El coeficiente de seguridad es mucho menor que en el caso anterior, pero igualmente sigue siendo alto, por lo cual se concluye que el diseño es válido y la estructura no corre peligro de vuelco.

## 7.2 Barra de dominadas:

### 7.2.1 Dimensionado de los tornillos para la barra de dominadas

Para llevar a cabo este proceso se propone una carga máxima de 200kg, cogiendo el punto más desfavorable de la barra, siendo este en el eje de simetría, quedando de la siguiente forma:

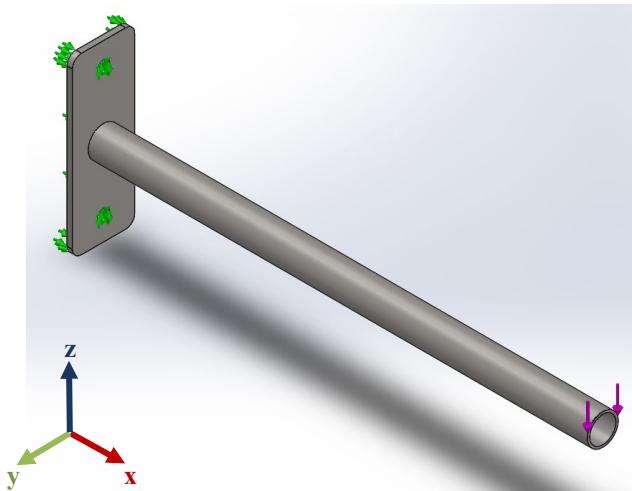
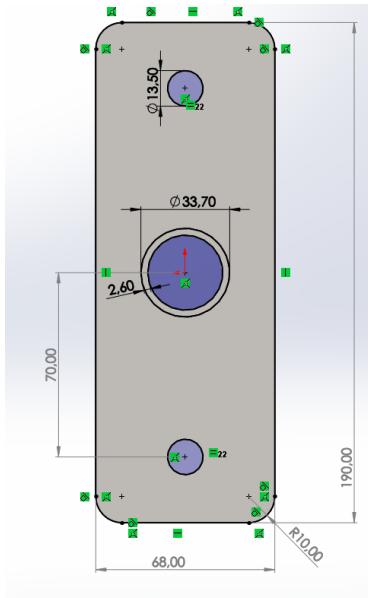


Figura 52: Barra de dominadas: cargas

Como datos de partida se tiene una fuerza  $F_z = 2 \text{ kN}$  situada en el centro de la barra. Como la pieza tiene simetría tanto vertical como horizontal, el centro de gravedad de la misma se sitúa en el mismo centro de la pieza, siendo la distribución y distancias las siguientes:



**Figura 53: Distribución placa de apoyo de la barra de dominadas**

El primer cálculo a realizar es la posición del centroide, pero como se menciona anteriormente, al ser la distribución simétrica en ambos ejes el resultado sería 0.

Se calcula la distancia de los tornillos respecto al centroide al cuadrado, ya que será necesario conocerla para los cálculos posteriores. Este solo se calcula en el eje z, debido a que los tornillos se encuentran sobre el eje y, lo cual sería 0 de nuevo.

$$\Sigma Z_i^2 = [(70)^2 + (-70)^2] * 10^{-3} = 9.8 * 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 8}$$

Se calcula la carga directa por tornillo siendo  $F_z$  la fuerza total aplicada, y N el número de tornillos utilizados.

$$Q_z = Q_A = Q_B = \frac{F_z}{N} = \frac{2000}{2} = 1000 \text{ N/tornillo} \quad \text{Ecuación 9}$$

Una vez se obtiene esto, se calculan los momentos respecto al centroide. Para ello se calcula tanto el flector como el torsor. En este caso solo se produce un momento flector debido a que la distancia de la fuerza al centroide en y es 0.

Para calcular el momento flector se multiplica  $F_z$  por la distancia de la esta misma al centroide en el eje x.

$$d_x = (550 - 6) * 10^{-3} = 544 * 10^{-3} \text{ m} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$M_F = F_z * d_x = 2000 * 0.544 = 1088 \text{ Nm} \quad \text{Ecuación 111}$$

Debido a la existencia de momento flector, y la ausencia de tracción pura, no existe carga normal directa, pero si carga normal secundaria. Esta se calcula multiplicando el flector por la distancia del tornillo al centroide, dividido entre la distancia total al cuadrado.

$$P_A(\text{tracción}) = P_B(\text{compresión}) = \frac{M_F * Z_i}{\Sigma Z_i^2} = \frac{1100 * 0.07}{9.8 * 10^{-3}} = 7857.14 \text{ N} \quad \text{Ecuación 122}$$

Una vez se obtiene esto, se procede al dimensionado del tornillo. Para este caso se utiliza la calidad 8.8 debido a que es la más comercializada. Estos números indican que la resistencia a tracción ( $R_m$ ) es de 8\*100 y el límite elástico ( $S_y$ ) es 0.8 veces la resistencia a tracción.

Resistencia a tracción:

$$S_y = 800 * 0.8 = 640 \text{ MPa}$$

Ecuación  
133

Para el dimensionado del tornillo, se realiza la suposición de que el área de tracción ( $A_t$ ) y el área de sección del núcleo ( $A_r$ ) son iguales.

$$A_t = A_r = A$$

Ecuación 14

Una vez hecho esto, se procede al cálculo de los esfuerzos sobre el tornillo. Para ello se debe saber cuánto aguanta en tracción ( $\tau$ ), y cuanto en esfuerzo normal ( $\sigma$ ).

$$\sigma_A = \sigma_B = \frac{P_A}{A_S} = \frac{7857.14}{A}$$

Ecuación  
155

$$\tau_A = \tau_B = \frac{Q_A}{A_r} = \frac{1000}{A}$$

Ecuación 16

Una vez obtenido esto se calcula la tensión equivalente de la siguiente manera:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_A^2 + 3 * \tau_B^2} = \sqrt{\left(\frac{7857.14}{A}\right)^2 + 3 * \left(\frac{1000}{A}\right)^2} = \frac{8042.85}{A}$$

Ecuación  
177

Se selecciona este coeficiente de seguridad de 6.5, debido a que se trata de una unión permanente y duradera, e interesa que este altamente sobredimensionado para evitar cualquier tipo de rotura que pueda provocar algún accidente y en el que también se tiene en cuenta el factor psicológico del usuario.

Una vez se tienen todos los datos se procede al cálculo del área del tornillo mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_E \leq \frac{S_y}{C_s} \rightarrow \frac{8042.85}{A} \leq \frac{640}{6.5} \rightarrow A \geq 81.69 \text{ mm}^2$$

Ecuación  
188

Resistencia a tracción en kN

Diámetro (mm)	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	Grado			
		4.6	5.6	8.8	10.9
12	84,3	24,28	30,35	48,56	60,70
16	157	45,22	56,52	90,43	113,04
20	245	70,56	88,20	141,12	176,40
22	303	87,26	109,08	174,53	218,16
24	353	101,66	127,08	203,33	254,16
27	456	131,33	164,16	262,66	328,30

Tabla 3: Áreas útiles y resistencia a tracción para diámetros normalizados (22)

Se escoge el valor más próximo en la tabla de diámetros normalizados dando este un área total de  $A = 84.3 \text{ mm}^2$  y se recalcula la tensión equivalente y coeficiente de seguridad debido a que el área útil obtenida es diferente al área útil seleccionada.

Tensión equivalente real:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_A^2 + 3 * \tau_B^2} = \sqrt{\left(\frac{7857.14}{84.3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{1000}{84.3}\right)^2} = 95.44 \text{ MPa} \quad \text{Ecuación 19}$$

Coeficiente de seguridad real:

$$C_S = \frac{\sigma_E}{S_y} = \frac{640}{95.44} = 6.71 \quad \text{Ecuación 20}$$

A continuación, se calcula el pretensado para los tornillos. Como se trata de una unión atornillada permanente se aplica una precarga del 75% del límite elástico, obteniendo así la tensión en el tornillo.

$$\text{Precarga} = \frac{\sigma_i}{S_y} \rightarrow \sigma_i = 640 * 0.75 = 480 \text{ MPa} \quad \text{Ecuación 21}$$

Con esta tensión y el área del tornillo se calcula la fuerza de precarga necesaria:

$$F_i = \sigma_i * A = 480 * 84.3 = 40464 \text{ N} \quad \text{Ecuación 22}$$

Y con esta fuerza, se calcula el par de torsión necesario, multiplicando la fuerza obtenida anteriormente por  $k$ , siendo este el parámetro que indica el revestimiento del tornillo y valiendo 0.2 debido a que se supondrá el uso de tornillo galvanizados, y por el diámetro de este:

$$T = F_i * k * \emptyset = 40464 * 0.2 * 12 * 10^{-3} = 97.11 \text{ Nm} \quad \text{Ecuación 23}$$

Por último, se calcula el área de aplastamiento máximo:

$$\frac{S_y}{C_S} \geq \frac{F}{A_s} \rightarrow A_s \geq \frac{F * C_S}{S_y} = \frac{2000 * 6.71}{640} = 20.97 \text{ mm}^2 \quad \text{Ecuación 24}$$

Y con dicha área se calcula el espesor mínimo de la chapa:

$$e_{min} = \frac{A_s}{\emptyset} = 1.75 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 25}$$

### 7.2.2 Análisis utilizando SolidWorks

Para llevar a cabo esta simulación de la forma más realista posible se realizan restricciones de movimiento en el eje “x” para las chapas, debido a que en la realidad están limitadas por la estructura (detalle en figura 54 izquierda).

En cuanto a los taladros para los tornillos, se restringe el movimiento en los ejes “y” y “z” (detalle en figura 54 derecha).

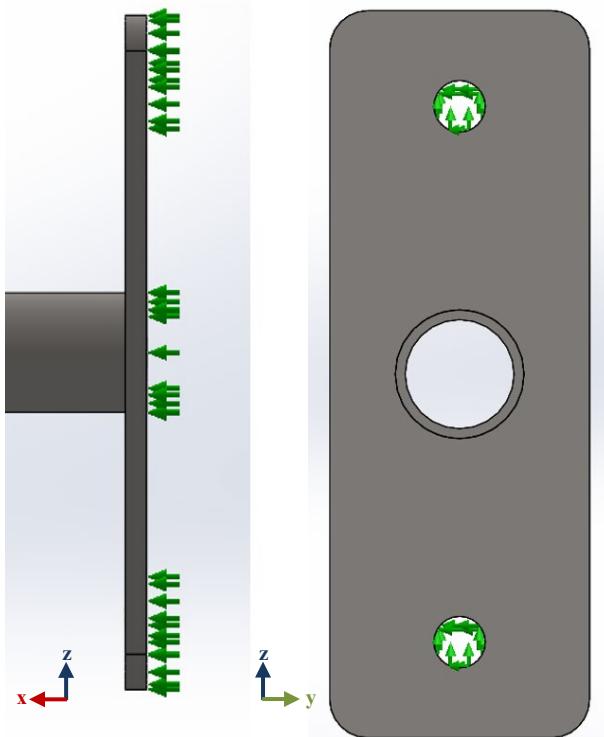


Figura 54: Detalle sujetaciones de barra de dominadas

La aplicación de la fuerza es de un máximo de 200 kg, que se distribuirán uniformemente en dos superficies creadas para simular ambas manos del usuario (Detallado en figura 55 superior). Para poder aplicar la fuerza solo en la zona superior, se debe crear un croquis en el plano de planta, y proyectar una línea de partición a través de la superficie en la dirección y positiva (detalle figura 55 inferior).

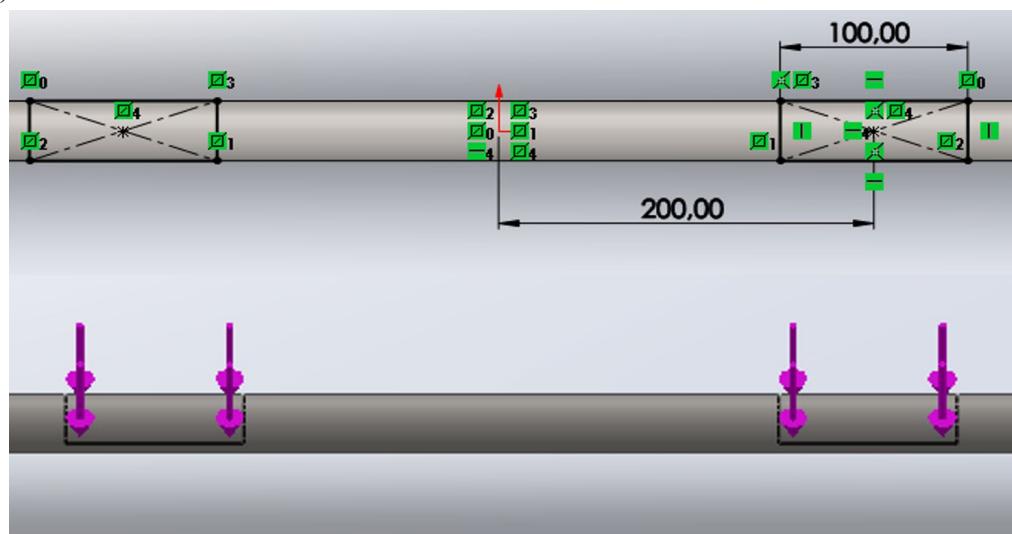


Figura 55: Detalle de repartición de fuerzas

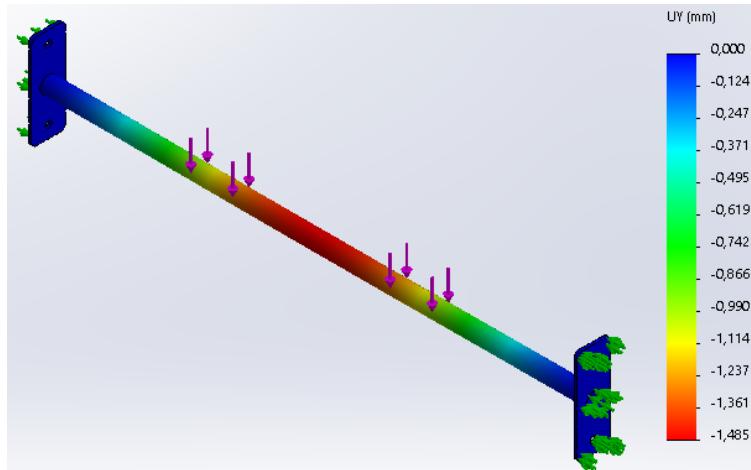


Figura 56: Deformación en el eje vertical

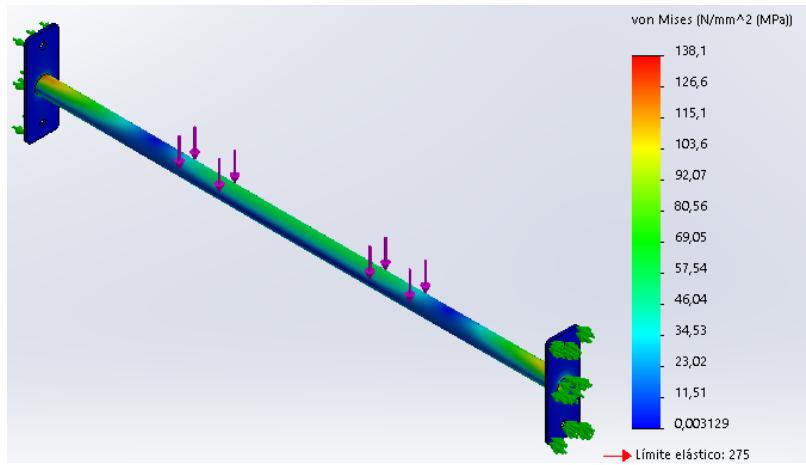


Figura 57: Tensión máxima soportada

En cuanto a los resultados de las simulaciones, se puede concluir que el diseño de esta pieza es correcto, ya que soporta perfectamente los esfuerzos, teniendo una flecha máxima de 1.485mm y un pico de tensión en los soportes de 138.1 MPa, siendo el límite elástico de 275 MPa, con lo cual se asegura un factor de seguridad de 2 para una carga máxima de 200 kg. Este valor de tensión se reducirá al añadir el cordón de soldadura.

### 7.3 Estación de dips

Para la simulación de esta estructura, se supone una carga máxima de 150 kg que se reparte por igual en las zonas de apoyo del atleta.

Para la fijación se simplifica la estructura original y se utiliza la geometría fija como sujeción (detalle en figura 58).

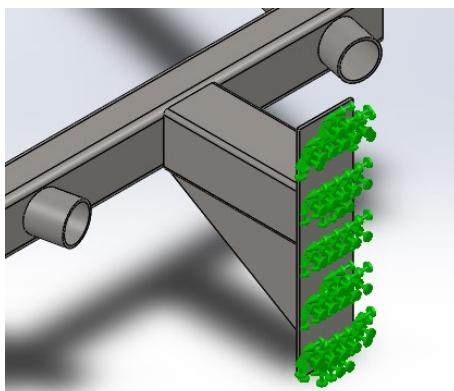


Figura 58: Detalle de fijación de estación de dips

En busca de obtener un resultado lo más semejante al uso real, se divide en dos partes en las cuales se varía la aplicación de la fuerza, siendo común a ambas simulaciones la fijación de esta estructura.

En las siguientes simulaciones se toma como resultado válido el de los desplazamientos, debido a que en el análisis de tensiones por Von Mises se obtiene picos de tensión superiores a la tensión de rotura en la punta de la cartela, lo cual se desprecia ya que es algo irreal debido a que en estos puntos se aplica el cordón de soldadura correspondiente a modo de refuerzo. Solamente tendremos en cuenta el resto de resultados para comprobar que no se produce deformación plástica y calcular así el coeficiente de seguridad correspondiente.

### 7.3.1 Simulación para uso enfocado a trabajo de tríceps:

Cuando se realiza este movimiento, el usuario se sitúa en una posición más cercana a la estructura. Por lo tanto, para este cálculo se realiza un croquis simulando la mano del usuario de 100mm de longitud y dejando un espacio de 40mm hasta la zona de unión del tubo con el travesaño. Con este croquis se utiliza la operación de línea de partición, configurando esta para que tenga dirección única, y la fuerza se aplique a la mitad superior de la barra.

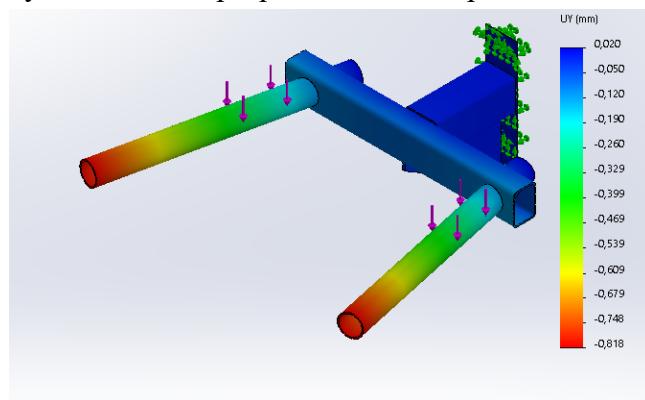


Figura 59: Deformación en el eje vertical

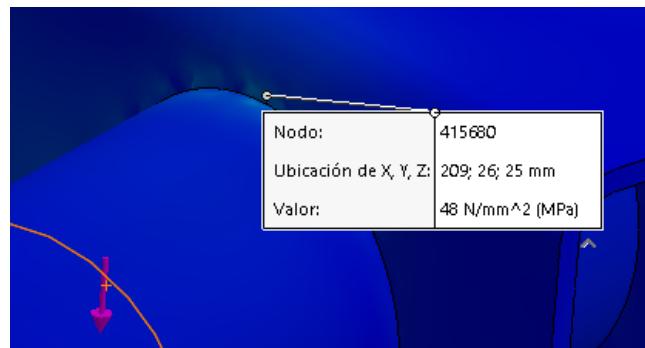


Figura 60: Punto más desfavorable

Como se puede apreciar en la imagen, la deformación vertical máxima producida es inferior a 1mm, y el punto de mayor tensión es de 48MPa, estableciendo un coeficiente de seguridad de 4.9, por lo cual se puede asegurar que esta estructura es apta para realizar trabajos con un peso total inferior o igual a 150kg.

### 7.3.2 Simulación para uso encodo en trabajo de pectoral:

Para este tipo de movimiento el usuario se sitúa prácticamente en el extremo de la barra, por lo cual se supone una distancia de 50mm desde el extremo hasta el comienzo del croquis que simula la mano, realizando la misma operación que en la simulación anterior.

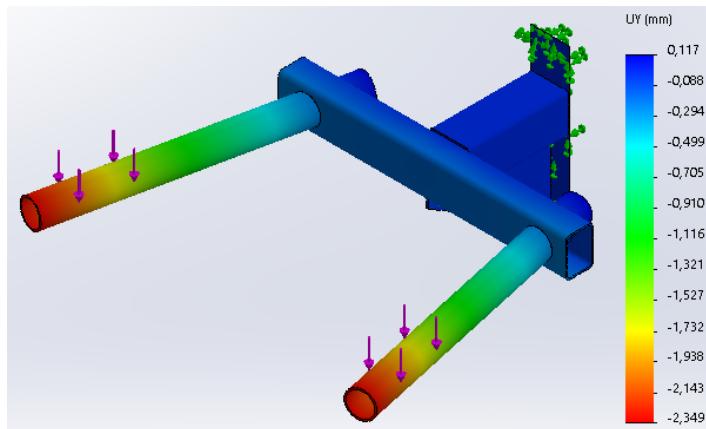


Figura 61: Deformación en el eje vertical

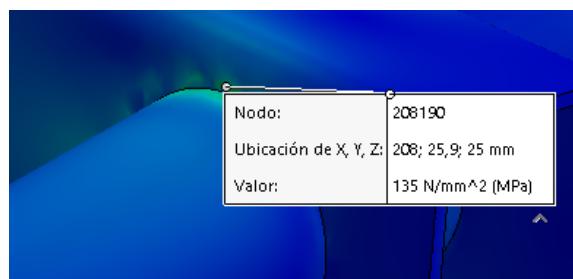


Figura 62: Punto más desfavorable

Como se puede ver la deformación vertical máxima producida es de 2.314mm, y el punto de mayor tensión de 135MPa, obteniéndose un coeficiente de seguridad de 1.74, un resultado aceptable, por lo que para esta estructura se fija un peso de uso máximo de 150kg.

#### 7.4 Jcup

Para llevar a cabo la simulación de este componente, solamente se escoge uno de los dos (es indiferente ya que ambos son iguales y solo varía la situación del tope lateral). Como el peso total es soportado por dos apoyos, se realiza la simulación con la mitad del peso total, siendo este 150kg. Este máximo se basa en que muy pocos usuarios trabajan con cargas tan altas (más de 300kg en total).

En cuanto a las fijaciones se restringe el movimiento en el eje z para la cara en contacto con la estructura, y en los ejes x e y para el bulón con el que se conecta en la estructura.

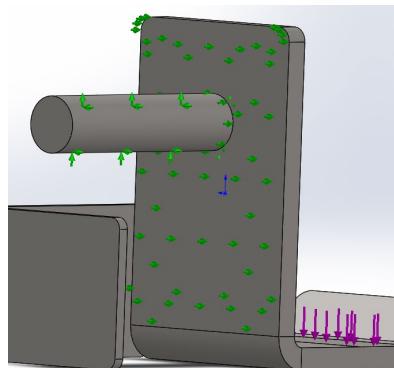


Figura 63: Detalle sujeciones de Jcup

En cuanto a la zona de aplicación de la fuerza, se utiliza el punto más desfavorable para el cálculo, siendo este el más alejado de la estructura. Para ello se realiza un croquis que comienza en el lateral y tiene 28 mm de grosor, coincidiendo esta medida con el grosor de una barra olímpica. Se escoge este tamaño debido a que esta estructura está hecha para trabajar tanto con las barras como los discos con las medidas olímpicas.

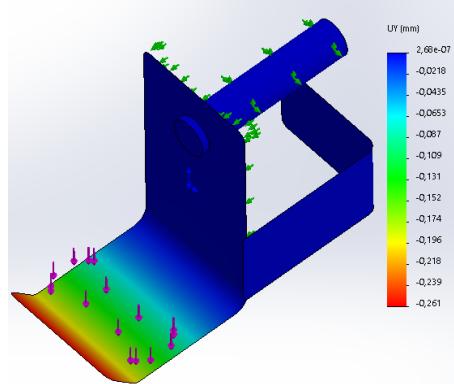


Figura 64: Deformación en el eje vertical

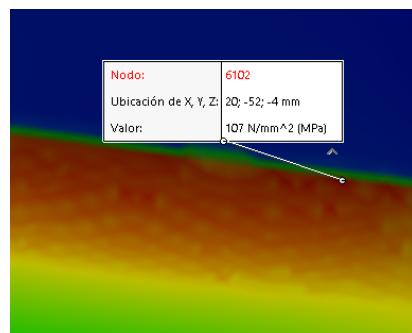


Figura 65: Punto más desfavorable

Para este estudio se obtienen unos resultados de una deformación máxima de 0.263mm, lo cual es prácticamente despreciable, y el pico de tensión máxima de 106MPa, dejando un coeficiente de seguridad de 2.46, por lo que se concluye que el conjunto de los dos soportes aguanta perfectamente una carga total de 300kg.

## 7.5 Soporte quitamiedos

Al igual que para la simulación anterior, solamente se escogerá una de las dos piezas para la simulación. En este caso se utilizará un peso máximo de 200kg, ya que su uso está destinado a ser un tope de seguridad, por lo cual, si el usuario se zafa de la barra desde altura, la fuerza de impacto será mayor al peso original. Se suponen 200kg debido a que, dándole un uso correcto, la distancia desde la que se puede soltar la barra es inferior a unos 10-20cm, por lo que la fuerza de impacto no incrementa considerablemente.

Para las fijaciones se utiliza el mismo tipo que en el Jcup.

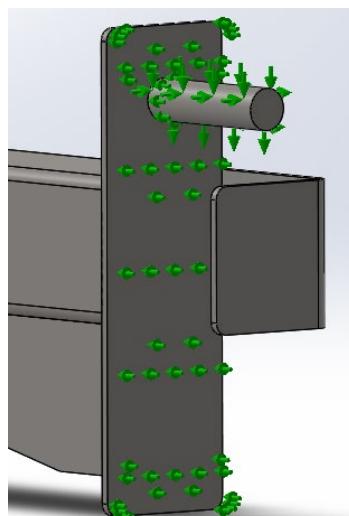


Figura 66: Detalle sujeciones de soporte quitamiedos

Para la zona de aplicación de la fuerza se realiza un croquis en la zona más alejada de los apoyos, dibujando este como en el caso anterior con un ancho igual al diámetro de la barra.

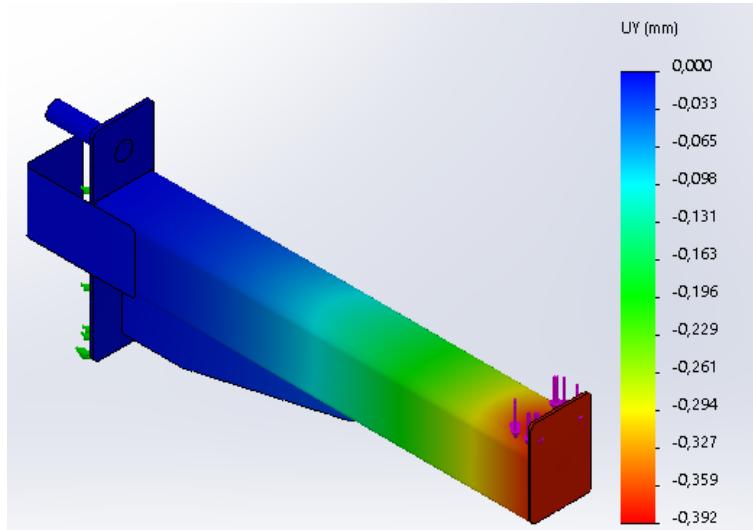


Figura 67: Desplazamiento en el eje vertical

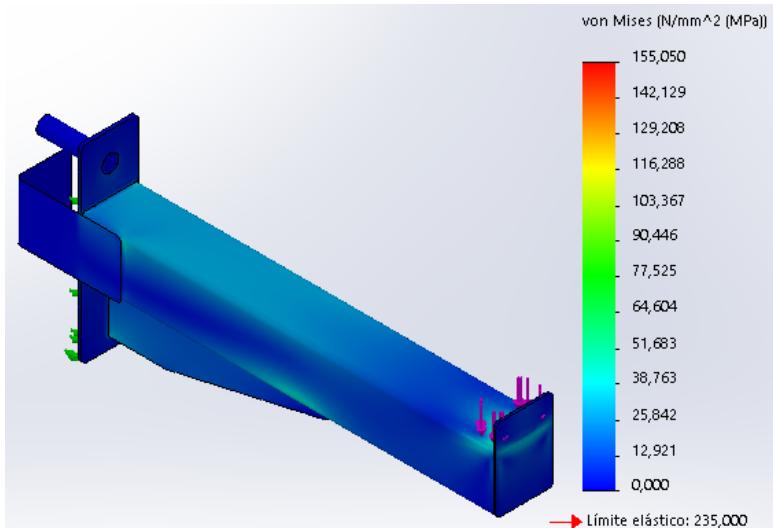


Figura 68: Tensión máxima

Para este estudio se obtiene una deformación vertical máxima de 0.392mm, lo cual es despreciable, y un pico de tensión máxima de 155.05 MPa, despreciándose este valor ya que se produce en la zona de la soldadura, siendo el punto más desfavorable el más alejado del apoyo con una tensión de 56.66MPa, quedando un coeficiente de seguridad de 4.148.

## 7.6 Almacenamiento de discos

Se analiza esta parte de la estructura por separado, ya que de esta manera se simplifican los cálculos y la complejidad de la simulación, debido a que realizar una simulación de la estructura completa es inviable a nivel de procesamiento para el programa con el que se realiza. Se puede realizar esto ya que por motivos de diseño, al cargar los discos en esta zona, la influencia de la carga producida por estos sobre este elemento es despreciable respecto a la estructura total.

Se realizan dos estudios, uno con la carga máxima total en ambos lados, y otra con la carga máxima en solo uno de los extremos.

Ambos estudios tienen en común las sujeciones. Para que se asemeje lo máximo posible a la realidad, se realizan croquis de manera que simulen las zonas en contacto tanto con las sujeciones como con el resto de la estructura.

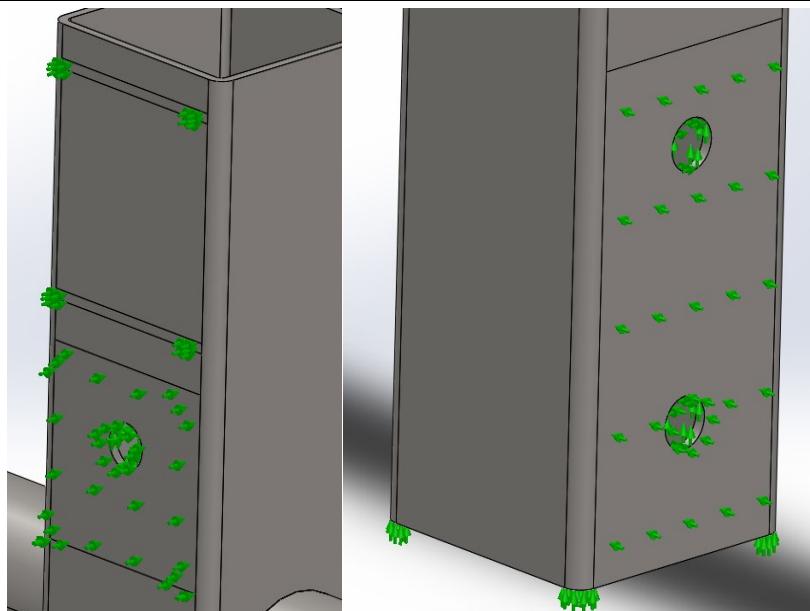


Figura 69: Detalle sujetos en el almacenamiento de discos

#### 7.6.1 Carga máxima total a ambos lados:

Se aplica un total de 500N en cada uno de los brazos, ya que es el peso máximo admitido por diseño. Para ello se realiza un croquis de 160mm de longitud y anchura igual al tubo, y una línea de partición para aplicar la fuerza desde la parte superior.

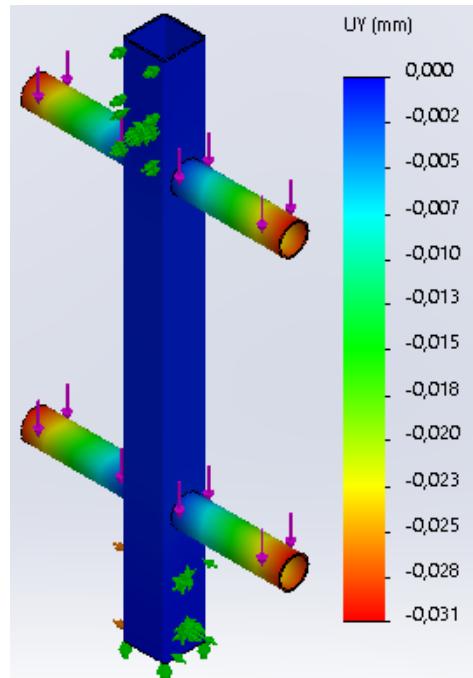


Figura 70: Desplazamiento en el eje vertical en el almacenamiento de discos

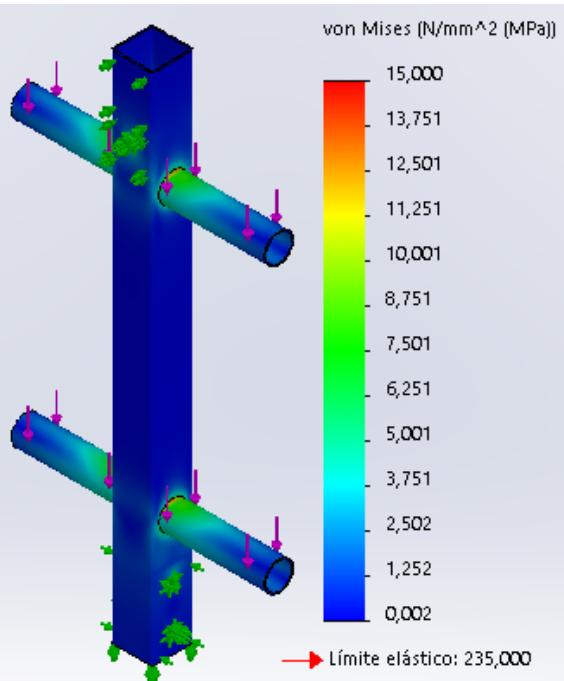


Figura 71: Tensión máxima en el almacenamiento de discos

La tensión máxima soportada en este estudio es de 15MPa, obteniéndose un coeficiente de seguridad de 15.67 y el desplazamiento máximo de 0.031mm. Ambos resultados son prácticamente 0, por lo cual se concluye que esta estructura es válida.

#### 7.6.2 Carga máxima lateral:

Para este estudio se cargan ambos brazos solamente en uno de los laterales siguiendo el mismo procedimiento que en el anterior.

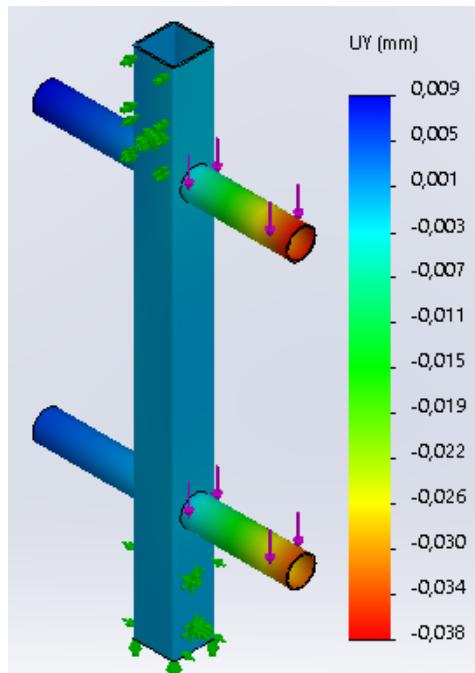
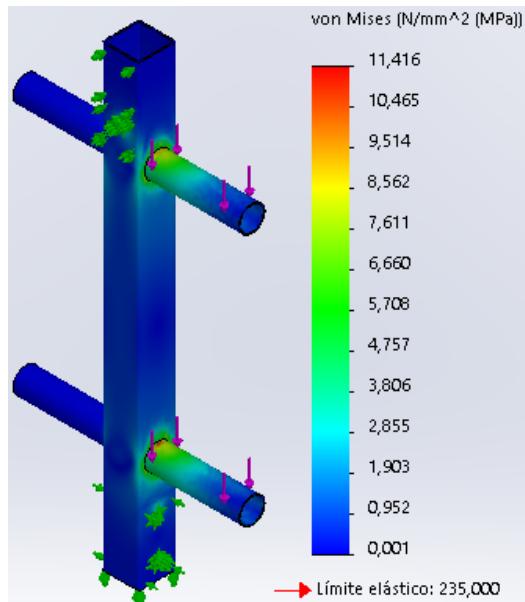


Figura 72: Desplazamiento en el eje vertical en el almacenamiento de discos



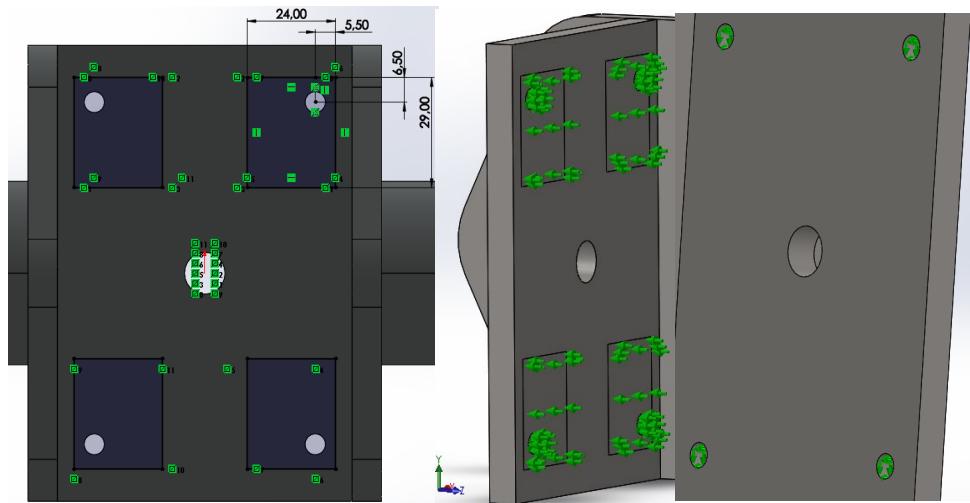
**Figura 73: Tensión máxima en el almacenamiento de discos**

La tensión máxima que soporta es inferior a 12MPa, y la deformación máxima de 0.038mm, siendo prácticamente igual al caso anterior, por lo cual la conclusión es la misma.

## 7.7 Soporte de discos en el sistema de empuje vertical

Este elemento es el encargado de soportar el peso en el sistema de poleas. Para el estudio se utiliza un máximo de 150 kg, 75 por cada lado, siendo este el máximo por diseño.

Para las fijaciones se realiza un croquis que simula la cara de apoyo de los cojinetes lineales (detalle en figura 74 izquierda) limitando el movimiento en “z”, y en el eje “x” e “y” para los orificios de los tornillos.



**Figura 74: Detalle sujetaciones de soporte de discos en el sistema de empuje vertical**

En cuanto a las fuerzas aplicadas, se aplican 750N a modo de carga distribuida en cada uno de los extremos. Para realizar esto se dibuja un croquis de 240mm de longitud y de anchura igual que el tubo, que simula 3 discos de 25kg cada uno, y mediante el uso de una línea de partición se aplica la carga en la zona superior de la barra con sentido vertical descendente. Se aplica también una carga en el taladro central, contraria a las anteriores y de 1500N, de esta manera se simula el efecto de la fuerza que tiene que realizar el usuario para levantar la carga máxima.

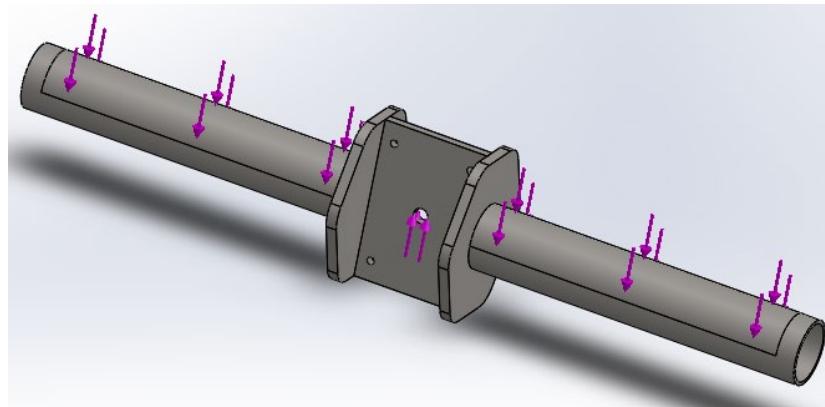


Figura 75: Detalle fuerzas en el soporte de discos del sistema de empuje vertical

Como para acoplar el cable se utiliza un cáncamo normalizado, no se incluye en dicho análisis ya que como según el fabricante aguanta 300kg, cumple su función y no es necesario analizarlo.

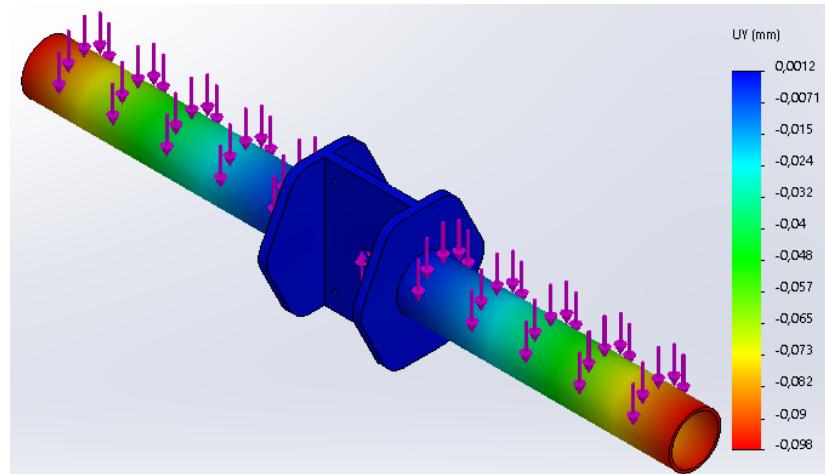


Figura 76: Desplazamiento en el eje vertical en el sistema de empuje vertical

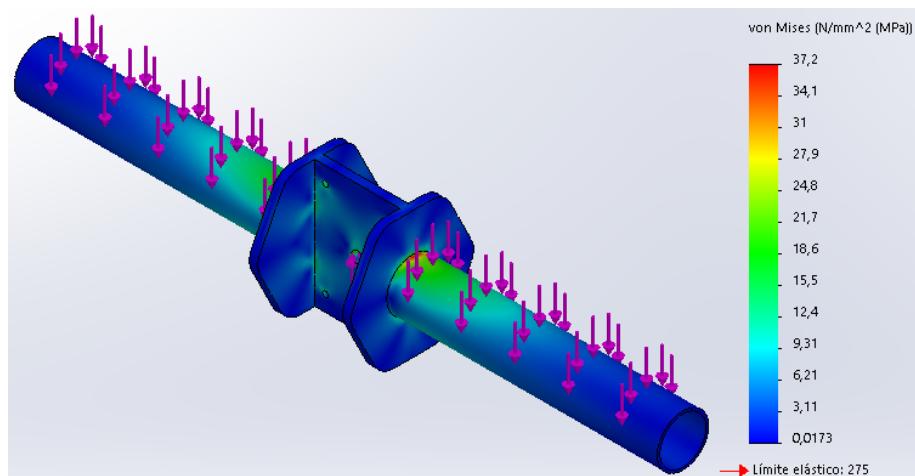


Figura 77: Tensión máxima en el sistema de empuje vertical

La elongación máxima es de 0.098mm, siendo este valor despreciable, y se obtiene un pico de tensión de 37.2 MPa, dando este lugar a un coeficiente de seguridad de 7.4. Por lo tanto, se concluye que el componente cumple su función correctamente.

## 7.8 Remo

Para la simulación de esta pieza se divide en dos partes, la primera es la pieza donde se acopla la barra (soporte de la barra), y la segunda los soportes de dicha pieza en la unión con la viga (soportes remo).

### 7.8.1 Soporte de la barra.

Se utiliza sujeción fija para los taladros donde se sitúa el tornillo, limitando el movimiento en todos los ejes.

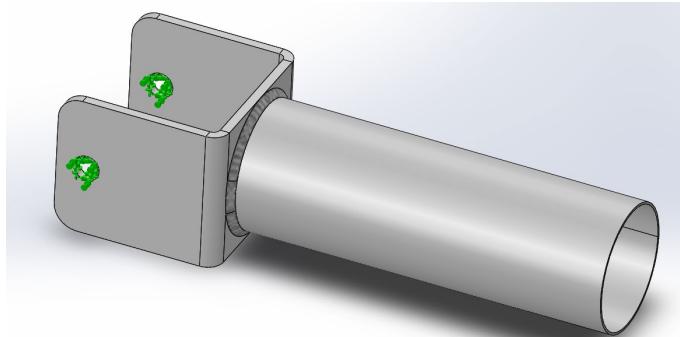


Figura 78: Detalle sujetaciones del soporte de la barra

En cuanto a la aplicación de fuerzas se realizan dos estudios, ambos para una carga de 1250N, en los cuales se simula cuando la primera pieza se encuentra en una posición paralela al suelo y cuando forma un ángulo de 45° con el mismo.

Los parámetros de mallado serán iguales para ambos, utilizándose una malla basada en curvatura con tamaño máximo de 3mm y tamaño mínimo de 1mm, 8 elementos mínimo por círculo y 1,5 de cociente de crecimiento.

Para el primero se realiza una línea de partición en la cara interior del tubo, y se aplica la fuerza total perpendicular al suelo en la cara inferior del mismo.

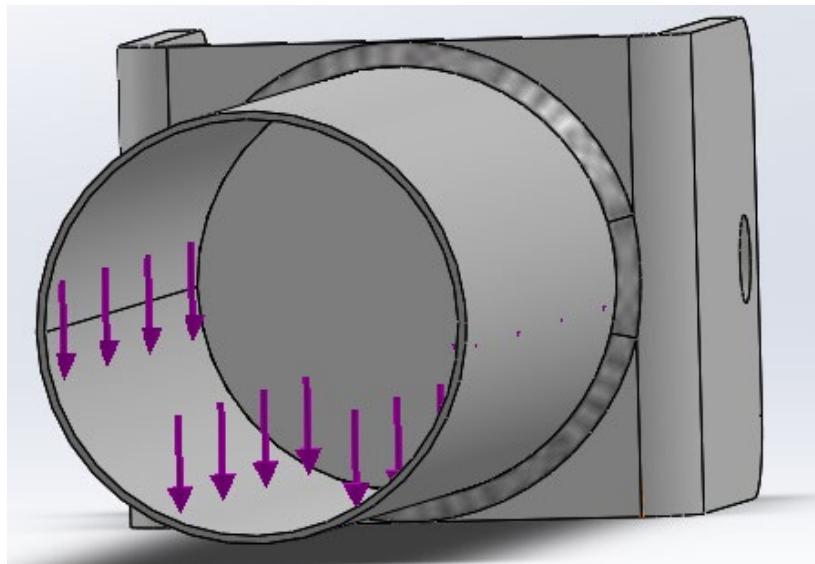


Figura 79: Detalle fuerzas del soporte de la barra

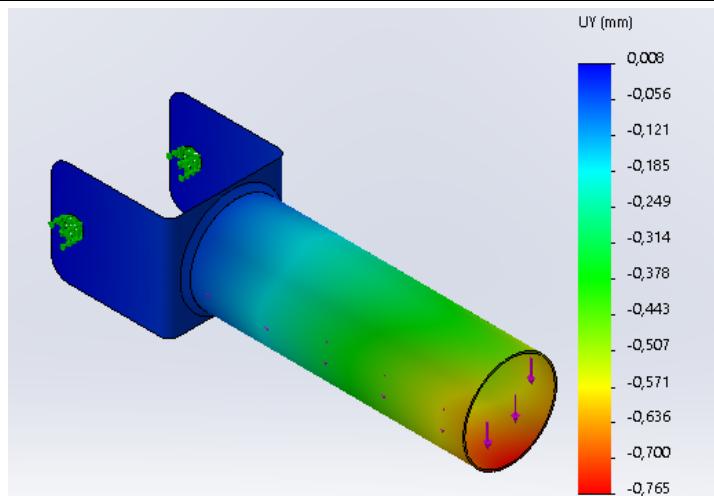


Figura 80: Desplazamiento en el eje vertical del soporte de la barra

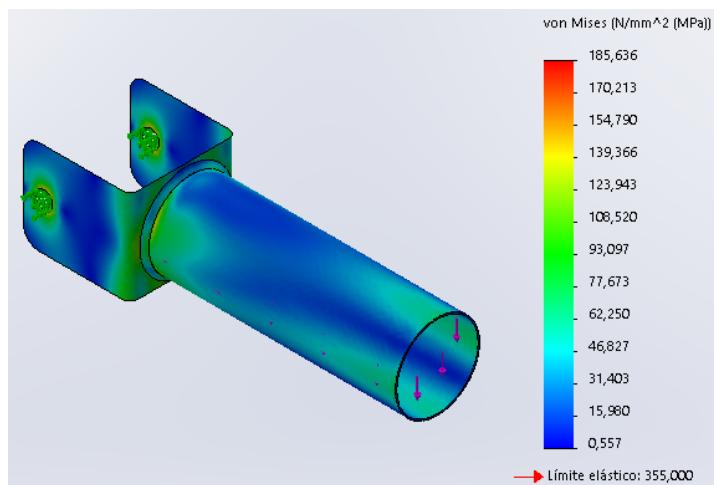


Figura 81: Tensión máxima del soporte de la barra

Se obtiene una deformación vertical máxima de 0.765mm, y una tensión máxima de 185.636 MPa, quedando un coeficiente de seguridad de 1.91, por lo cual se concluye que la pieza soporta perfectamente el esfuerzo.

Para el segundo, se reutiliza la línea de partición usada anteriormente, pero como la barra se encuentra con ángulo, se calculan las fuerzas en x e y, quedando estas de la siguiente manera:

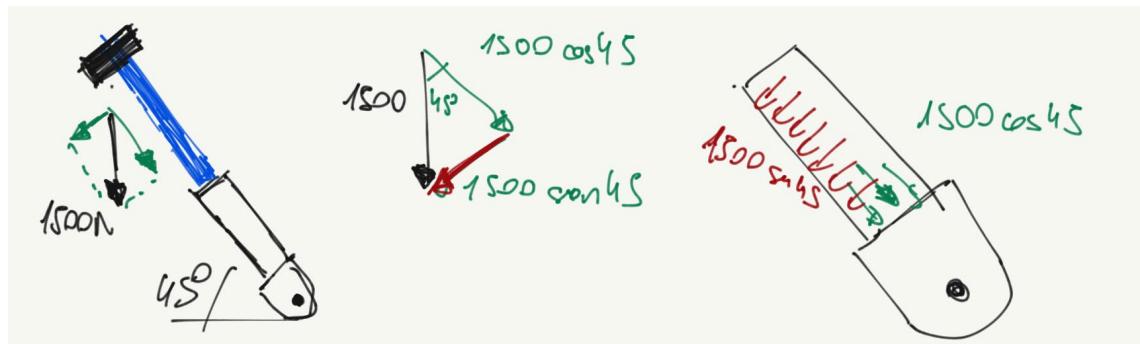


Figura 82: Detalle reparto de fuerzas del soporte de la barra

$$F_x = 1250 * \cos(45) = 883.88 \text{ N}$$

Ecuación 26

$$F_y = 1250 * \sin(45) = 883.88 \text{ N}$$

Ecuación 27

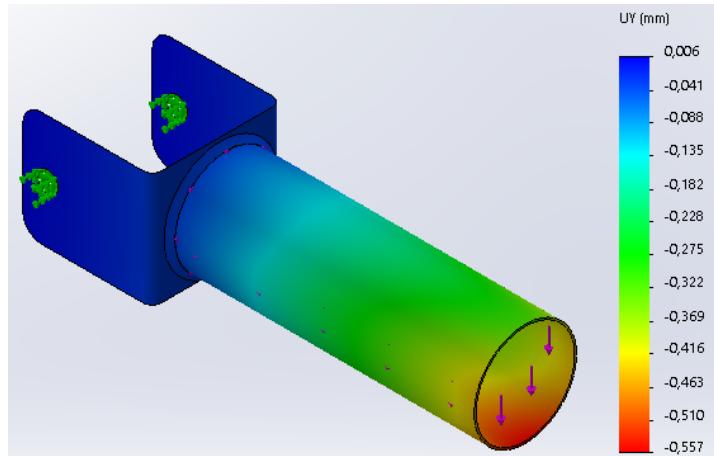


Figura 83: Desplazamiento en el eje vertical del soporte de la barra

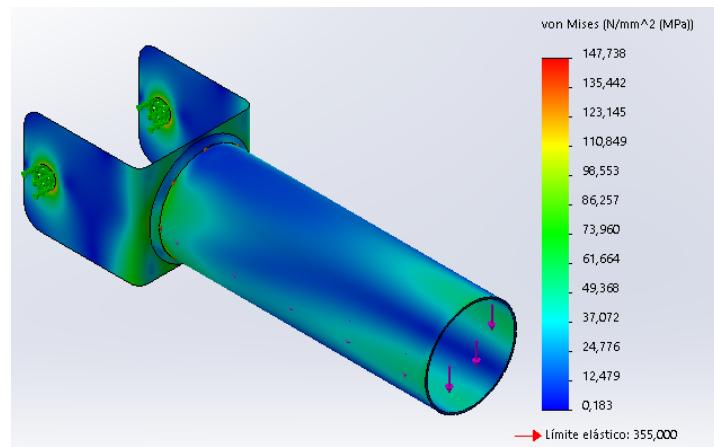


Figura 84: Tensión máxima soportada del soporte de la barra

Se obtiene una deformación vertical máxima de 0.555mm, y un pico de tensión máxima de 145.899 MPa, quedando un coeficiente de seguridad de 2.433, por lo cual se concluye que la pieza soporta perfectamente el esfuerzo.

#### 7.8.2 Soporte del remo.

Para las fijaciones se limita el movimiento en el eje x e y para el taladro del tornillo (1, figura 85). Se realiza un croquis que simula el apoyo de las escuadras contra la viga limitándose el movimiento en "x" (2, figura 85), y por último se fija el movimiento en "y" la parte de la viga en contacto con el suelo (3, figura 85).

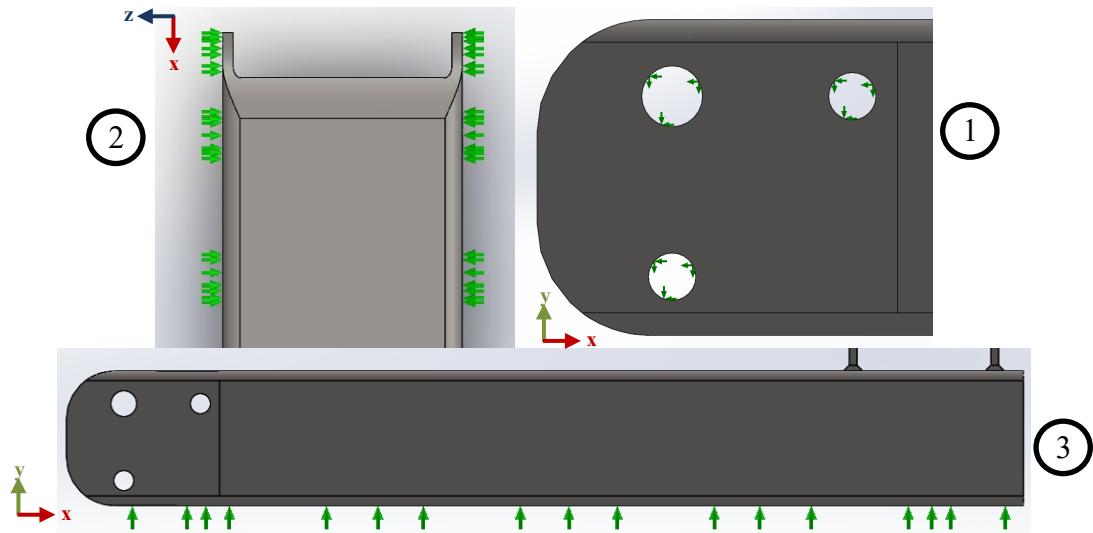


Figura 85: Detalle sujetaciones del soporte del remo

Para el reparto de fuerzas, es indiferente la posición del soporte de la barra, ya que la fuerza siempre estará en posición perpendicular al suelo, por lo cual se aplica una fuerza total de 1250N en la cara inferior de los taladros del soporte de dicha pieza.

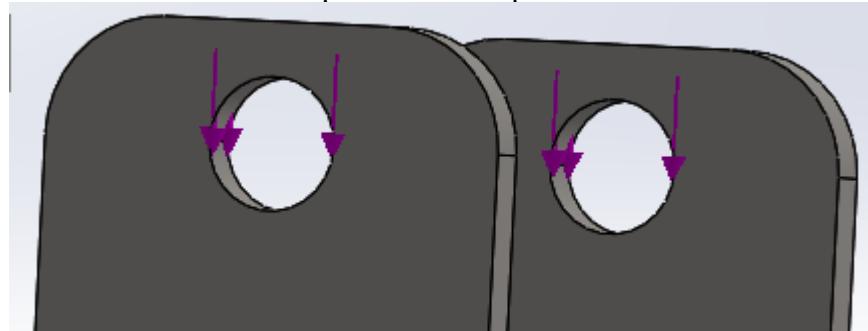


Figura 86: Detalle fuerzas en el soporte del remo

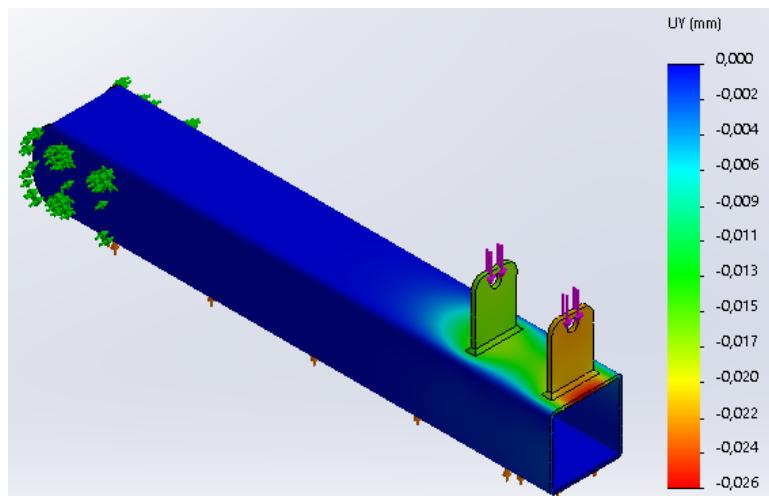


Figura 87: Desplazamiento en el eje vertical en el soporte del remo

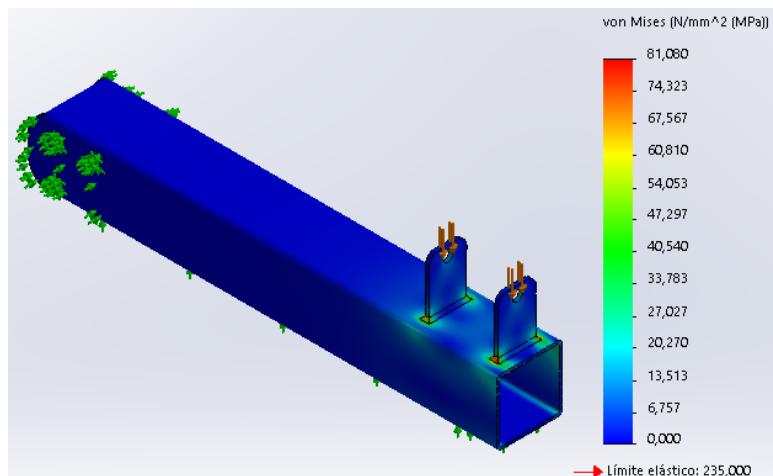
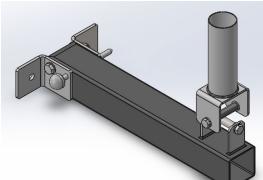
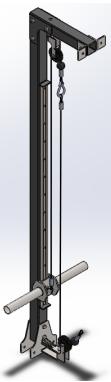
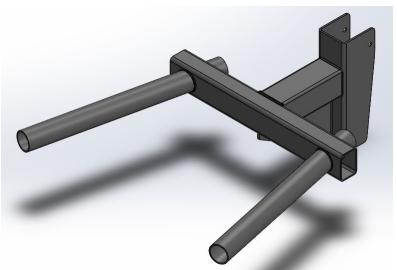


Figura 88: Desplazamiento en el eje vertical en el soporte del remo

La deformación vertical máxima obtenida es de 0.026mm, y una tensión máxima de 81.08 MPa, quedando un coeficiente de seguridad de 2.89, por lo que se acepta este diseño ya que el desplazamiento es de prácticamente 0.

## 8 RESUMEN DE CAPACIDADES Y SUGERENCIAS DE USO

Recomendaciones para la instalación	Utilización de losetas de caucho para estabilizar la estructura en caso de que haya pequeños desniveles en el suelo de la vivienda, protegiéndolo a su vez de posibles impactos directos de los discos.		
	Implementación de tira de caucho a modo de refuerzo en la parte de impacto con la barra para el juego de Jcups y el juego de soportes quitamiedos.		
Dimensiones	Estructura principal	Profundidad: 228cm	
		Altura: 247cm (adaptable hasta 220cm)	
		Anchura: 159cm	
		Peso: 170kg	
	Sistema de remo	Profundidad: 21.4cm	
		Altura: 35.2cm	
		Anchura: 50cm	
		Peso: 5kg	
	Sistema de guiado	Profundidad: 47.15cm	
		Altura: 227.8cm	
		Anchura: 60.6cm	
		Peso: 29.2kg	
	Estación de dips	Profundidad: 73.5cm	
		Altura: 29cm	
		Anchura: 64cm	
		Peso: 10.35kg	

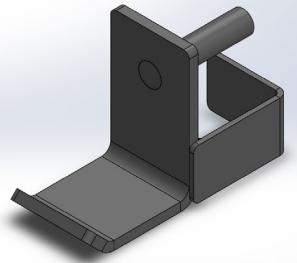
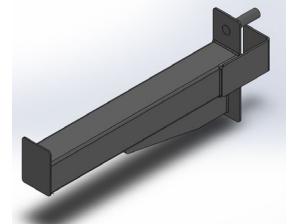
	Jcup (x2)	Profundidad: 17.9cm	
		Altura: 12cm	
		Anchura: 7.5cm	
		Peso: 1.35kg	
	Soporte quitamiedos (x3)	Profundidad: 58.3cm	
		Altura: 23cm	
		Anchura: 7.4cm	
		Peso: 5.12kg	
Cargas máximas soportadas	Barra de dominadas	200kg (usuario + lastre)	
	Almacenamiento de discos	400kg (8*50kg)	
	Sistema de remo	150kg (barra + discos)	
	Sistema de guiado	150kg	
	Estación de dips	150kg (usuario + lastre)	
	Juego de Jcups	300kg (repartidos entre ambos)	
	Juego de soportes quitamiedos	400kg (repartidos entre ambos)	
Perfil de usuario	No recomendable el uso de esta estructura a menores de 18 años Nivel: principiante a profesional Altura recomendada: 1.50m a 2m		

Tabla 4: Resumen de capacidades y sugerencias de uso

## 9 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este documento se ha descrito el proceso de diseño de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico, cuya venta tiene una tendencia creciente en el mercado actual. Supone una gran innovación en la forma de realizar ejercicio permitiendo al usuario escoger el momento idóneo para la realización del mismo sin salir de su domicilio, optimizando de este modo su tiempo, evitando esperar en gimnasios al mismo tiempo que reduce sus gastos e incrementa su seguridad en el momento tan crítico que estamos viviendo.

Teniendo en cuenta los objetivos se puede concluir que:

- Se han estudiado las diferentes alternativas de equipos multifunción existentes en el mercado, lo que nos ha permitido orientarnos a la hora de generar nuestro diseño.
- Se han generado diferentes diseños seleccionando la alternativa que mejor se adapta a los requerimientos.
- Se ha establecido un diseño definitivo, explicando detalladamente sus partes, especificando sus componentes, justificando con cálculos y simulaciones en SolidWorks.
- Los componentes materiales han sido seleccionados en función de sus características escogiendo los que aportan mejor calidad-precio, logrando un diseño al mínimo coste posible garantizando la seguridad como objetivo principal.
- Se ha modelado en un software asistido de modelaje 3D como es SolidWorks.
- Se han realizado los análisis de la estructura calculando coeficiente de seguridad al vuelco.
- Se han generado todos los planos necesarios en AutoCAD.
- Se ha generado documentación necesaria: memoria, planos, presupuesto de los costes de total fabricación y pliego de condiciones.

En lo relativo a la formación del alumno que lo realiza:

- Se han ampliado conocimientos en el software de diseño 3D SolidWorks
- Se han reforzado conocimientos de AutoCAD.
- Se ha mejorado la capacidad de análisis de resolución de problemas de forma creativa.
- Se han reforzado conocimientos de ofimática.
- Se han aplicado conocimientos adquiridos durante su formación para el dimensionamiento del sistema

Con relación a las líneas futuras, se valora:

- La adicción de una estación extra que permita realizar extensiones de cuádriceps y trabajo de femoral concentrado, siendo estos dos ejercicios muy específicos e importantes a la hora de trabajar el tren inferior.
- Colaborar con empresas del sector para poder ofrecer un pack que incluya, banco, discos y barra olímpica a un precio inferior que comprándolo por separado.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

1. Moreno, M.A. El confinamiento dispara la demanda de material para entrenar en casa. *La Vanguardia*. 27 de 03 de 2021, pág. <https://www.lavanguardia.com/deportes>.
2. El asombroso origen de las máquinas del gimnasio. *INFOBAE*. 16 de 7 de 2017, págs. <https://www.infobae.com/salud/fitness/2017/07/16/el-asombroso-origen-de-las-maquinasy-del-gimnasio/>.
3. La evolución de la tecnología fitness. *Revista amigos y socios*. 13 de 2 de 2019, págs. <https://www.amigosysocios.com/la-evolucion-de-la-tecnologia-fitness/>.
4. Amazon.es. *Amazon.es*. [En línea] [Citado el: 10 de 07 de 2021.]  
[https://www.amazon.es/TecTake-SOPORTE-HALTERA-REGULABLE-regulable/dp/B01M6UQRNQ/ref=asc\\_df\\_B01M6UQRNQ/?tag=googshope-21&linkCode=df0&hvadid=167160144696&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=10434328364761927721&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvloclp](https://www.amazon.es/TecTake-SOPORTE-HALTERA-REGULABLE-regulable/dp/B01M6UQRNQ/ref=asc_df_B01M6UQRNQ/?tag=googshope-21&linkCode=df0&hvadid=167160144696&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=10434328364761927721&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvloclp).
5. Rogueeurope.eu. *Rogueeurope.eu*. [En línea] [Citado el: 02 de 05 de 2021.]  
<https://www.rogueeurope.eu/sml-2-rogue-90-monster-lite-squat-stand-eu>.
6. Getstrong.es. *Getstrong.es*. [En línea] [Citado el: 2021 de 07 de 10.]  
<https://getstrong.es/producto/power-rack-elite-series/>.
7. Progym.es. *Progym.es*. [En línea] [Citado el: 10 de 07 de 2021.]  
<https://www.progym.es/forceusa-power-rack-crossover-banco-ajustable-completo-fondos-j-hooks-y-muchos-mas-100-incluido.html>.
8. Rogueeurope.com. *Rogueeurope.com*. [En línea] [Citado el: 20 de 04 de 2021.]  
[https://www.rogueeurope.eu/rogue-monster-lite-matador-eu?locale=es&gclid=CjwKCAjw95yJBhAgEiwAmRrutFHjLNvZL65nBPObEf8\\_MI4Z5UiAoEQeXqh039IX7f1\\_zb9eiY613hoCyMIQAvD\\_BwE](https://www.rogueeurope.eu/rogue-monster-lite-matador-eu?locale=es&gclid=CjwKCAjw95yJBhAgEiwAmRrutFHjLNvZL65nBPObEf8_MI4Z5UiAoEQeXqh039IX7f1_zb9eiY613hoCyMIQAvD_BwE).
9. Amazon.es. *Amazon.es*. [En línea] [Citado el: 10 de 07 de 2021.]  
[https://www.amazon.es/LFJ-musculacion-Entrenamiento-Accesorio-Antebrazos/dp/B08CKG217G/ref=asc\\_df\\_B08CKG217G/?tag=googshope-21&linkCode=df0&hvadid=435867859439&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=12064818359979437206&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=](https://www.amazon.es/LFJ-musculacion-Entrenamiento-Accesorio-Antebrazos/dp/B08CKG217G/ref=asc_df_B08CKG217G/?tag=googshope-21&linkCode=df0&hvadid=435867859439&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=12064818359979437206&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=).
10. KingsBox.it. *KingsBox.it*. [En línea] [Citado el: 12 de 05 de 2021.]  
<https://www.kingsbox.it/en/product/mighty-cx-35-cps/>.
11. Vitonica.com. *Vitonica.com*. [En línea] [Citado el: 10 de 08 de 2021.]  
<https://www.vitonica.com/>.
12. Maniak Fitness. *maniakfitness.com*. [En línea] [Citado el: 10 de 04 de 2021.]  
<https://www.maniakfitness.com/barra-olimpica-top-grade-v3-20kg-8-rodamientos-1150kg-p28>.
13. Decathlon.es. *Decathlon.es*. [En línea] [Citado el: 18 de 07 de 2021.]  
[https://www.decathlon.es/es/p/kit-pasadores-de-bloqueo-para-bancos-y-multiestaciones-musculacion/\\_R-p-X8359530?mc=8359530&\\_adin=0932585350](https://www.decathlon.es/es/p/kit-pasadores-de-bloqueo-para-bancos-y-multiestaciones-musculacion/_R-p-X8359530?mc=8359530&_adin=0932585350).
14. Amazon.es. *Amazon.es*. [En línea] [Citado el: 18 de 07 de 2021.] Repuestosfitness.com.
15. Repuestosfitness.com. *Repuestosfitness.com*. [En línea] [Citado el: 12 de 05 de 2021.]  
<https://repuestosfitness.com/es/cables-poleas-y-accesorios-gimnasio/3857-cable-exerflex-pro-316-48mm-forrado-para-maquinasy-de-musculacion-de-gimnasios.html>.
16. Repuestosfitness.com. *Repuestosfitness.com*. [En línea] [Citado el: 12 de 04 de 2021.]  
<https://repuestosfitness.com/es/cables-poleas-y-accesorios-gimnasio/1027-sujetacable-reten-cromado-para-cable-de-05mm-para-maquinasy-gimnasio.html>.
17. Repuestosfitness.com. *Repuestosfitness.com*. [En línea] [Citado el: 12 de 04 de 2021.]  
<https://repuestosfitness.com/es/cables-poleas-y-accesorios-gimnasio/3828-bolapelota-freno-gomacauchoo-038mm-para-cable-de-05-y-06mm.html>.

18. Accesorionautico.com. *Accesorionautico.com*. [En línea] [Citado el: 19 de 7 de 2021.]  
<https://www.accesorionautico.com/mosqueton-bombero-inox-316-10-mm-100-mm-imnasa>.
19. Igus.es. *Igus.es*. [En línea] [Citado el: 18 de 07 de 2021.]  
<https://www.igus.es/product?artNr=WS-10-40>.
20. Igus.es. *Igus.es*. [En línea] [Citado el: 19 de 07 de 2021.]  
<https://www.igus.es/product?artNr=WJ200UM-01-10>.
21. Nuovaricambi.net. *Nuovaricambi.net*. [En línea] [Citado el: 15 de 07 de 2021.]  
<https://nuovaricambi.net/es/product/2783-casquillo-en-teflon-molinete-lavado-o-19-8-15x12x10-5-comenda-hoonved>.
22. Caminos.udc.es. *Caminos.udc.es*. [En línea] [Citado el: 22 de 07 de 2021.]  
[http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_itop/411/contenido\\_publico/recursos/tema07.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/411/contenido_publico/recursos/tema07.pdf).
23. Gomas y cauchos. *gomasycauchos.com*. [En línea] [Citado el: 29 de 08 de 2021.]  
<https://gomasycauchos.com/producto/suelos-gimnasios/>.
24. GetStrong. *getstrong.es*. [En línea] [Citado el: 30 de 08 de 2021.]  
<https://getstrong.es/producto/jcups-set/>.
25. Horfasa.com. *Horfasa.com*. [En línea] [Citado el: 22 de 07 de 2021.]  
[http://www.horfasa.com/fotos/utilidades/03251017Foto\\_Big.pdf](http://www.horfasa.com/fotos/utilidades/03251017Foto_Big.pdf).
26. Tornillera.com. *Tornillera.com*. [En línea] [Citado el: 02 de 06 de 2021.]  
[http://www.tornillera.com/archivos/info\\_tecnica/esp/propiedades\\_tornillos.pdf](http://www.tornillera.com/archivos/info_tecnica/esp/propiedades_tornillos.pdf).
27. Indexfix.com. *Indexfix.com*. [En línea] [Citado el: 22 de 07 de 2021.]  
<https://www.indexfix.com/docs/ft-met-es.pdf>.
28. Indexfix.com. *Indexfix.com*. [En línea] 22 de 7 de 2021.  
<https://www.indexfix.com/docs/ft-met-es.pdf>.
29. Indexfix.com. *Indexfix.com*. [En línea] 22 de 7 de 2021.  
<https://www.indexfix.com/docs/ft-met-es.pdf>.
30. Elesa-ganter.es. *Elesa-ganter.es*. [En línea] [Citado el: 22 de 07 de 2021.]  
<https://www.elesa-ganter.es/siteassets/PDF/ES/DIN%20580.pdf>.
31. Damesa.com. *Damesa.com*. [En línea] [Citado el: 18 de 07 de 2021.]  
[https://www.damesa.com/dms-downloads/Catalogos/Cat\\_UNIQ\\_2018.pdf](https://www.damesa.com/dms-downloads/Catalogos/Cat_UNIQ_2018.pdf).
32. Eurobearings.es. *Eurobearings.es*. [En línea] [Citado el: 22 de 07 de 2021.]  
<https://www.eurobearings.es/wp-content/uploads/2018/07/Cat%C3%A1logo-ISB-Casquillos-2015-italiano-ingles.pdf>.

## 11 ANEXOS

### 11.1 Propiedades acero

Calidades Grades Tipi	Límite elástico mínimo $R_{eh}$ Minimum yield strength $R_{eh}$ Limite elastico minimo $R_{eh}$								Resistencia a la tracción $R_m$ Tensile strength $R_m$ Resistenza alla trazione $R_m$				Alargamiento mínimo A Minimum elongation A Allungamento minimo A $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ %				Ensayo de flexión por choque Notch impact test Prova di resilienza		
	MPa								MPa										
	Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)								Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)				Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)				Temperatura Temperature Temperatura	Energía mín. absorbida Min. absorbed energy Energia min. assorbita	
	≤16	>16	>40	>63	>80	>100	>100	>3	>100	>3	>40	>63	>100	>100	°C	J			
		≤40	≤63	≤80	≤100	≤125		≤100	≤125	≤40	≤63	≤100	≤125						
S235JR	235	225	215			195	360-510	350-500	26	25	24	22	+20	0	27				
S235JO													-20		27				
S235J2*																			
S275JR	275	265	255	245	235	225	410-560	400-540	23	22	21	19	+20	0	27				
S275JO													-20		27				
S275J2*																			
S355JR	355	345	335	325	315	295	470-630	450-600	22	21	20	18	+20	0	27				
S355JO													-20		27				
S355J2															40				
S355K2																			

Tabla 5: Propiedades aceros (25)

### 11.2 Propiedades tornillos según calidad

Según ISO 898-1	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	CLASE DE CALIDAD							
		4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 d≤16mm*¹	d>16mm*¹	10.9	12.9
Resistencia tracción R <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	nominal	400	500	500	600	800	800	1000	1200
	mín.*²	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Dureza Vickers HV F≥ 98N	mín.	130	155	160	190	250	255	320	385
	máx.	250				320	335	380	435
Dureza Brinell HB F= 30 D <sup>2</sup>	mín.	124	147	152	181	238	242	304	366
	máx.	238				304	318	361	414
Dureza Rockwell HR	mín. HRB	71	79	82	89	-	-	-	-
	mín. HRC	-	-	-	-	22	23	32	39
	máx. HRB	99,5				-	-	-	-
	máx. HRC	-	-	-	-	32	34	39	44
Límite elástico inferior R <sub>eI</sub> *³ (N/mm <sup>2</sup> )	nominal	320	300	400	480	-	-	-	-
	mín.	340	300	420	480	-	-	-	-
Límite elástico al 0,2% R <sub>p 0,2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	nominal	-	-	-	-	640	640	900	1080
	mín.	-	-	-	-	640	660	940	1100
Alargamiento %	mín.	14	20	10	8	12		9	8
Resiliencia J.	mín.	-	25	-	-	30		20	15

Tabla 6: Propiedades de tornillos según calidad (26)

## 11.3 Fichas técnicas tornillería

### 11.3.1 DIN 931

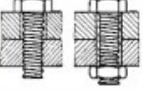
2.5 DIN-931		Tornillo rosca métrica hexagonal								
					Propiedades					
					A		ZINC			
					Acero	Recubrimiento cincado	Unión chapas			
		Propiedades								
										
		Hexagonal			Cabeza hexagonal	Métrica				
MÉTRICA			M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
s: distancia entre caras	[mm]		10	13	17	19	22	24	27	30
k: espesor cabeza	[mm]		4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5
e: distancia entre vértices	[mm]		10,89	14,20	18,72	20,88	23,91	26,17	29,56	32,95
b(min): longitud de rosca l ≤ 120 mm	[mm]		18	22	26	30	34	38	42	46
b(min): longitud de rosca l > 120 mm	[mm]		--	28	32	36	40	44	48	52
Llave de instalación			10	13	17	19	22	24	27	30

Tabla 7: Características DIN 931 (27)

### 11.3.1 DIN 985

2.14 DIN-985		Tuerca autoblocante													
		Propiedades													
															
								Acero			Recubrimiento cincado				
M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
s	5,5	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46
e	6,0	7,7	8,8	11,1	14,4	18,9	21,1	24,5	26,8	29,6	32,9	35,0	38,6	45,2	50,9
h	4	5	5	6	8	10	12	14	16	18,5	20	22	24	27	30
Llave	5,5	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46

Tabla 8: Características DIN 985 (28)

### 11.3.2 DIN 933

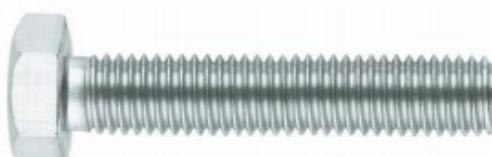
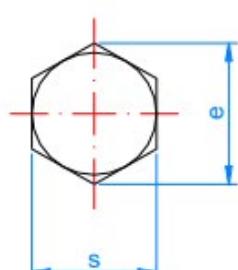
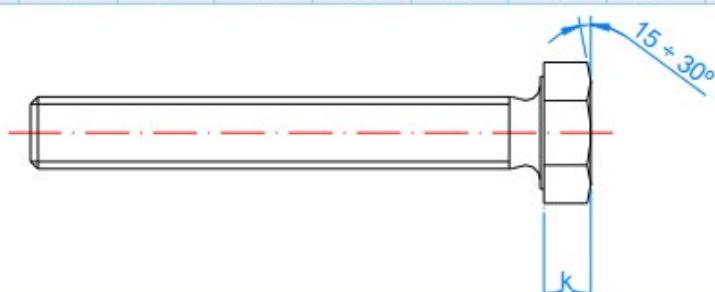
2.6 DIN-933		Tornillo rosca métrica hexagonal									
		Propiedades									
								A		 C1	
		Acero						Recubrimiento cincado		Unión chapas	
		Propiedades									
		Hexagonal						Cabeza hexagonal		Métrica	
MÉTRICA		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
s: distancia entre caras [mm]		7	8	10	13	17	19	22	24	27	30
k: espesor cabeza [mm]		3	3,5	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5
e: distancia entre vértices [mm]		7,50	8,63	10,89	14,20	18,72	20,88	23,91	26,17	29,56	32,95
Llave de instalación		7	8	10	13	17	19	22	24	27	30
 											

Tabla 9: Características DIN 931 (28)

### 11.3.1 DIN 125

2.19 DIN-125		Arandela plana															
		Propiedades															
										 C1							
		Acero								 C1							
M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
Ød1: diámetro interior	3,3	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0	25,0	28,0	31,0	34,0	37,0
Ød2: diámetro exterior	7	9	10	12	16	20	24	28	30	34	37	39	44	50	56	60	66
h: espesor	0,8	0,8	1	1,6	1,6	2	2,5	2,5	3	3	3	3	4	4	4	5	5

Tabla 10: Características DIN 125 (28)

### 11.3.2 DIN 912

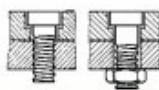
2.9 DIN-912		Tornillo Allen					
		Propiedades					
		<b>A</b>			<b>ZINC</b>		
		Acero			Recubrimiento cincado	Unión chapas	
		Propiedades					
				Allen			
		Cabeza cilíndrica			Métrica		
MÉTRICA		M4	M5	M6	M8	M10	M12
Ødk: diámetro de la cabeza	[mm]	7	8,5	10	13	16	18
s: distancia entre caras de la huella	[mm]	3	4	5	6	8	10
k: espesor cabeza	[mm]	4	5	6	8	10	12
Llave de Instalación		Allen 3	Allen 4	Allen 5	Allen 6	Allen 8	Allen 10

Tabla 11: Características DIN 912 (29)

### 11.3.1 Refuerzo final de cable

Ø externo [mm]	Ø interno [mm]	Material
45	6.3	Nylon

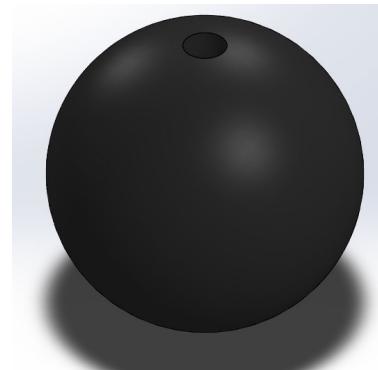


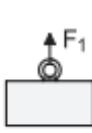
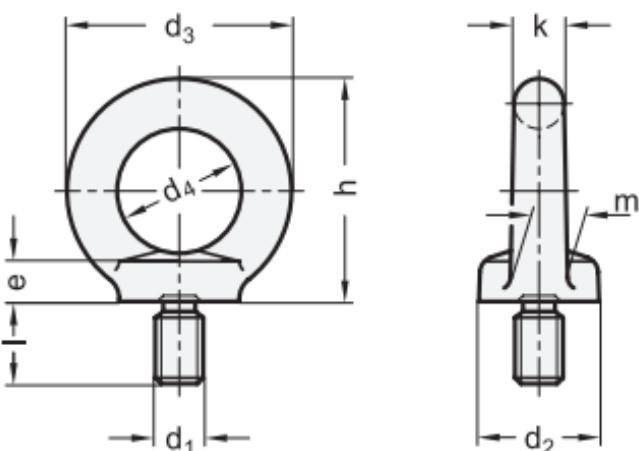
Tabla 12: Dimensiones bola nylon (17)

### 11.3.1 DIN 580

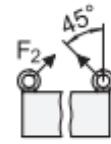
Descripción	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	e	h	k	l	m
DIN 580-M8-ST	M 8	20	36	20	6	36	8	13	10
DIN 580-M10-ST	M 10	25	45	25	8	45	10	17	12
DIN 580-M12-ST	M 12	30	54	30	10	53	12	20.5	14
DIN 580-M16-ST	M 16	35	63	35	12	62	14	27	16
DIN 580-M20-ST	M 20	40	72	40	14	71	16	30	19
DIN 580-M24-ST	M 24	50	90	50	18	90	20	36	24
DIN 580-M30-ST	M 30	65	108	60	22	109	24	45	28
DIN 580-M36-ST	M 36	75	126	70	26	128	28	54	32

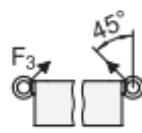
Descripción	F <sub>1</sub> max. en N	F <sub>2</sub> max. en N	F <sub>3</sub> max. en N	
DIN 580-M8-ST	1400	1000	700	60
DIN 580-M10-ST	2300	1700	1150	102
DIN 580-M12-ST	3400	2400	1700	180
DIN 580-M16-ST	7000	5000	3500	280
DIN 580-M20-ST	12000	8600	6000	450
DIN 580-M24-ST	18000	12900	9000	900
DIN 580-M30-ST	32000	23000	16000	1600
DIN 580-M36-ST	46000	33000	23000	2400



Capacidad de carga axial por cáncamo



Capacidad de carga por cáncamo con ángulo lateral de 45°



Capacidad de carga lateral por cáncamo con bajo esfuerzo cortante



No utilizar

Tabla 13: Características DIN 580 (30)

### 11.3.2 Poleas LFJ

Ø externo [mm]	Ø orificio [mm]	Espesor [mm]	Profundidad ranura [mm]	Ancho ranura [mm]	Carga máxima [kg]
90	10	25	10	10	300

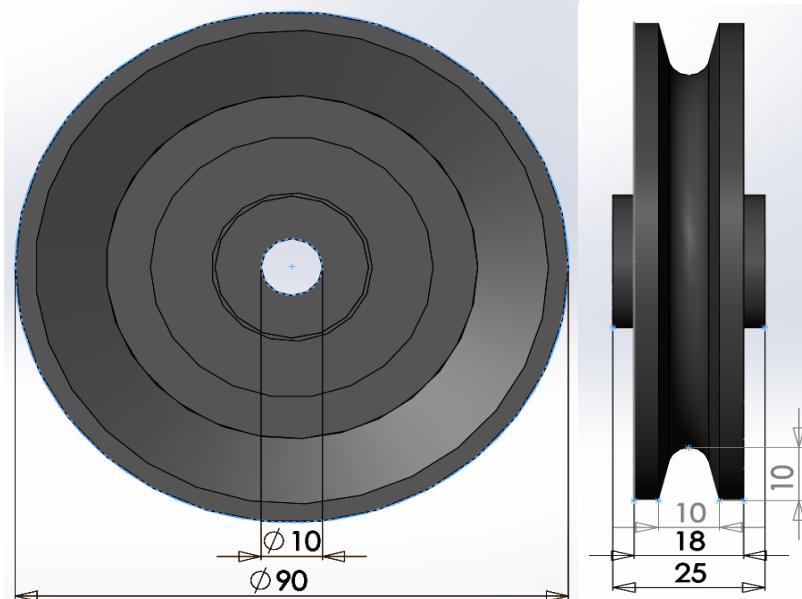


Tabla 14: Dimensiones polea LFJ (9)

### 11.3.3 Sujeta cable

Rosca [mm]	Ø externo [mm]	Ø interno [mm]	Largo [mm]	Material
8	22	11.3	47	Acero inoxidable

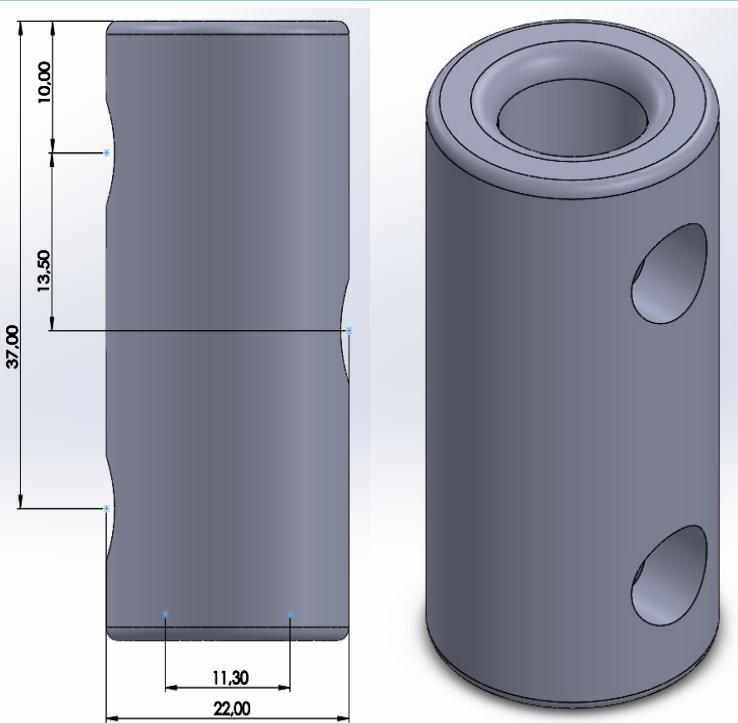


Tabla 15: Sujetacable (16)

### 11.3.4 Mosquetón DIN 5299 110

Medida <b>d x L</b>	Denominación	Referencia	Carga Trabajo <b>WLL (Kg)</b>	<b>L</b>	<b>d</b>	<b>c</b>	<b>Apertura</b>	<b>D</b>
4x40	DIN 5299 104	0953290-9	100	40	4	7	7	
5x50	DIN 5299 105	0953291-5	100	50	5	7	8	
6x60	DIN 5299 106	0953292-3	120	60	6	8	9	
7x70	DIN 5299 107	0953293-1	180	70	7	8	10	
8x80	DIN 5299 108	0953294-0	230	80	8	9	12	
9x90	DIN 5299 109	0953295-8	250	90	9	10	12	
<b>10x100</b>	<b>DIN 5299 110</b>	<b>0953296-6</b>	<b>350</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	
11x120	DIN 5299 111	0953297-4	400	120	11	16	18	
12X140	DIN 5299 112	0953298-2	450	140	12	19	20	
14X180	DIN 5299 114	0953299-0	580	180	14	35	22	
15X200	DIN 5299 115	0954200-2	650	200	15	35	22	

**Material:** Acero C15 | **Acabado:** Cincado blanco

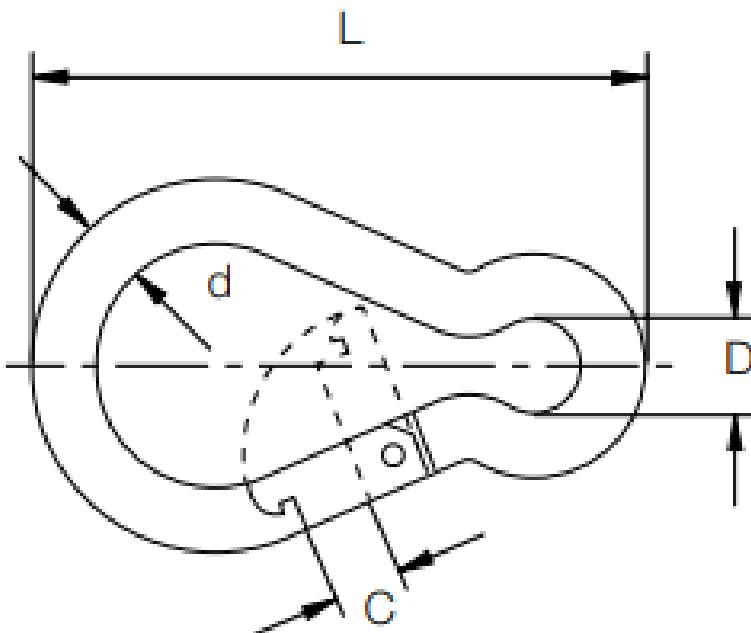
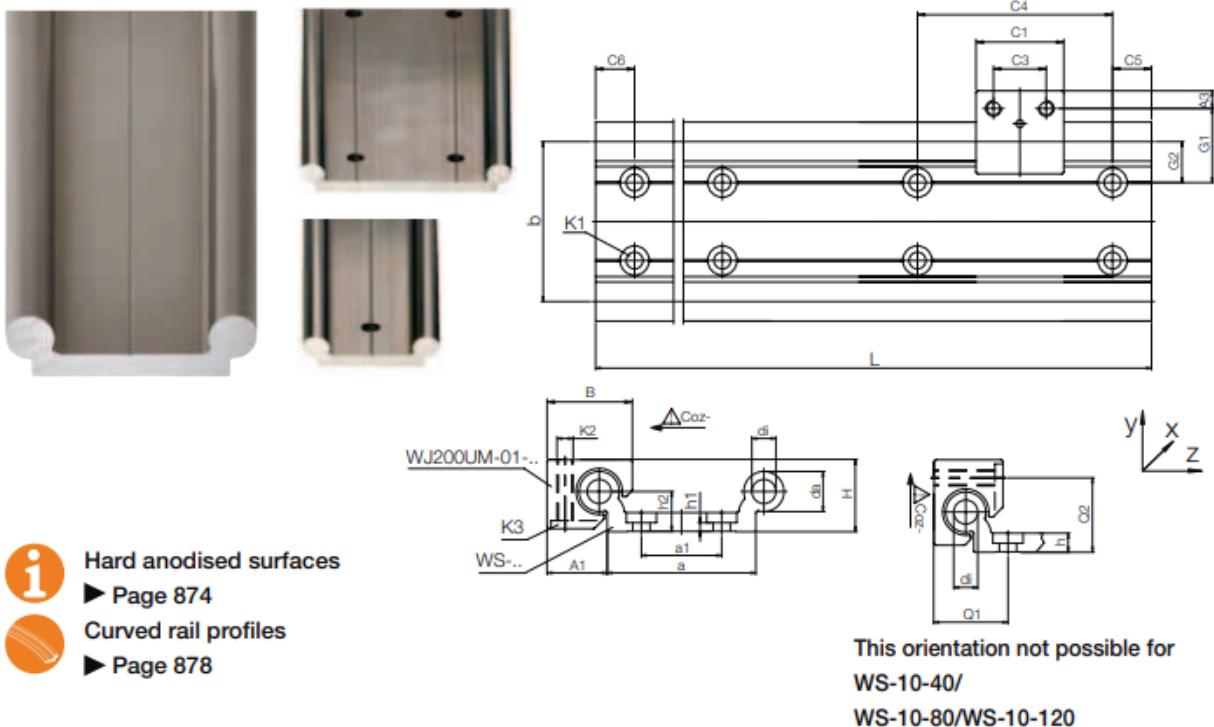


Tabla 16: Características DIN 5299 (31)

### 11.3.5 Igus WS-10-40



#### Technical data and dimensions [mm]

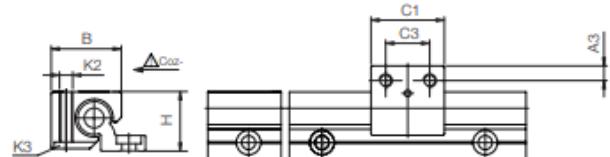
Part No.	Weight	H <sup>57)</sup>	da	di	L	a	A1	b	h	h1	h2	G1	G2	a1 <sup>62)</sup>	Q1	Q2
	[kg/m]	±0.25														
WS-10-40	1.00	18	10-0.1	—	4,000	40-0.5	16.5	40	5.5	5.5 <sup>58)</sup>	9	30	20	—	—	—
WS-10-80	1.50	18	10-0.1	—	4,000	74-0.7	16.5	74	5.5	5.5 <sup>58)</sup>	9	27	17	40	—	—
WS-10-120	2.02	18	10-0.1	—	4,000	120-0.7	16.5	120	5.5	5.5 <sup>58)</sup>	9	30	20	80	—	—
WS-16-60	1.96	27	16-0.1	8.0	4,000	54-0.5	25.0	58	7.5	3.5	14	43	29	—	32	28
WS-20-80	3.30	36	20-0.1	10.2	4,000	74-0.7	30.0	82	9.5	4.5	20	38	21	40	37	37
WS-25-120	5.8	45	25-0.15	14.0	4,000	120-0.7	37.5	131	11.5	5.5	25	46.5	25.5	80	45.5	46

<sup>57)</sup> Height dimension minus the bearing clearance tolerance <sup>62)</sup> WS-10-40/-16-60 a single row of mounting holes down the centreline; WS-10-80/-10-120/-20-80/-25-120 two parallel rows of mounting holes

Part No.	C4	C5	C6	K1 for screw	Geometrical moment of inertia		Moment of resistant			
					ly	Iz	Wby	Wbz		
	Min.	Max.	Min.	Max.	DIN 912	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>3</sup> ]	[mm <sup>3</sup> ]		
WS-10-40	120	20	79.5	20	79.5	M6 <sup>58)</sup>	91,000	5,100	3,600	590
WS-10-80	120	20	79.5	20	79.5	M6 <sup>58)</sup>	388,000	6,100	9,200	650
WS-10-120	120	20	79.5	20	79.5	M6 <sup>58)</sup>	1,303,000	7,100	20,000	720
WS-16-60	120	20	79.5	20	79.5	M8	367,600	26,100	9,900	1,900
WS-20-80	120	20	79.5	20	79.5	M8	1,080,000	78,700	21,000	4,000
WS-25-120	150	25	99.5	25	99.5	M10	4,867,000	215,000	62,400	8,500

Tabla 17: Características Igus WS ( (19)

### 11.3.6 Igus WJ200UM-01-10



**Stainless steel version available**

► Page 899

#### Technical data and dimensions [mm]

Part No.	Floating bearing clearance	Weight [g]	B	C1	C3	A3	K2	K3	Static load capacity		
									Coy [N]	Coz+ [N]	Coz- [N]
WJ200UM-01-10	–	41	26	29	16	6.5	M6	M5	1,200	1,200	250
WJ200UM-01-10-LL	±0.2	41	26	29	16	6.5	M6	M5	1,200	1,200	250
WJ200UM-01-10-AL	–	20	26	29	16	6.5	M6	M5	1,200	1,200	250
WJ200UM-01-16	–	100	34.5	36	18	9	M8	M6	2,100	2,100	400
WJ200UM-01-16-LL	±0.2	100	34.5	36	18	9	M8	M6	2,100	2,100	400
WJ200UM-01-16-AL	–	48	34.5	36	18	9	M8	M6	2,100	2,100	400
WJ200UM-01-20	–	190	42.5	45	27	9	M8	M6	3,200	3,200	500
WJ200UM-01-20-LL	±0.25	190	42.5	45	27	9	M8	M6	3,200	3,200	500
WJ200UM-01-20-AL	–	99	42.5	45	27	9	M8	M6	3,200	3,200	500
WJ200UM-01-25	–	425	52.5	58	36	11	M10	M8	4,800	4,800	950
WJ200UM-01-25-LL	±0.25	425	52.5	58	36	11	M10	M8	4,800	4,800	950
WJ200UM-01-25-AL	–	250	52.5	58	36	11	M10	M8	4,800	4,800	950

#### Technical data and dimensions [mm]

Part No.	Weight [g]	Camber [N]	Dimensions as Part No.
WJUM-01-10-P40	43	4.0	WJUME-01-10
WJUM-01-10-P90	43	9.0	WJUME-01-10
WJUM-01-10-P140	43	14.0	WJUME-01-10
WJ200UM-01-16-P40	110	4.0	WJ200UME-01-16
WJ200UM-01-16-P90	110	9.0	WJ200UME-01-16
WJ200UM-01-16-P140	110	14.0	WJ200UME-01-16
WJ200UM-01-16-P230	110	23.0	WJ200UME-01-16
WJ200UM-01-20-P40	222	4.0	WJ200UME-01-20
WJ200UM-01-20-P90	222	9.0	WJ200UME-01-20
WJ200UM-01-20-P140	222	14.0	WJ200UME-01-20
WJ200UM-01-16-P230	222	23.0	WJ200UME-01-20

Tabla 18: Características Igus WJ (20)

### 11.3.7 Casquillo teflón 18-24-30-18

$d_{(G7)}$	$D_{(s7)}$	$D_{1(j\pm 13)}$	$T_{(j\pm 13)}$	$L_{(j\pm 13)}$	R	$C_{max}$
18	22	26	2	18 $\pm 0,135$	0,6	0,4
				22 $\pm 0,165$		
				28 $\pm 0,165$		
	24	30	3	12 $\pm 0,135$	0,6	0,4
				18 $\pm 0,135$		
				22 $\pm 0,165$		
				28 $\pm 0,165$		
				30 $\pm 0,165$		
	25	31	5	30 $\pm 0,165$	0,6	0,4
		32	4	16 $\pm 0,135$		

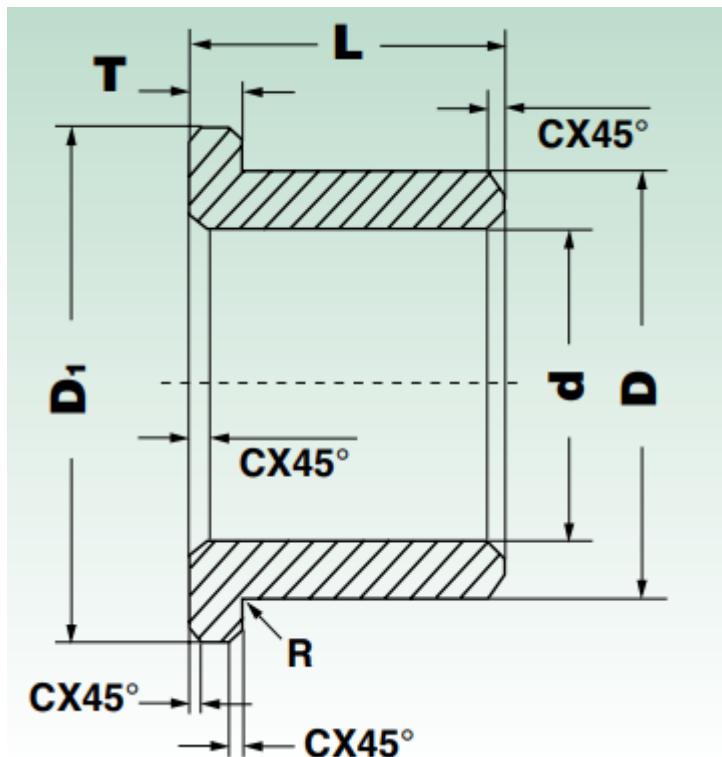
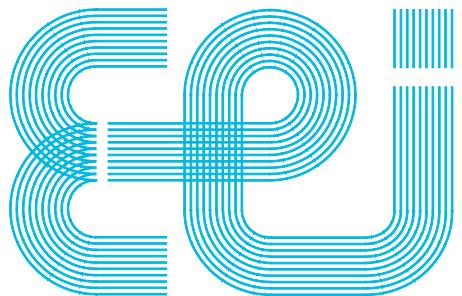


Tabla 19: Casquillo teflón (32)



Escuela de Ingeniería Industrial

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento  
multifunción para uso doméstico.*

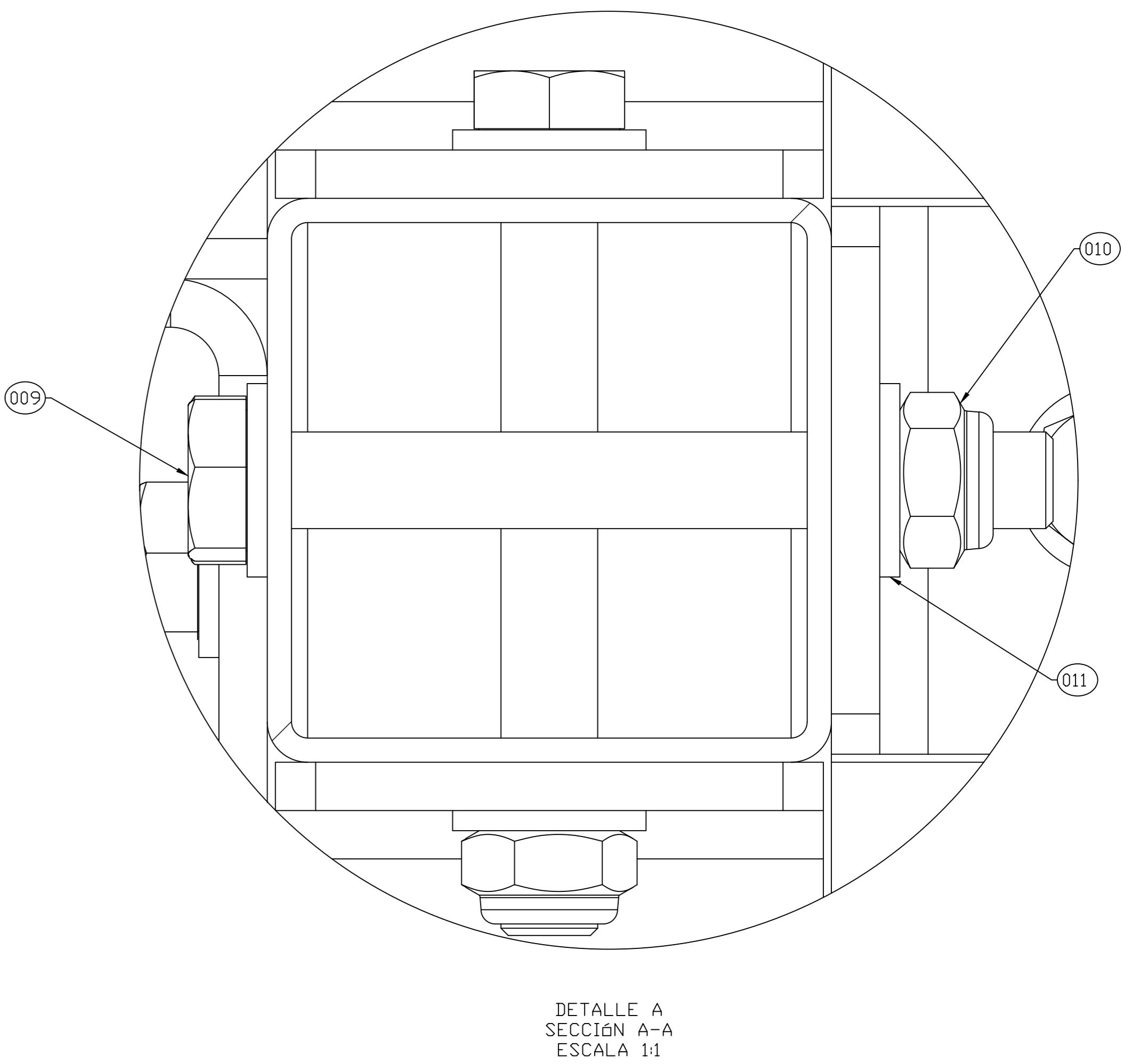
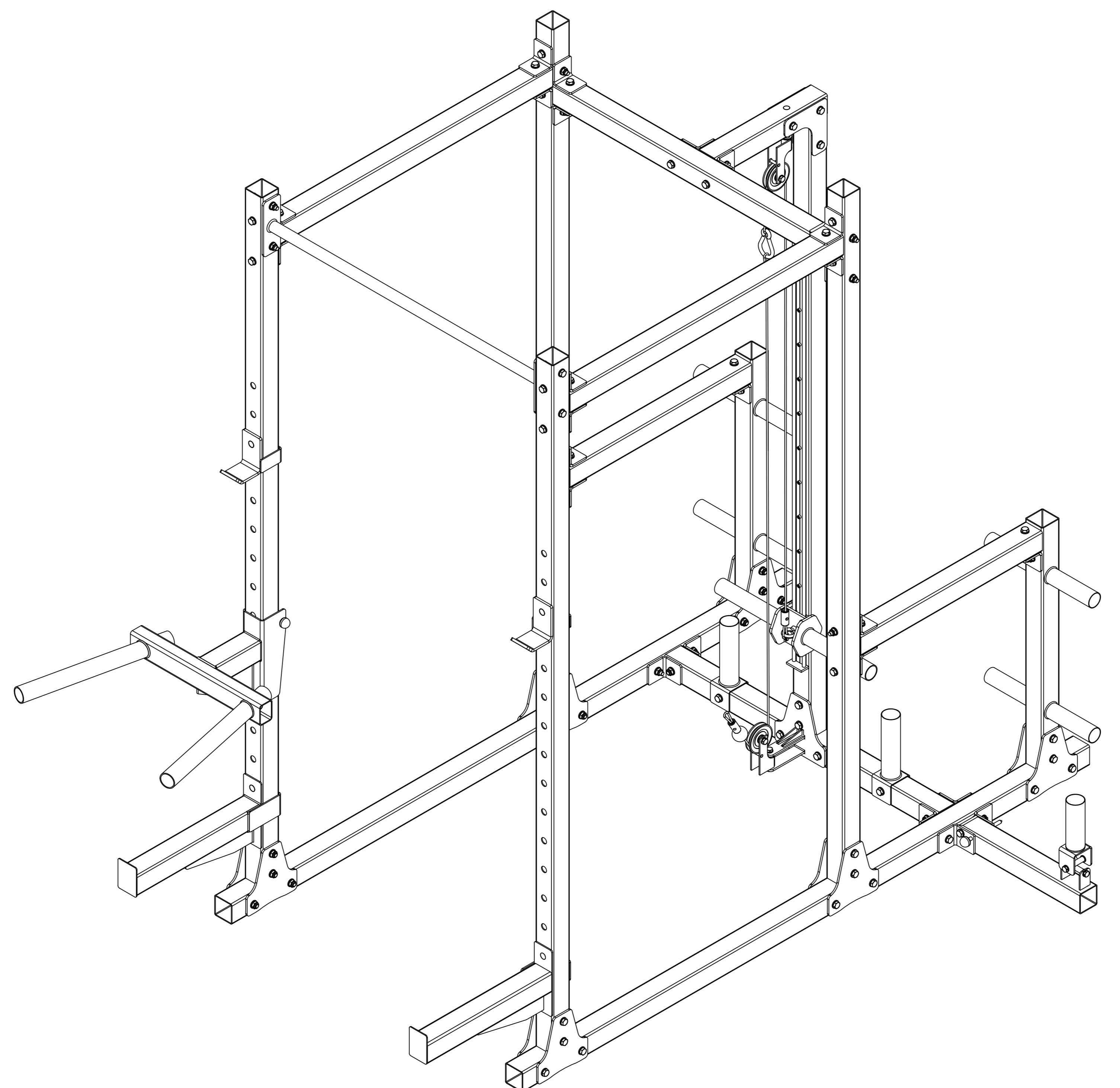
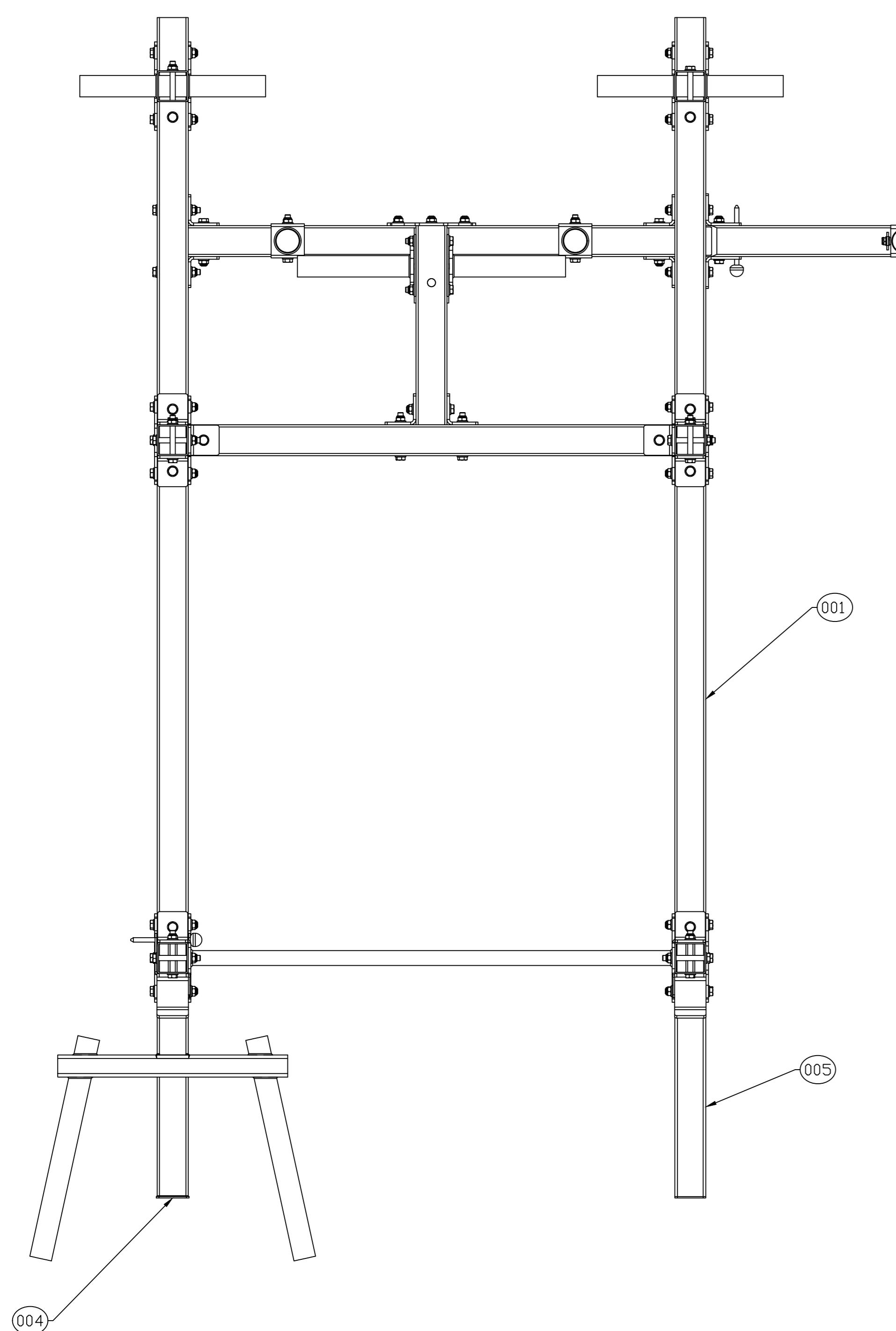
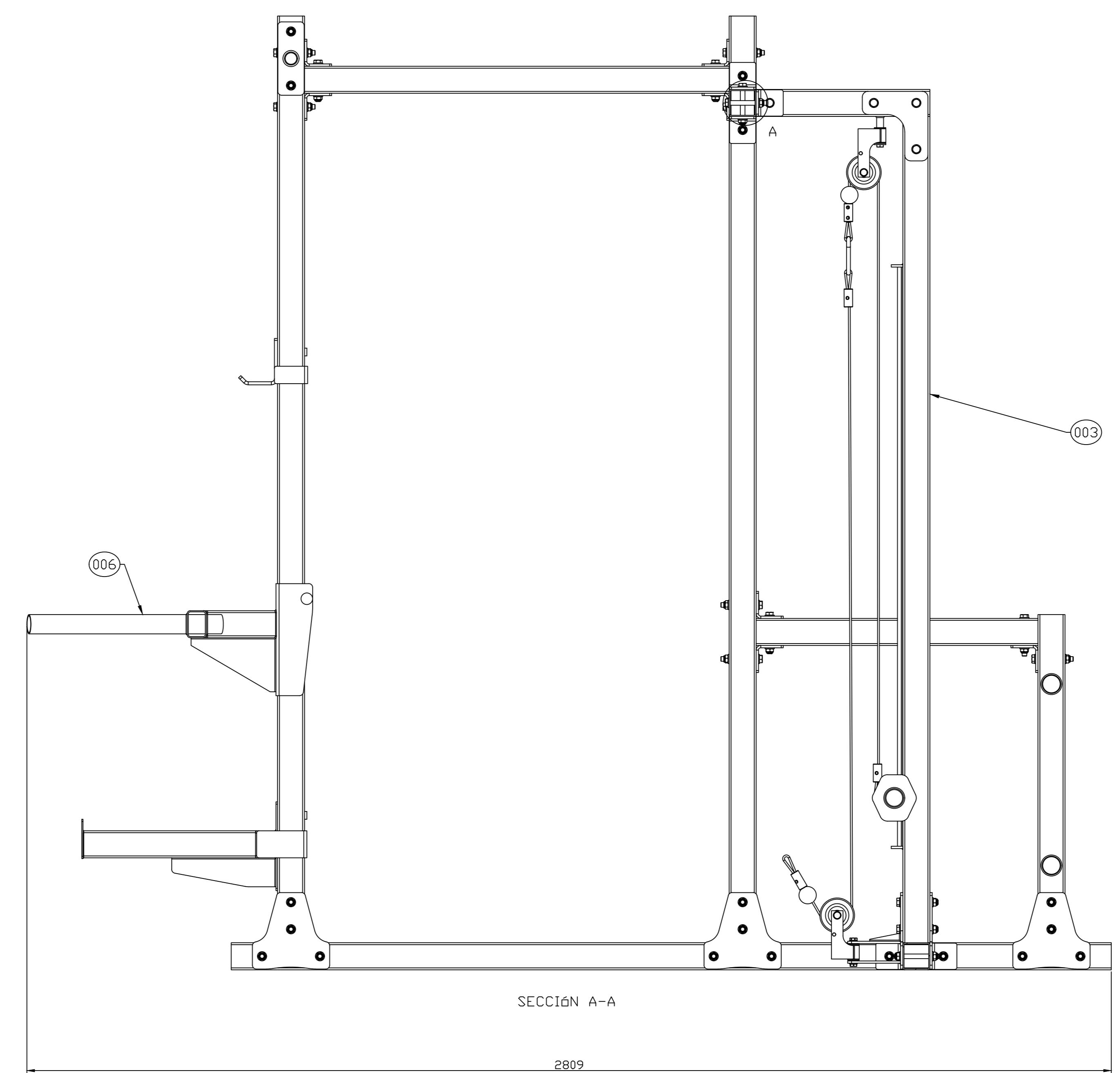
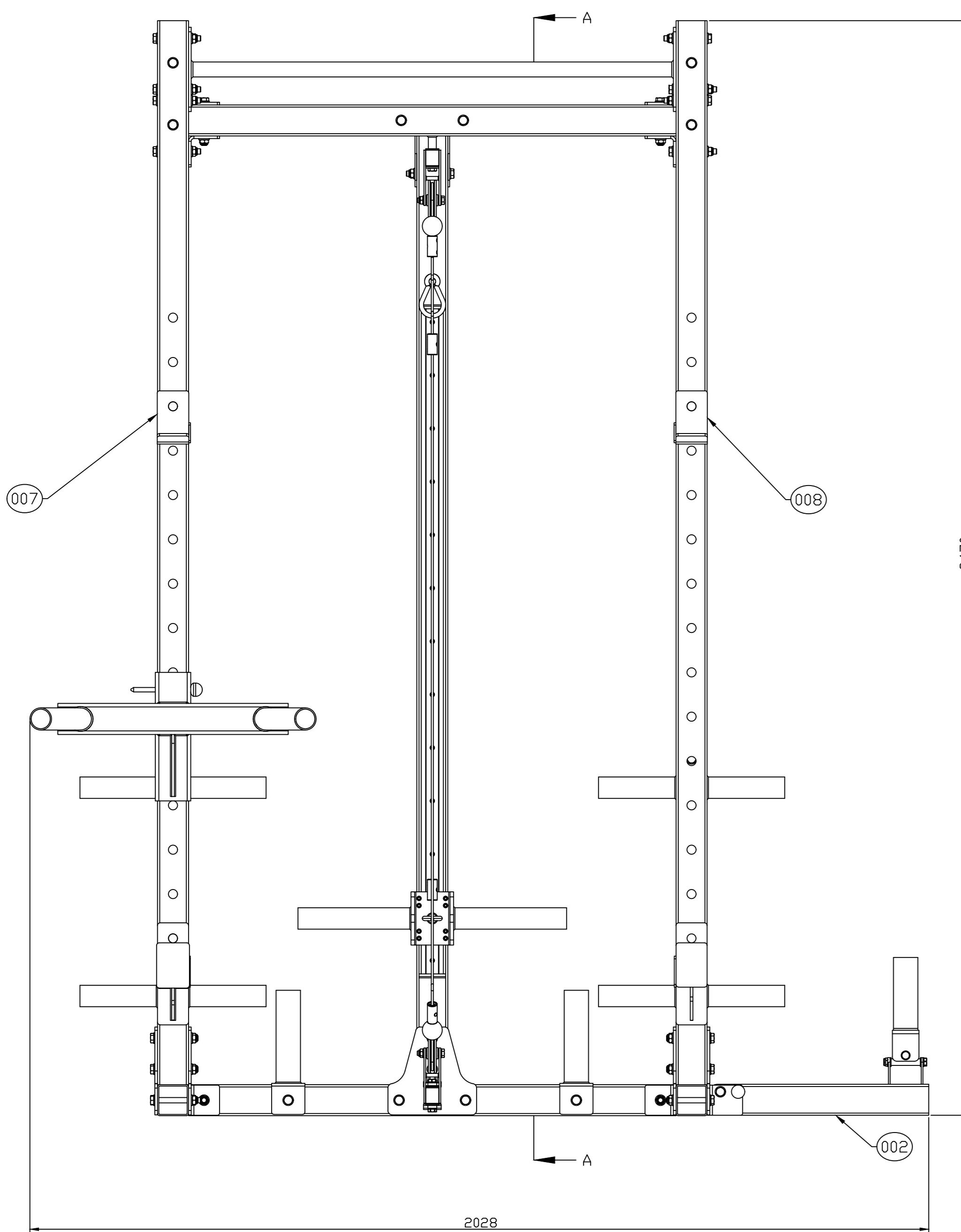
**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Documento**

**PLANOS**

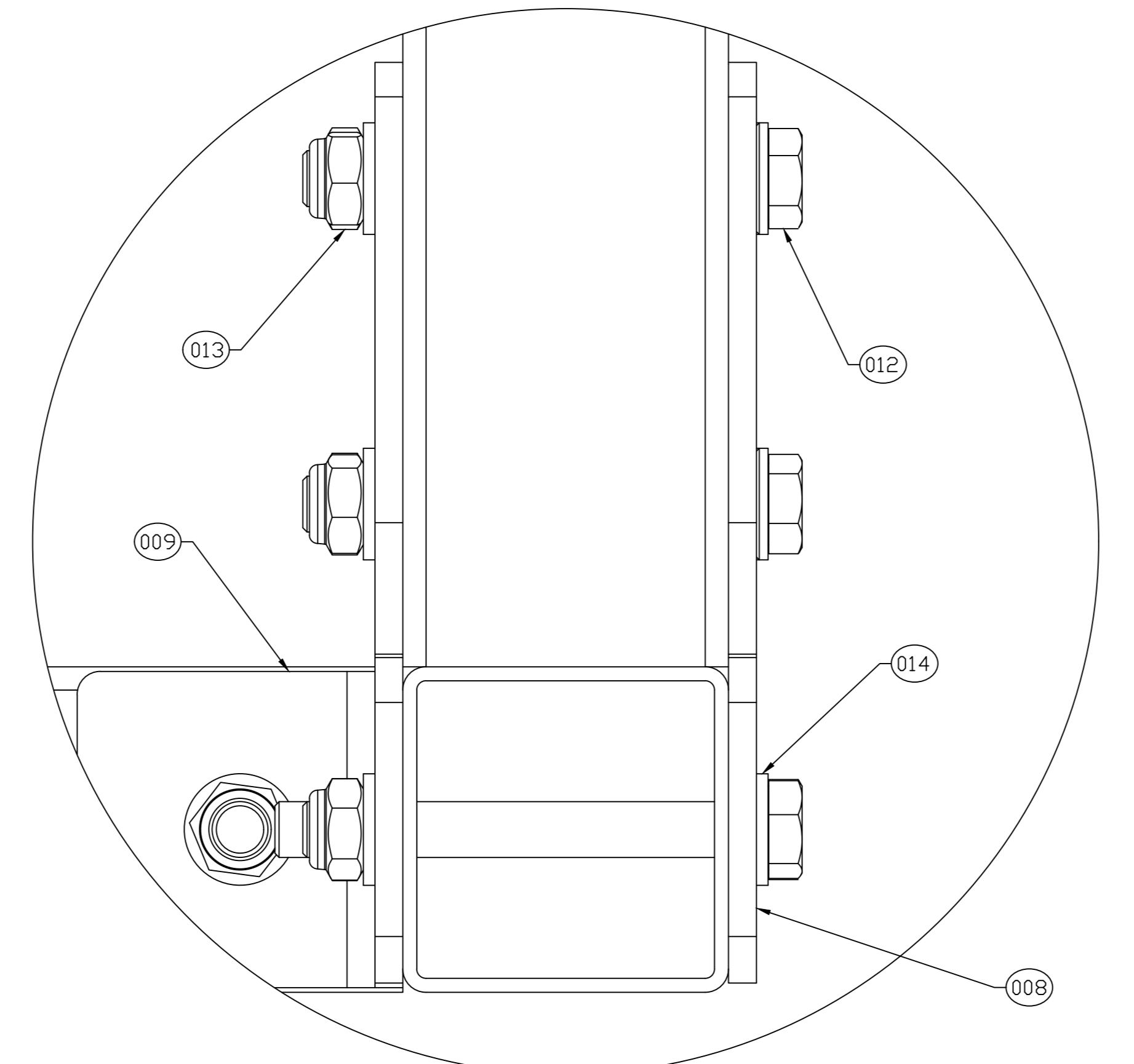
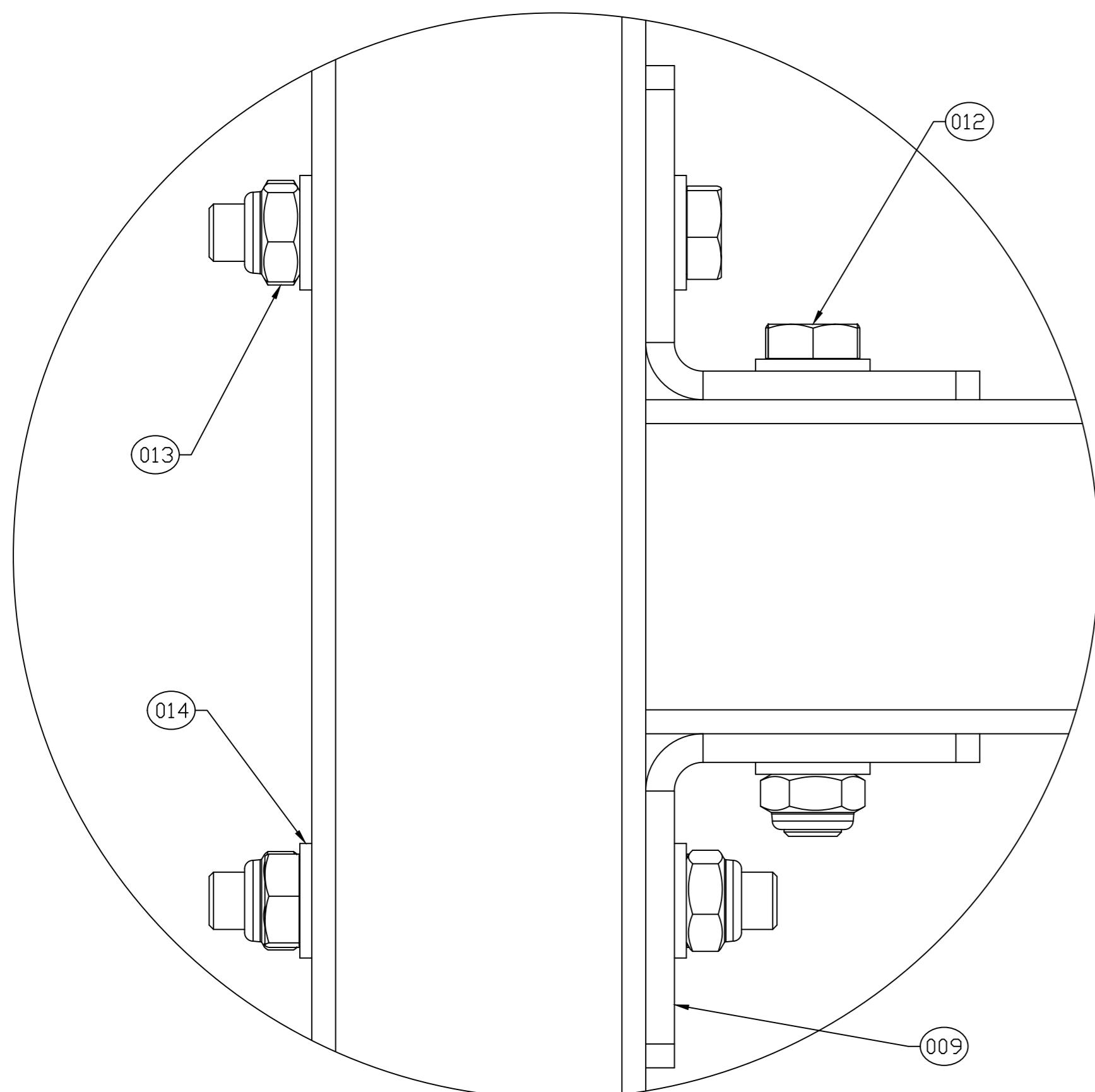
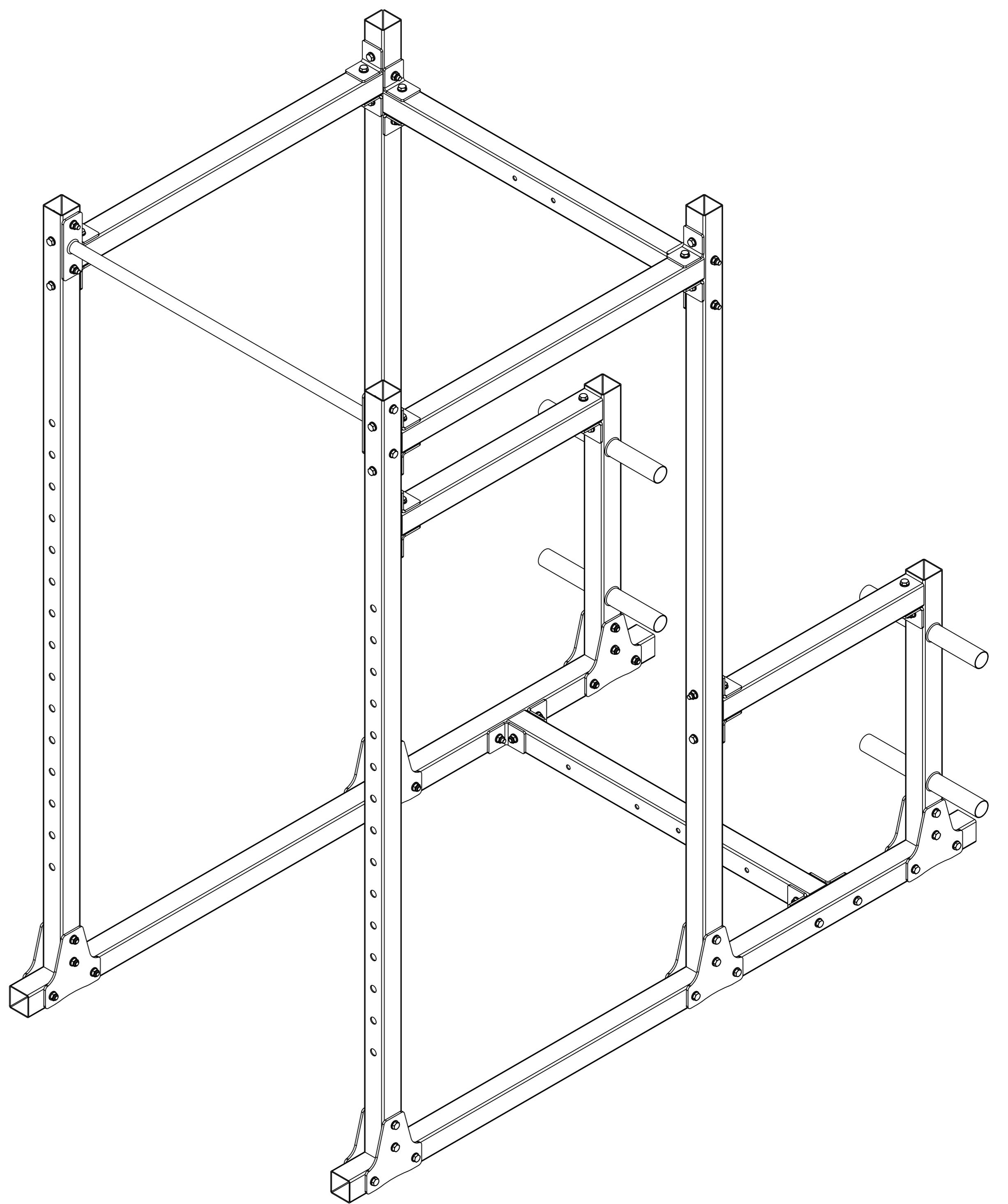
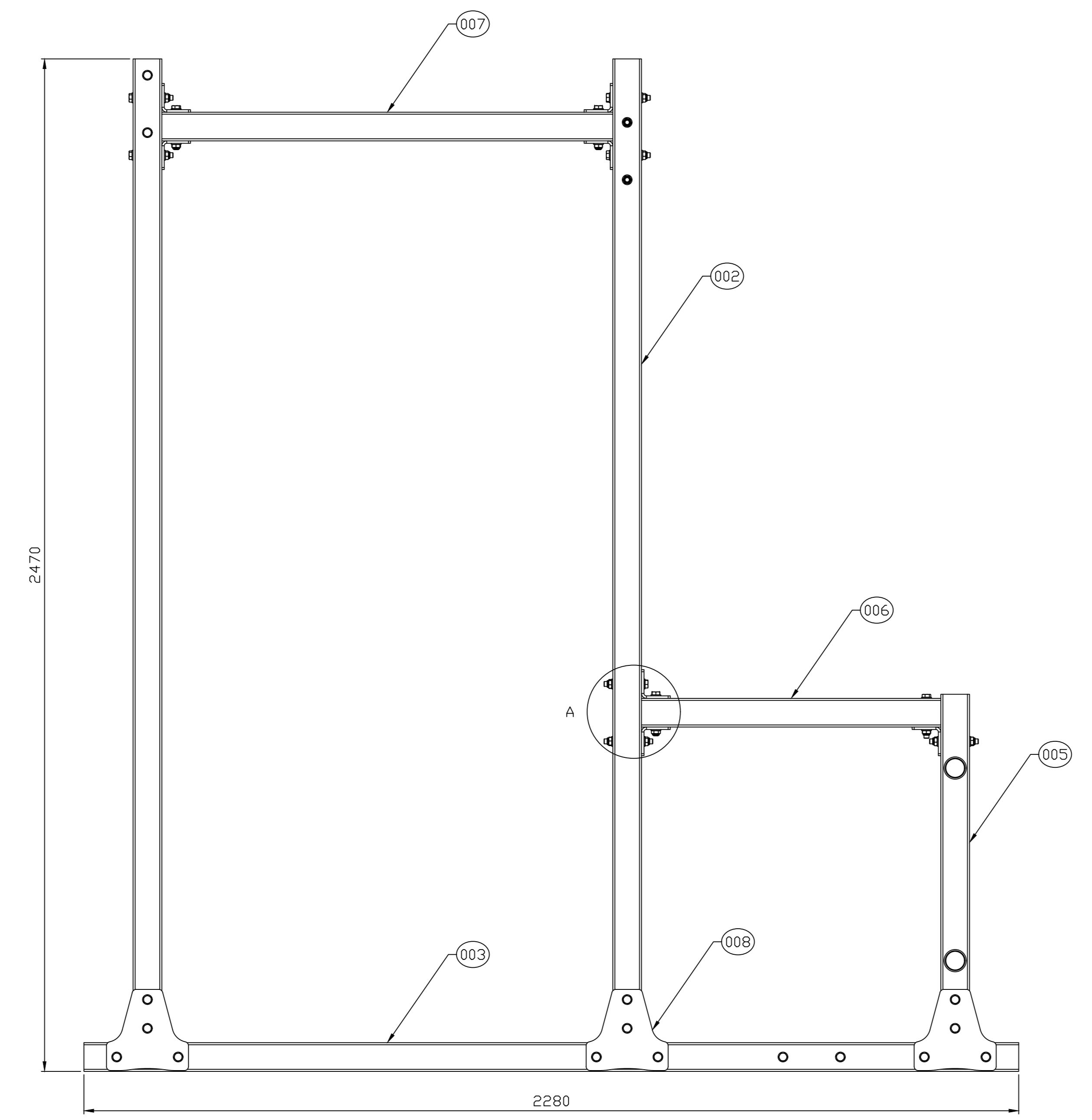
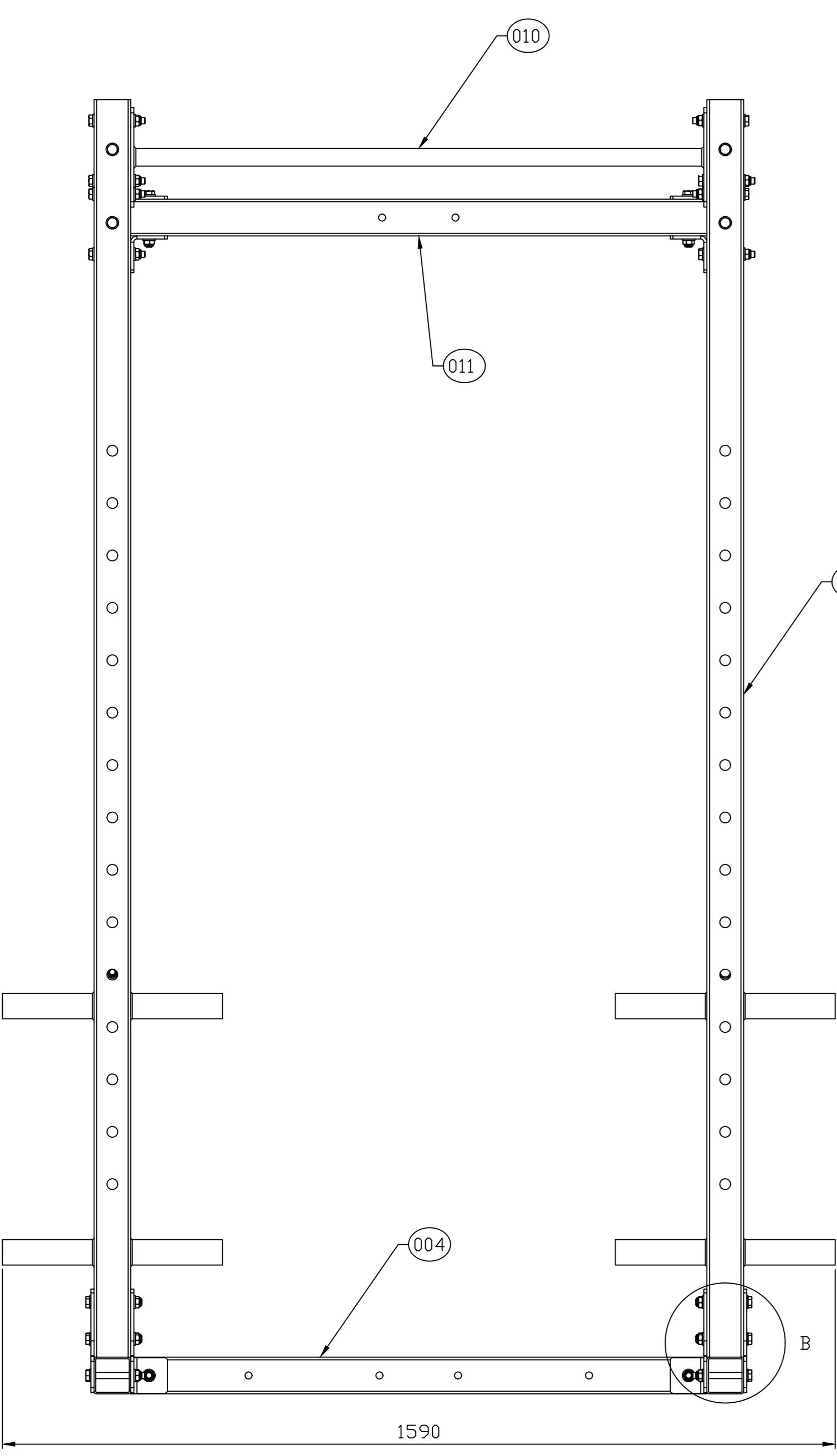
**UniversidadeVigo**

ITEM	CANT	DESCRIPCION	PLANO
001	1	Rack base	3001
002	1	Remo	3002
003	1	Guia completo	3003
004	1	Soporte quitamiedos izq	1026
005	1	Soporte quitamiedos der	1027
006	1	Base dips	1028
007	1	Jcup Izq	1029
008	1	Jcup der	1030
009	6	DIN 931 M12x100mm	Comercial
010	6	DIN 985 M12	Comercial
011	12	DIN 125 M12	Comercial



INGENIERO Sergio Molina Álvarez	PROYECTO Boceto y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA RACK	PETICIONARIO E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA 17/08/2021	SITUACIÓN Ubicación del proyecto Población, Provincia
PLANO	PLANO
RACK + ACCESORIOS	RACK + ACCESORIOS
ESCALA 1:8	ESCALA 1:8
Nº DE PLANO 4001	Nº DE PLANO 4001

ITEM	CANT	DESCRIPCION	PLANO
001	2	Pilar frontal	1001
002	2	Pilar intermedio	1002
003	2	Travesaño inferior	1003
004	1	Trav. infer. horizontal	1004
005	2	Soporte discos	1005
006	2	Trav. sup. fondo	1006
007	2	Traveaño superior	1007
008	12	Soporte suelo	1008
009	22	Escuadra	1009
010	1	Barra dominadas	1010
011	1	Trav. sup. frontal	1011
012	72	DIN 931 M12x100mm	COMERCIAL
013	72	DIN 985 M12	COMERCIAL
014	144	DIN 125 M12	COMERCIAL

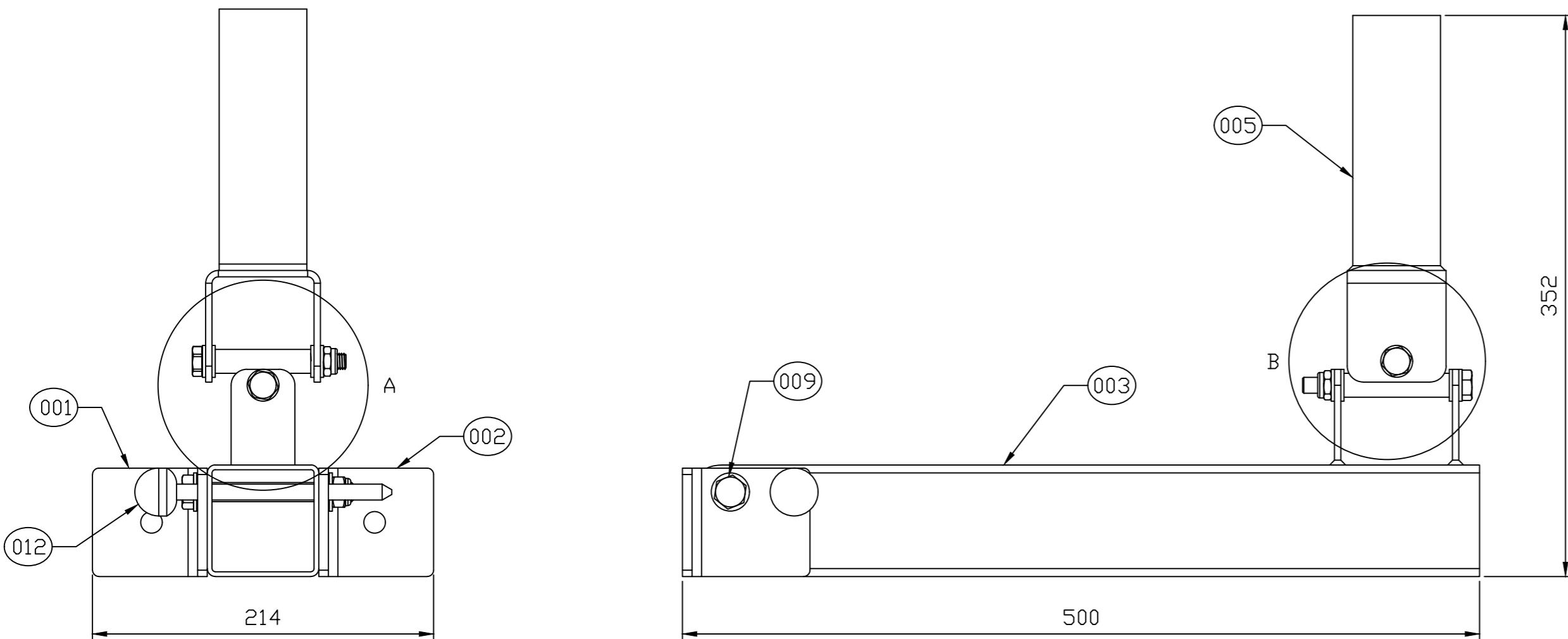


DETALLE A ESCALA 1:1

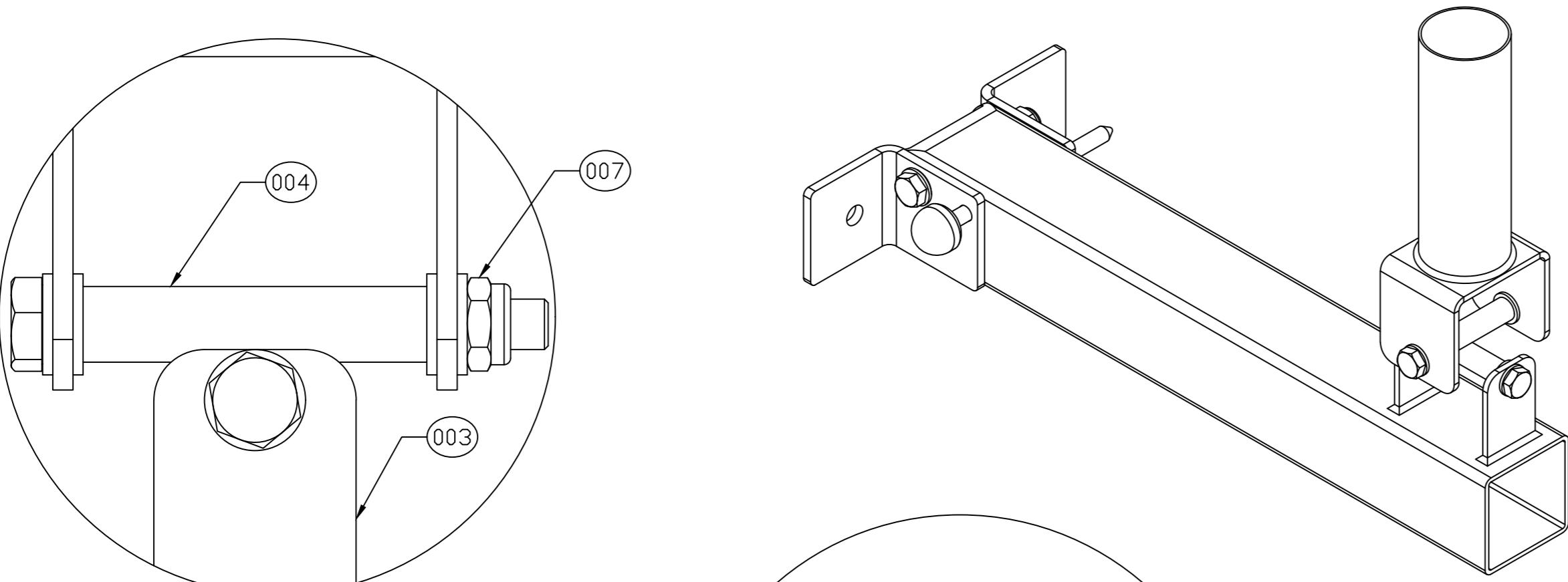
DETALLE B ESCALA 1:1

INGENIERO Sergio Molina Álvarez	PROYECTO Boceto y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA — RACK	SITUACIÓN E.E.I. Universidad de Vigo Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA 17/08/2021	PLAN RACK BASE
ESCALA 1:8	Nº DE PLANO 3001

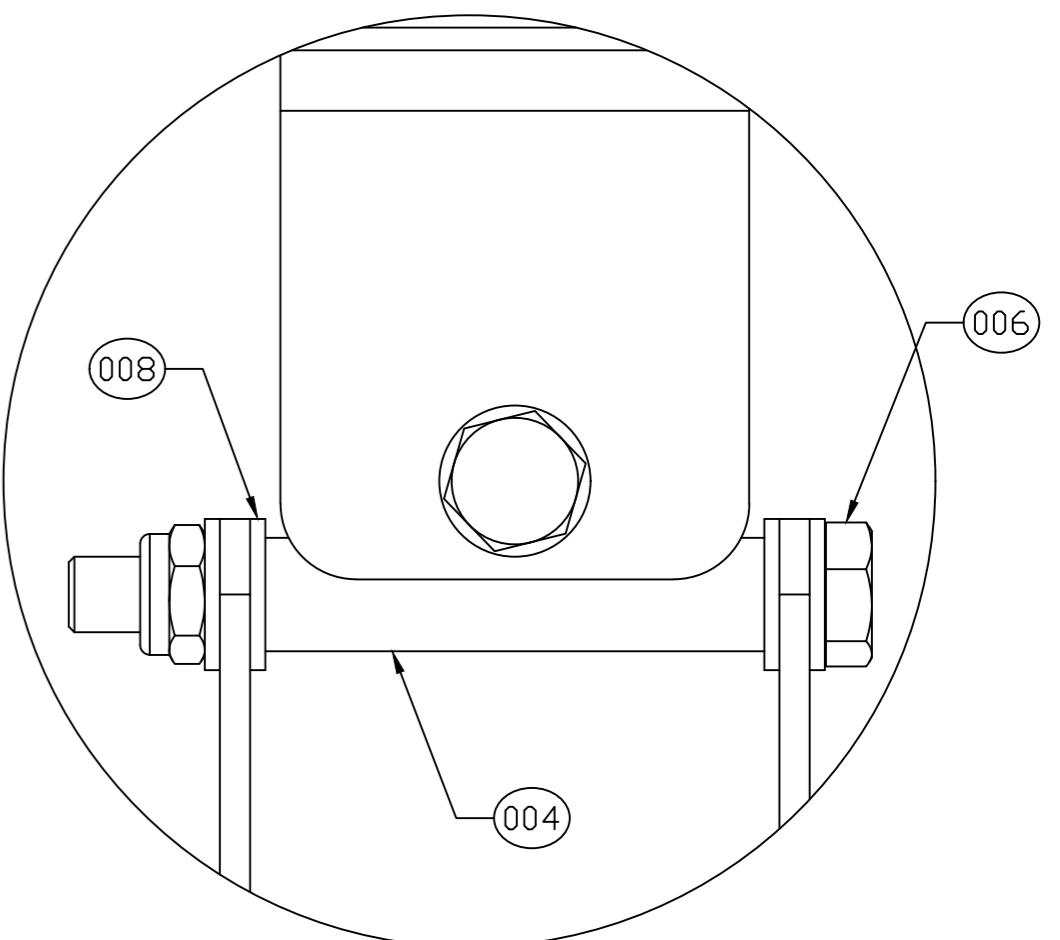
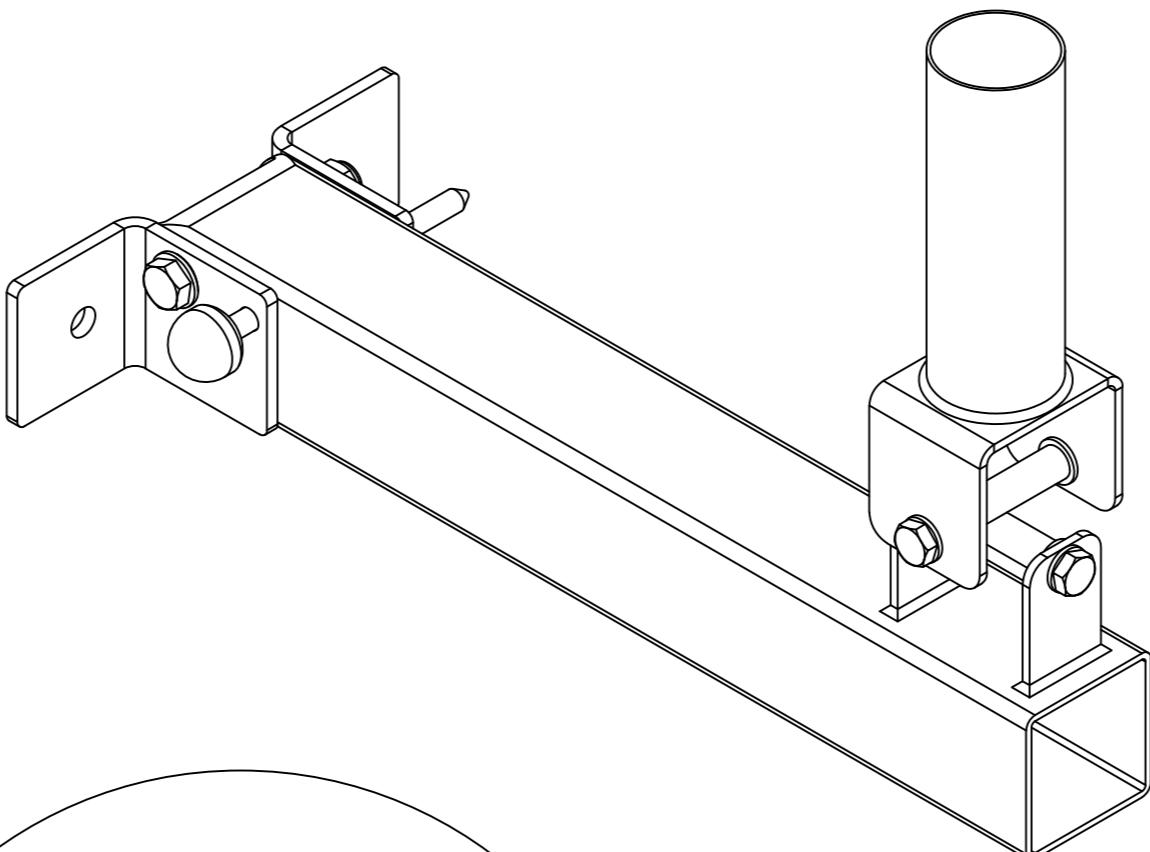
**eei**  
Universidad de Vigo



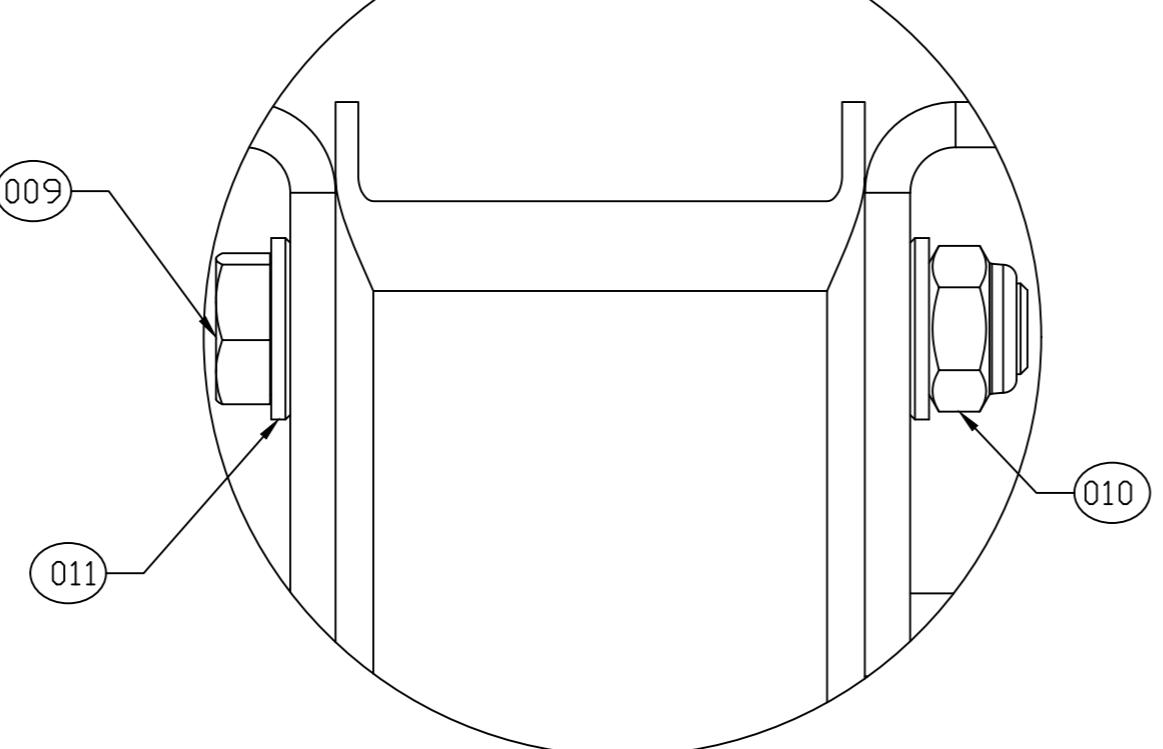
ITEM	CANT	DESCRIPCION	PLANO
001	1	Escuadra delantera	1013
002	1	Escuadra trasera	1014
003	1	Travesaño + soporte	1015
004	1	Tubos soldados	1016
005	1	Soporte remo	1017
006	2	DIN 931 M10x100mm	Comercial
007	2	DIN 985 M10	Comercial
008	8	DIN 125 M10	Comercial
009	1	DIN 931 M12x100mm	Comercial
010	1	DIN 985 M12	Comercial
011	2	DIN 125 M12	Comercial
012	1	Bulón tope	Comercial



DETALLE A  
ESCALA 1:1

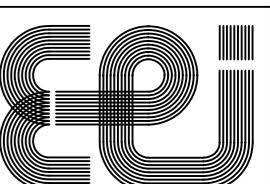


DETALLE B  
ESCALA 1:1



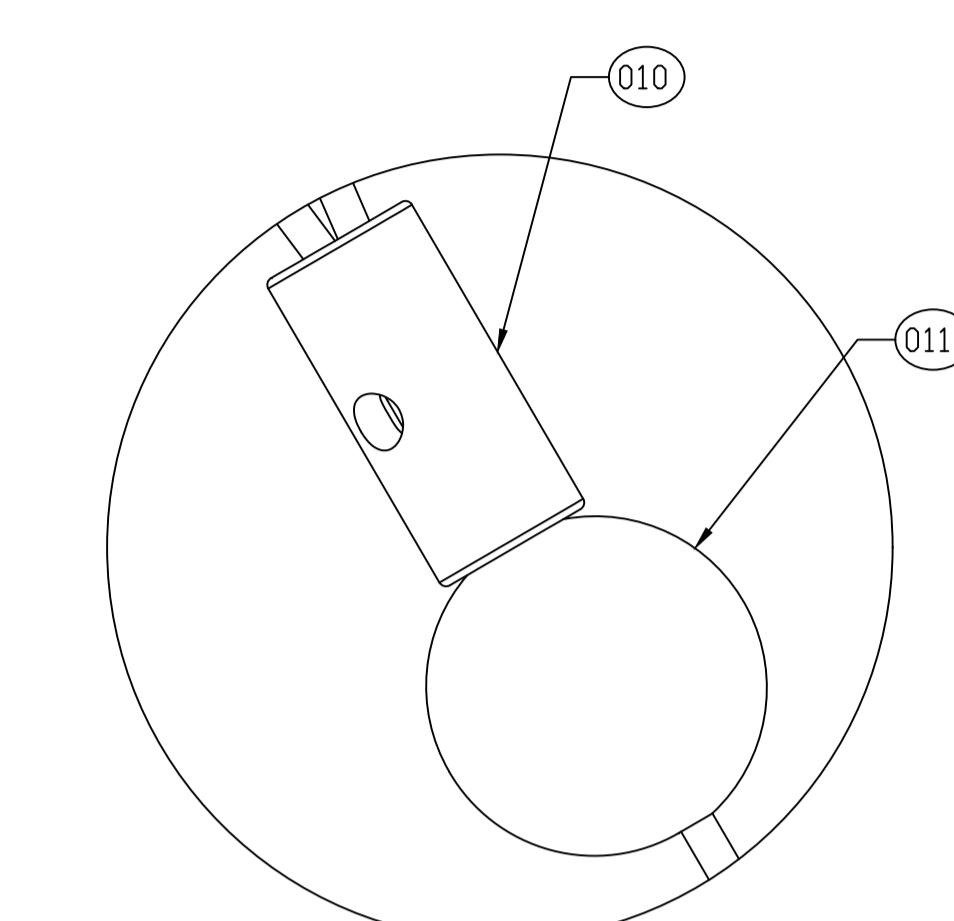
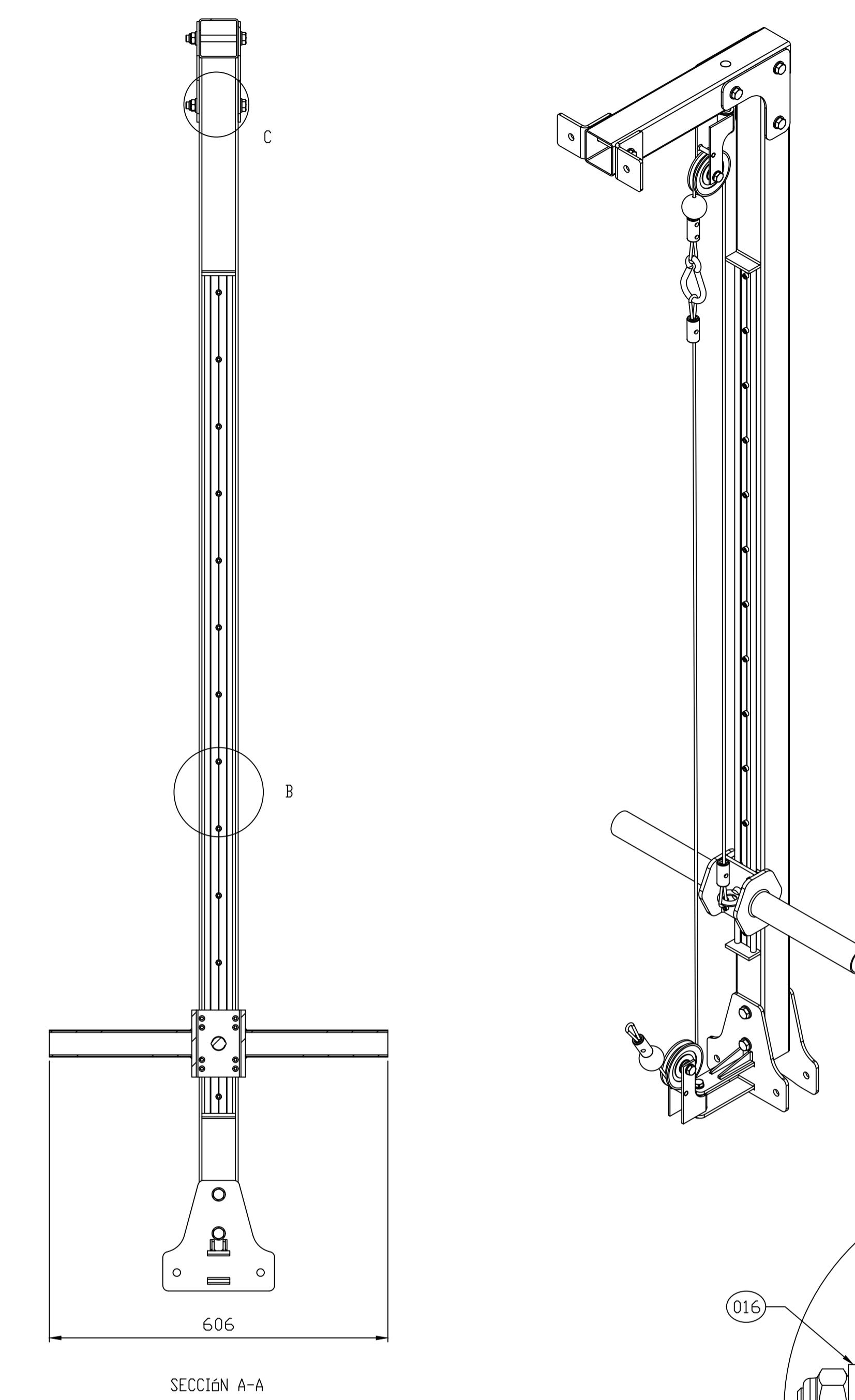
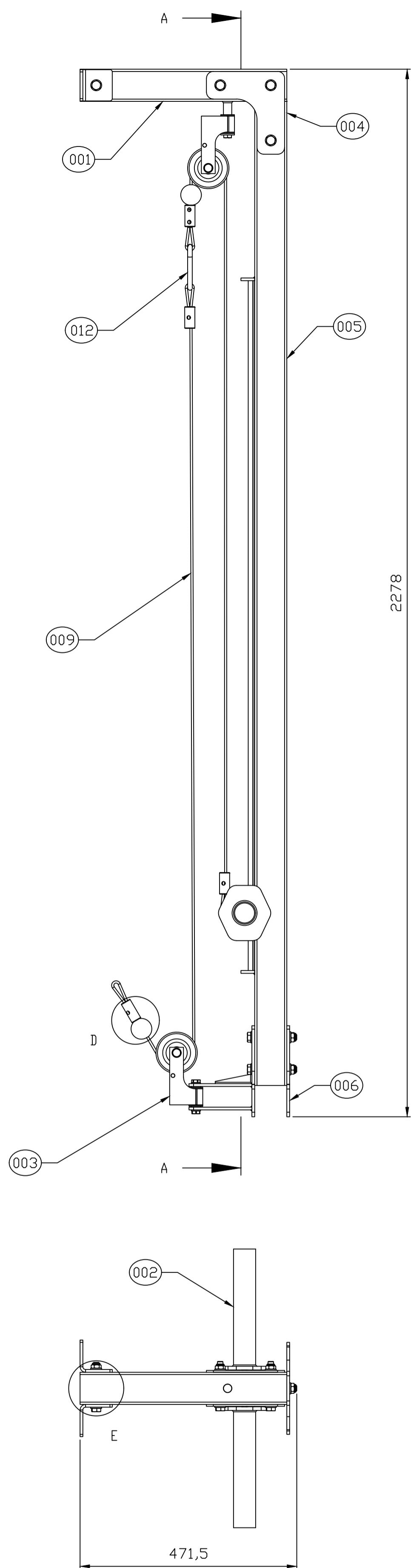
DETALLE VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1:1

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO
RACK	E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA	SITUACIÓN
17/08/2021	Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO	REMO
ESCALA	1:3
Nº DE PLANO	3002

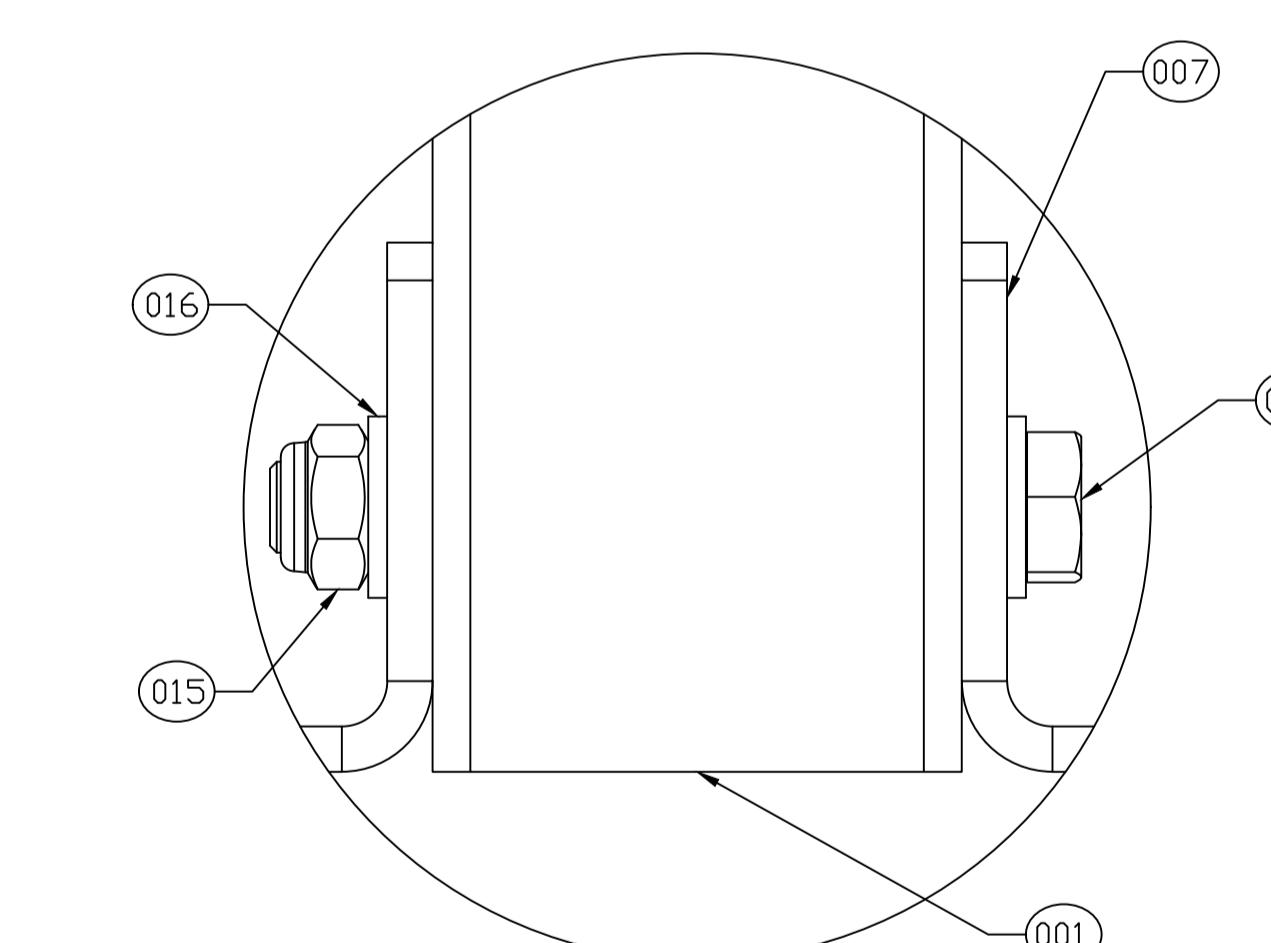


Universidad Vigo

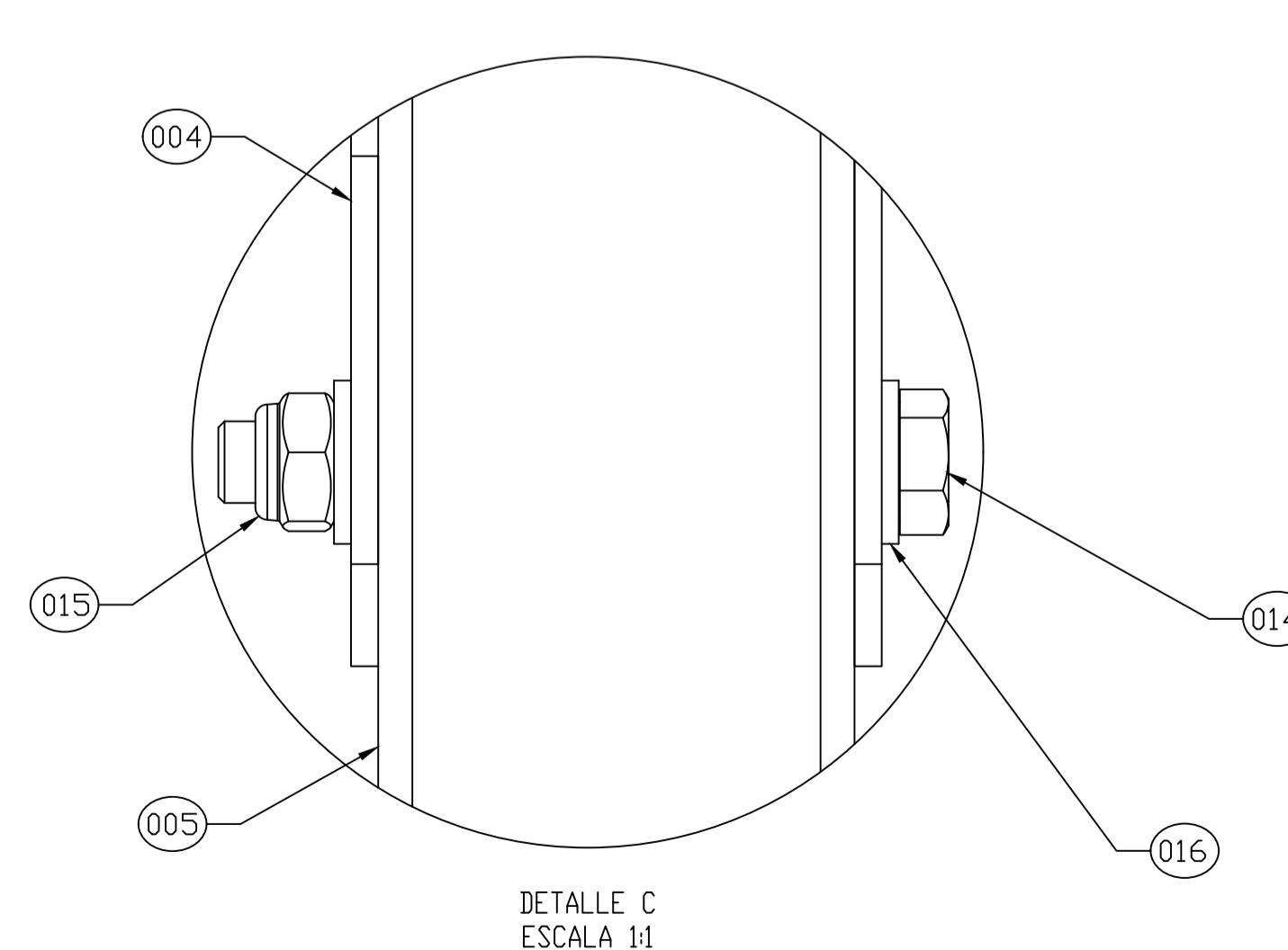
ITEM	CANT	DESCRIPCION	PLANO
001	1	Sopporte polea superior	2001
002	1	Sopporte peso completo	2002
003	1	Sopporte polea suelo	1003
004	1	Refuerzo superior	1019
005	1	Pilar + tope	1020
006	1	Unión suelo	1008
007	2	Unión escuadra	1009
008	1	WS-10-40-1500	COMERCIAL
009	1	Cable guía	COMERCIAL
010	4	Sujeta cable	COMERCIAL
011	2	Refuerzo final de cable	COMERCIAL
012	1	DIN 5299 110	COMERCIAL
013	13	DIN 912 M6x20mm	COMERCIAL
014	6	DIN 985 M12x100mm	COMERCIAL
015	6	DIN 985 M12	COMERCIAL
016	12	DIN 125 M12	COMERCIAL



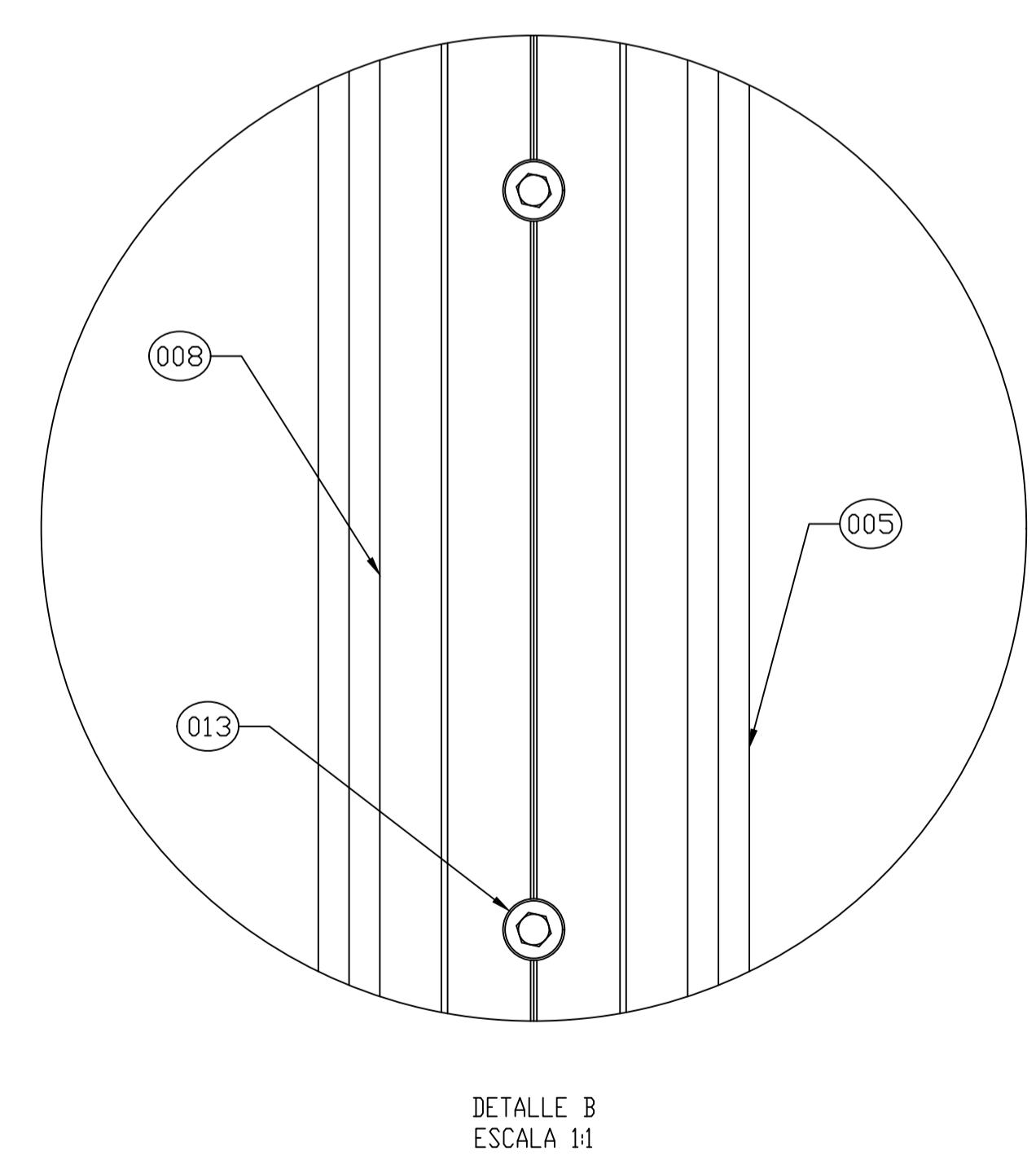
DETALLE D  
ESCALA 1:1



DETALLE E  
ESCALA 1:1

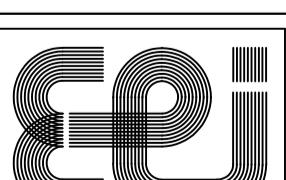


DETALLE C  
ESCALA 1:1

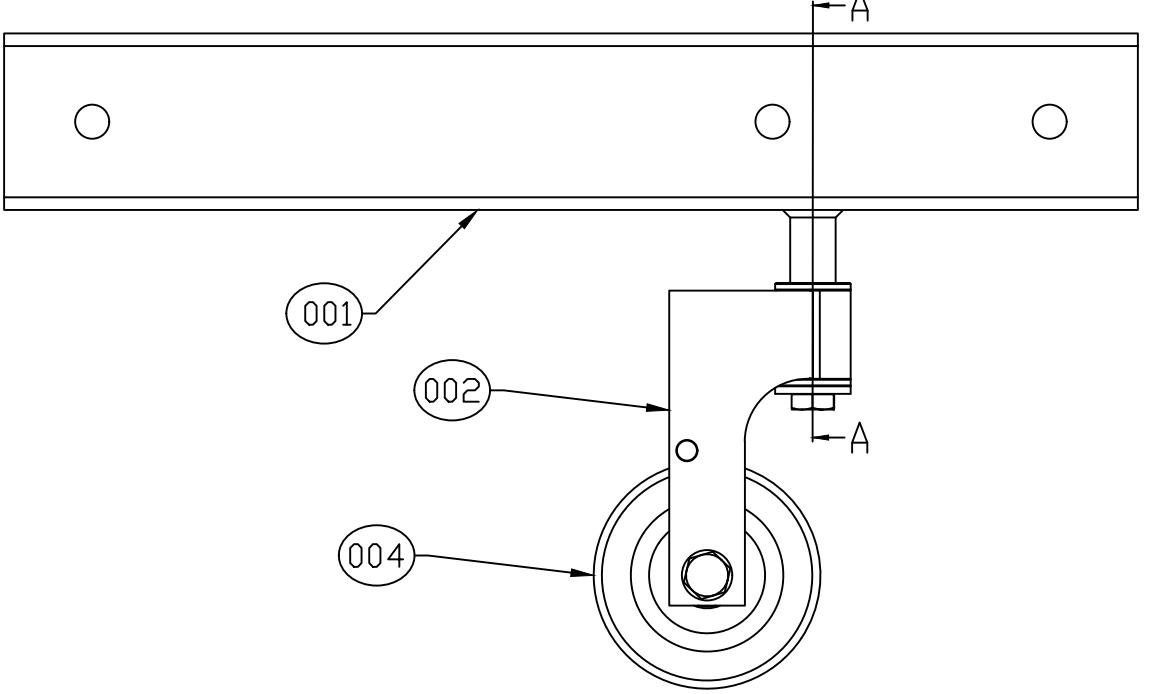


DETALLE B  
ESCALA 1:1

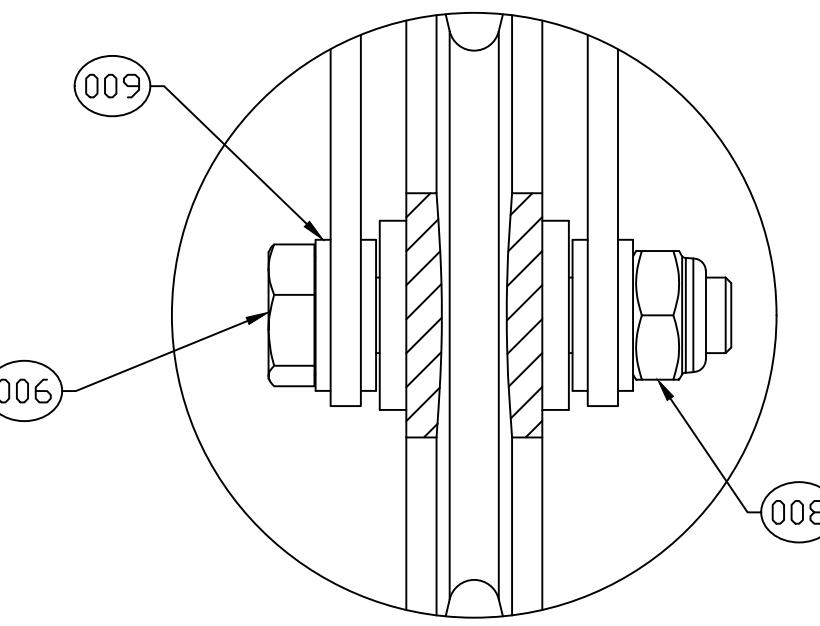
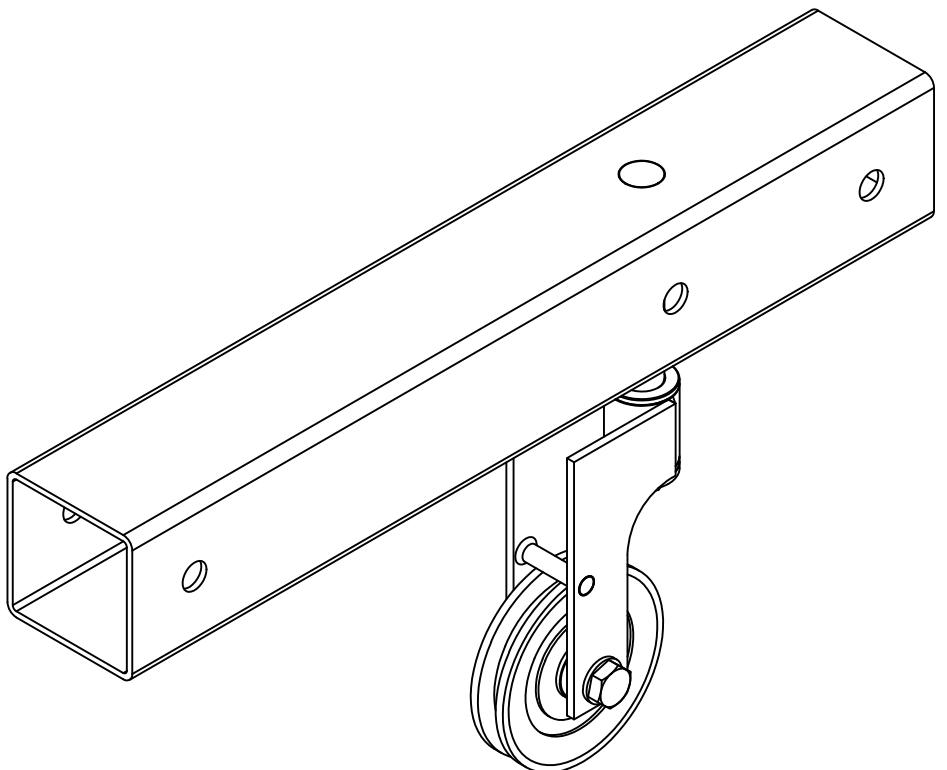
INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto
FECHA	Población. Provincia
17/08/2021	PLANO
GUIADO COMPLETO	
ESCALA	1:7
Nº DE PLANO	3003



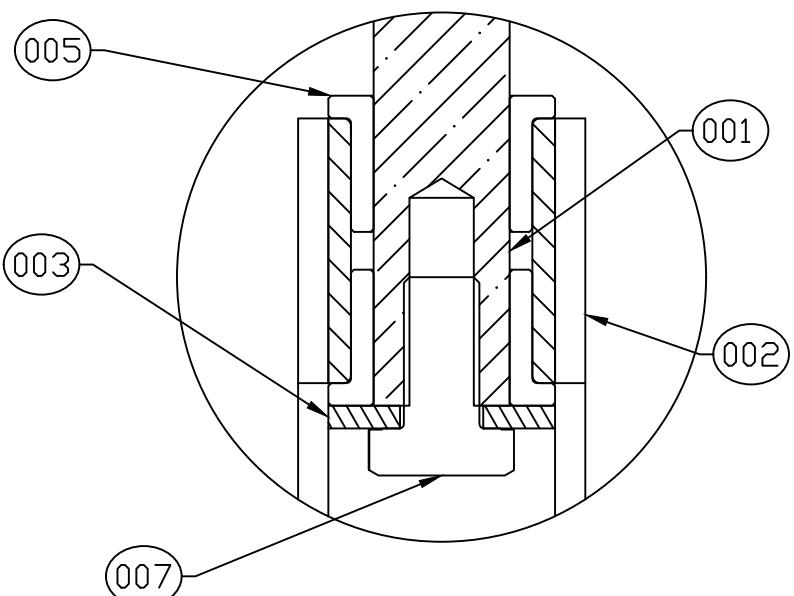
Universidad de Vigo



ITEM	CANT	DESCRIPCION	PLANO
001	1	Travesaño + casquillo	1018
002	1	Soporte polea	1021
003	1	Tapa soporte	1022
004	1	Polea LFJ	Comercial
005	2	Casquillo de teflón	Comercial
006	1	DIN 931 M10x50mm	Comercial
007	1	DIN 933 M10x20mm	Comercial
008	1	DIN 985 M10	Comercial
009	4	DIN 125 M10	Comercial



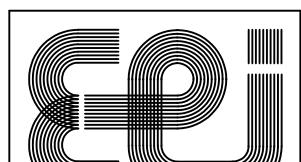
DETALLE 1 SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:1



DETALLE 2 SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:1

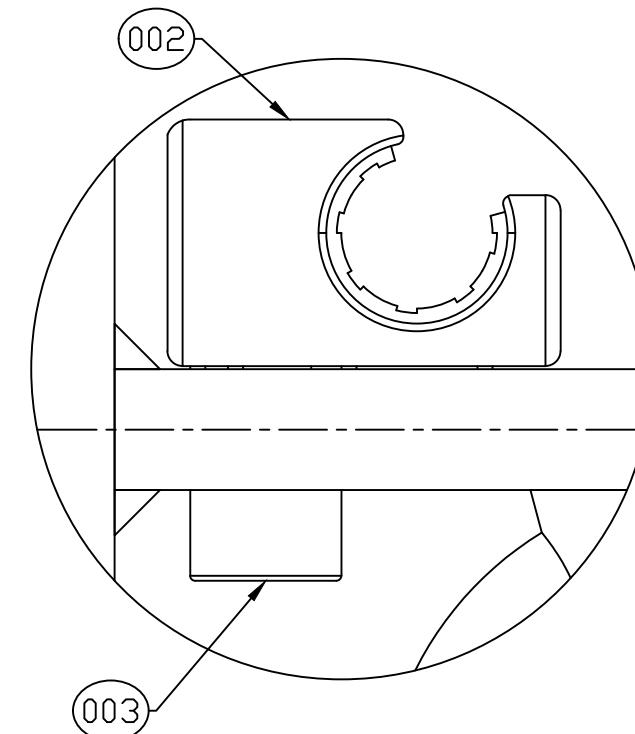
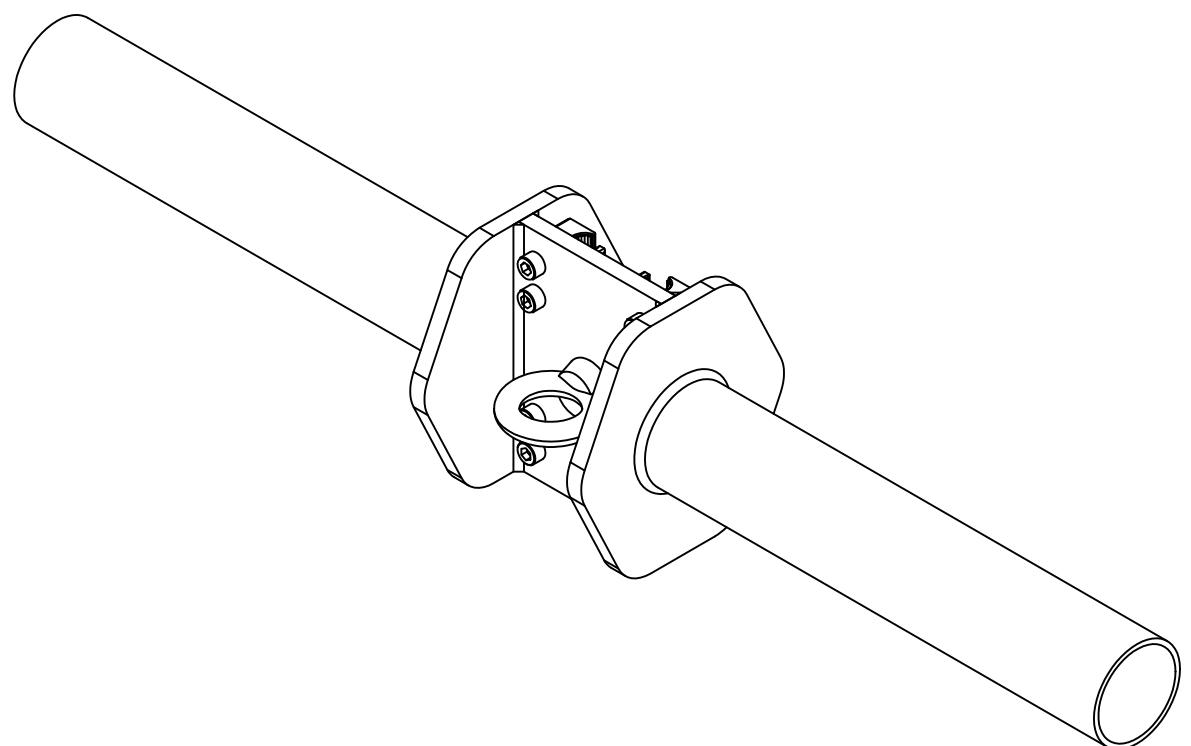
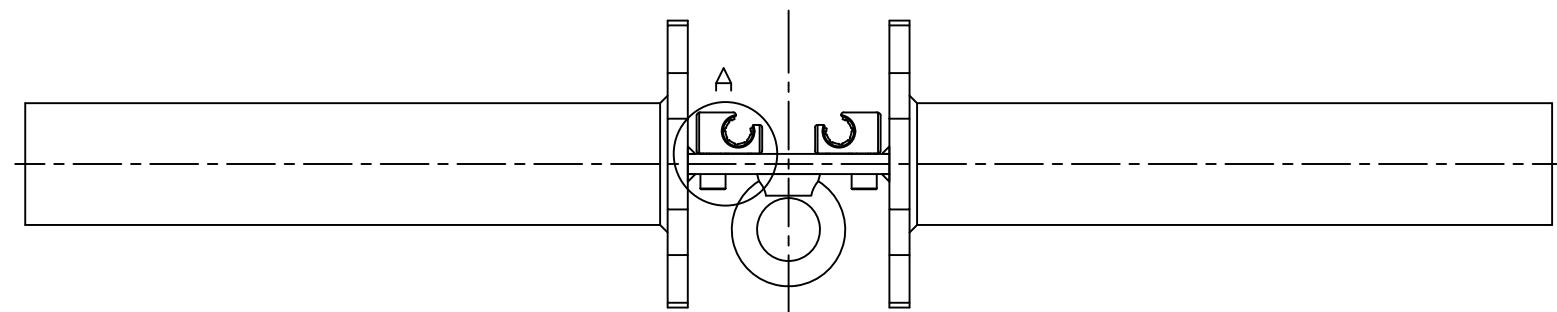
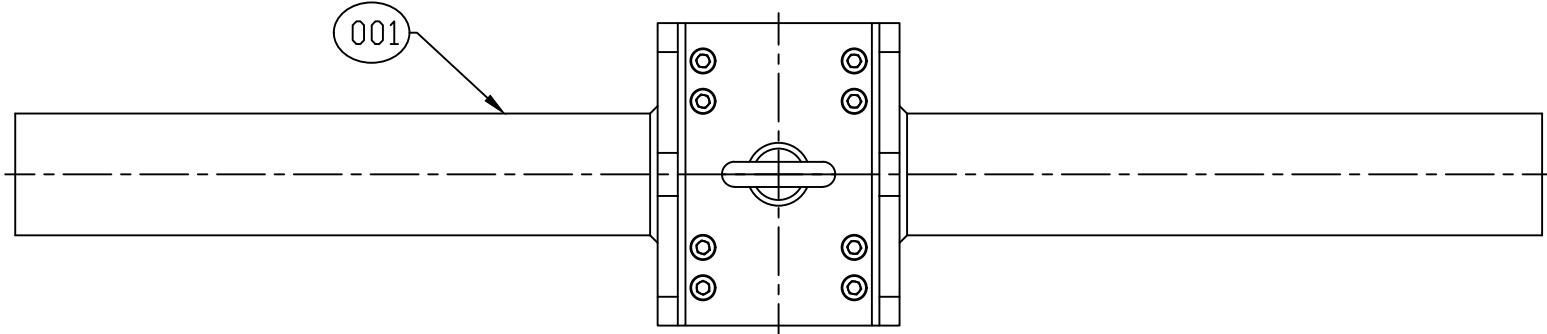
INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE POLEA SUPERIOR

PROYECTO	PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
PETICIONARIO	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
SITUACIÓN	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO	PLANO



Universidade Vigo

ESCALA	1:3
Nº DE PLANO	2001

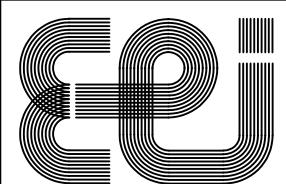


DETALLE A  
ESCALA 2:1

ITEM	CANT	DESCRIPCION	PLANO
001	1	Soporte peso	1023
002	4	WJ200UM-01-10	Comercial
003	8	DIN 912 M6x20mm	Comercial

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE PESO COMPLETO

PROYECTO	PLANO
Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico	SOPORTE PESO COMPLETO
PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo	ESCALA
SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia	1:3
PLANO	Nº DE PLANO
SOPORTE PESO COMPLETO	2002

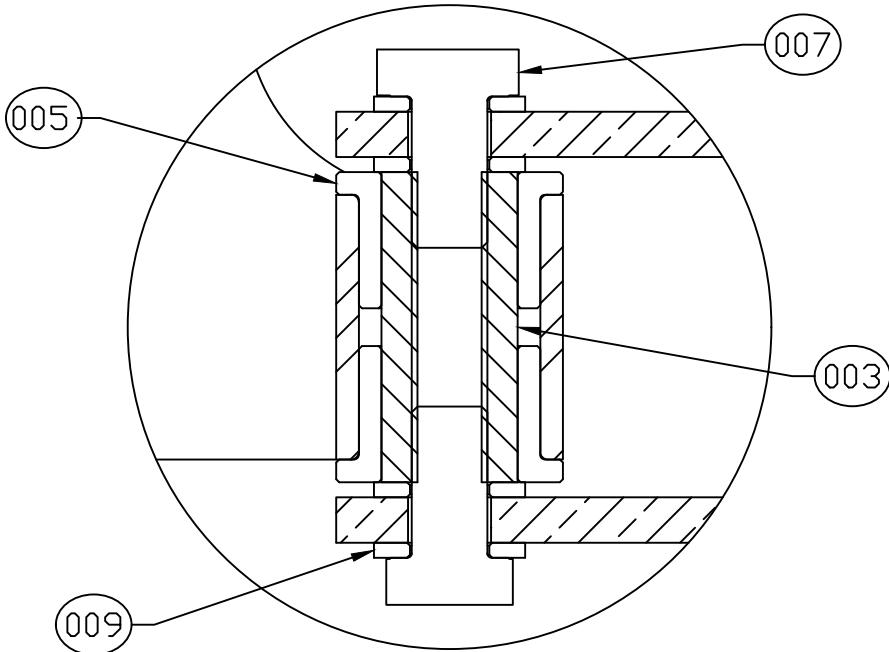
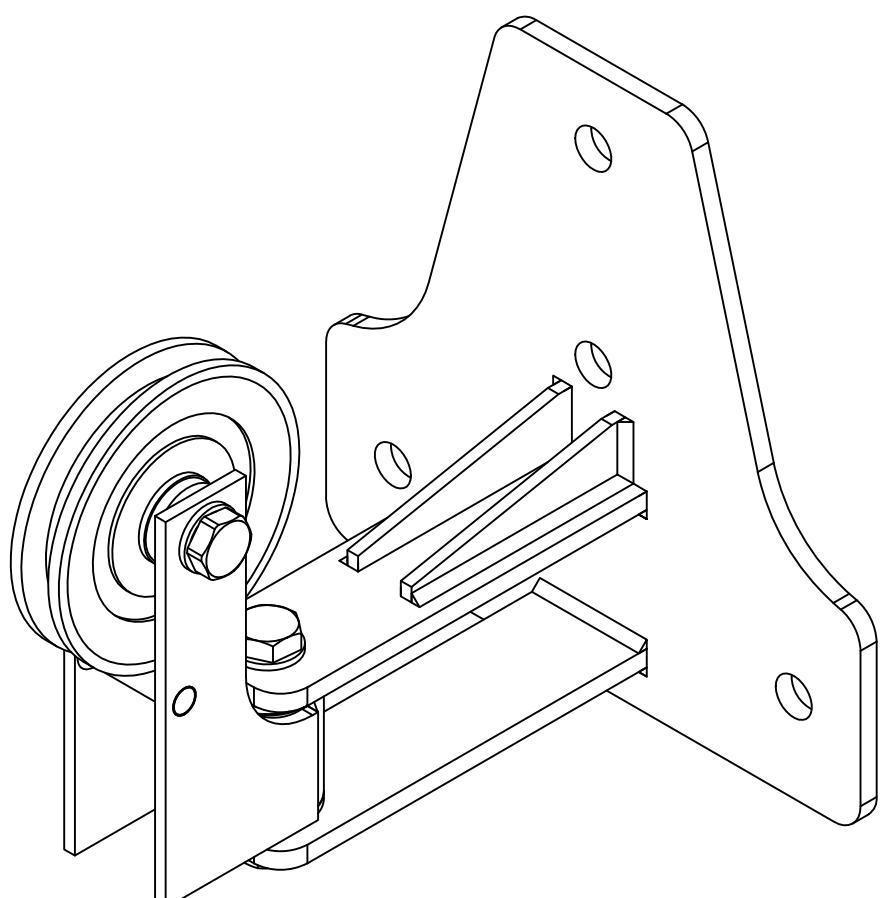
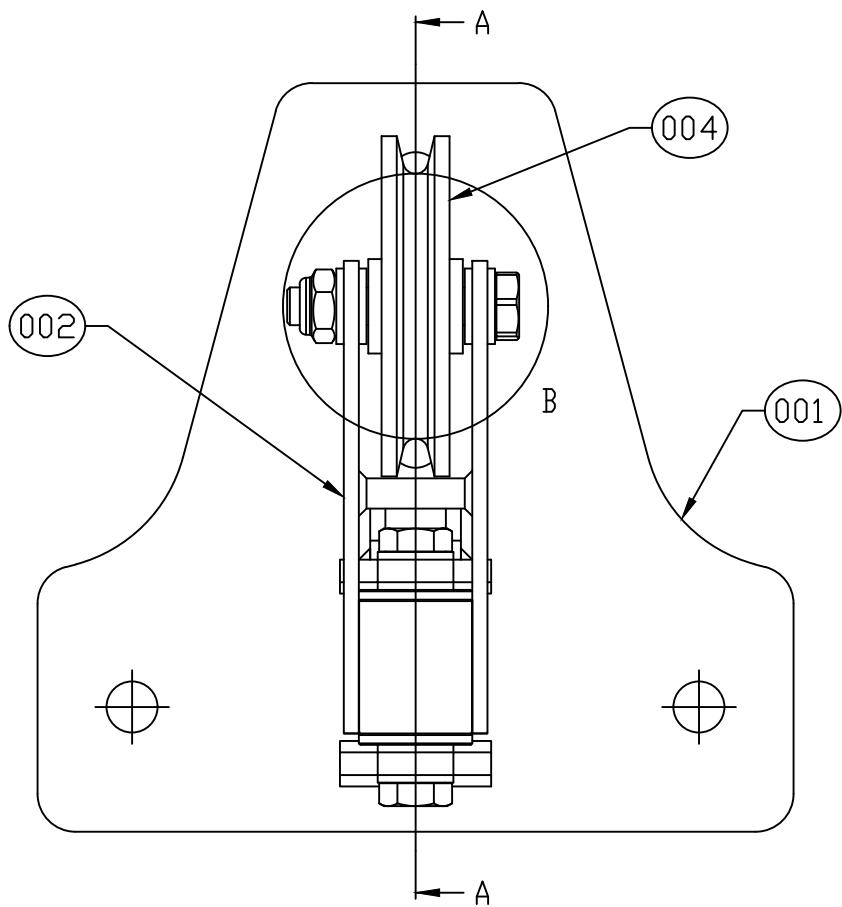


Universidad de Vigo

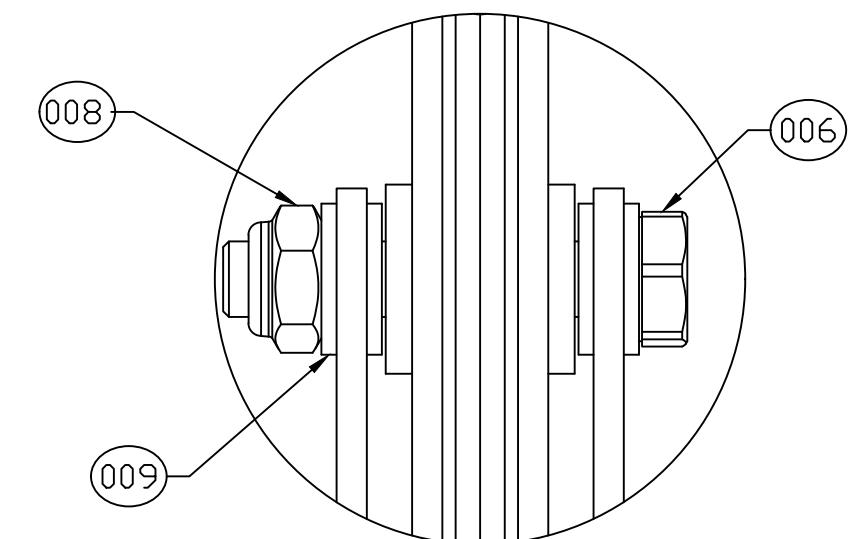
ESCALA  
1:3

Nº DE PLANO  
2002

ITEM	CANT	DESCRIPCION	PLANO
001	1	Soporte polea suelo	1025
002	1	Soporte polea	1021
003	1	Casquillo inferior	1024
004	1	Polea LFJ	Comercial
005	2	Casquillo de teflón	Comercial
006	1	DIN 931 M10x50mm	Comercial
007	2	DIN 933 M10x20mm	Comercial
008	1	DIN 985 M10	Comercial
009	8	DIN 125 M10	Comercial



DETALLE SECCIÓN A ESCALA 1:1



DETALLE B ESCALA 1:1

INGENIERO  
Sergio Moldes Alvarez  
REFERENCIA  
RACK  
FECHA  
17/08/2021

PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico  
PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo  
SITUACIÓN: Ubicación del proyecto  
Población. Provincia  
PLANO

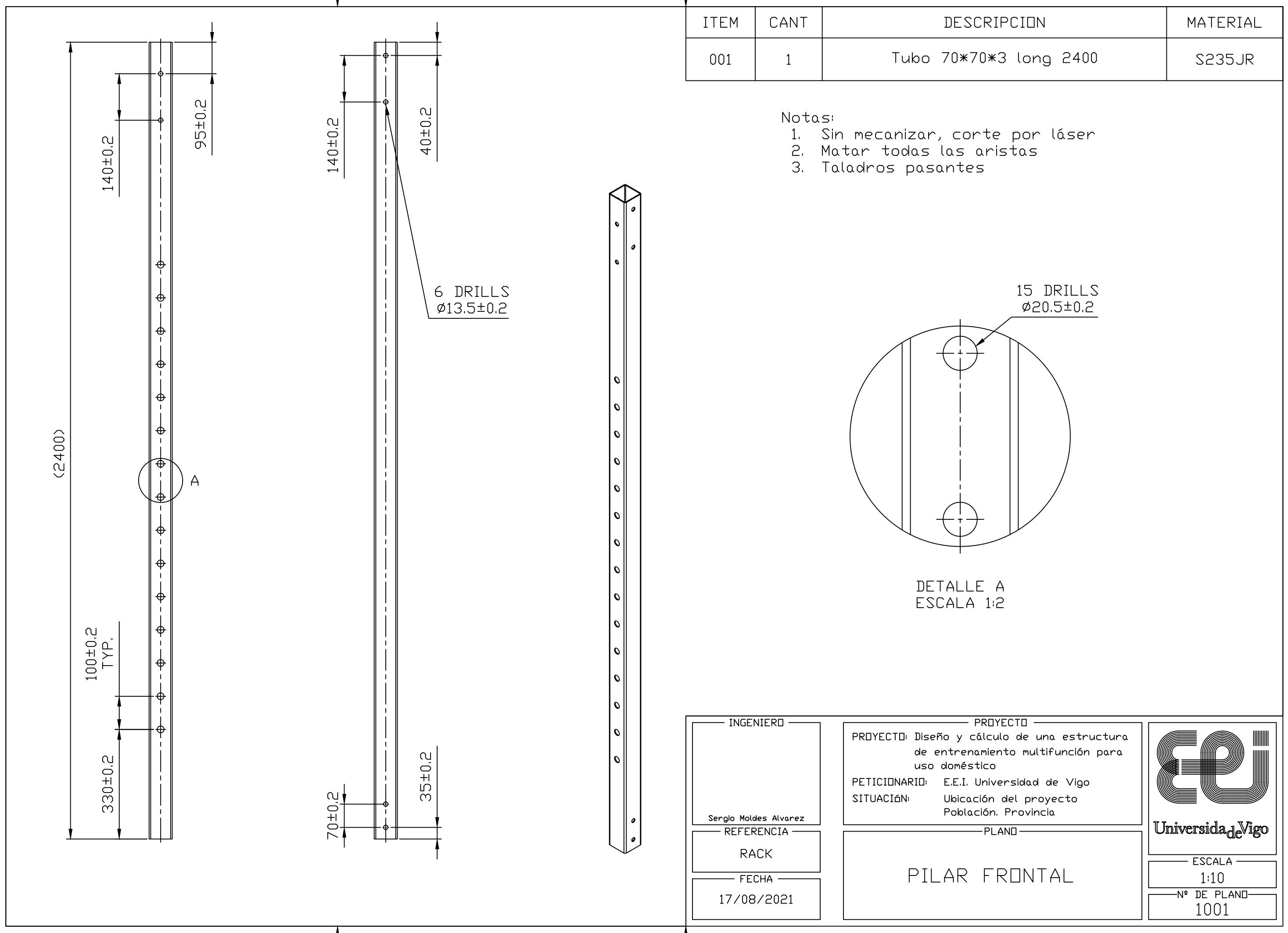
SOPORTE SUELO  
COMPLETO



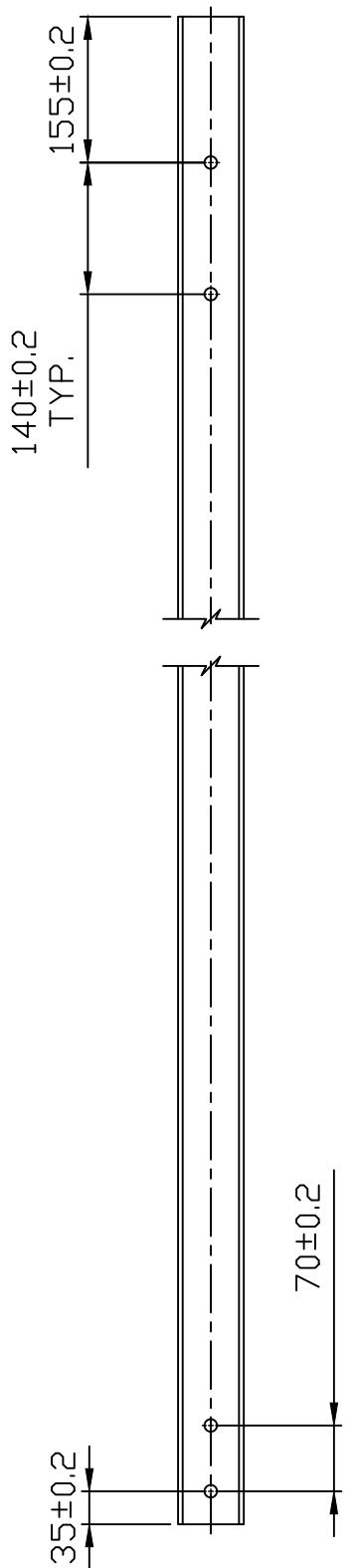
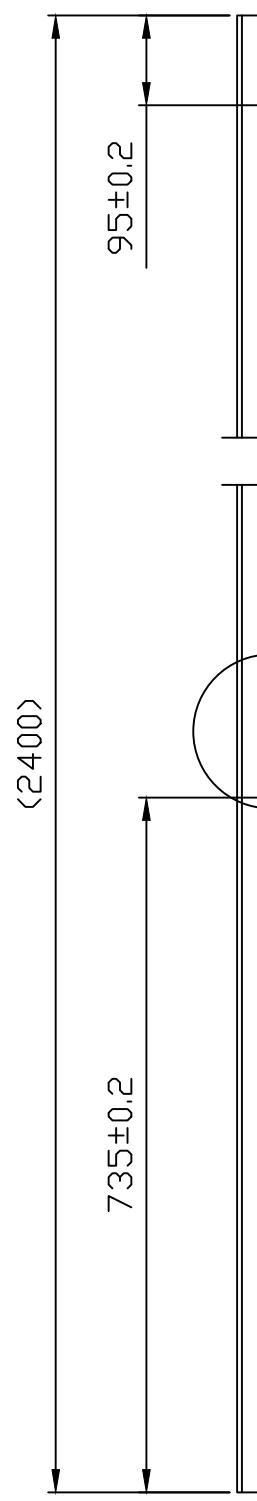
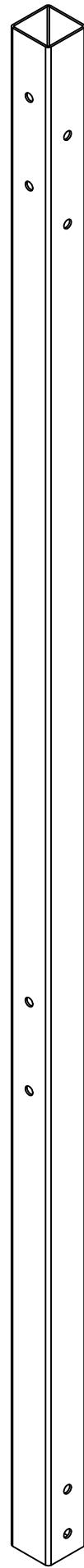
Universidad de Vigo

ESCALA  
1:2

Nº DE PLANO  
2003

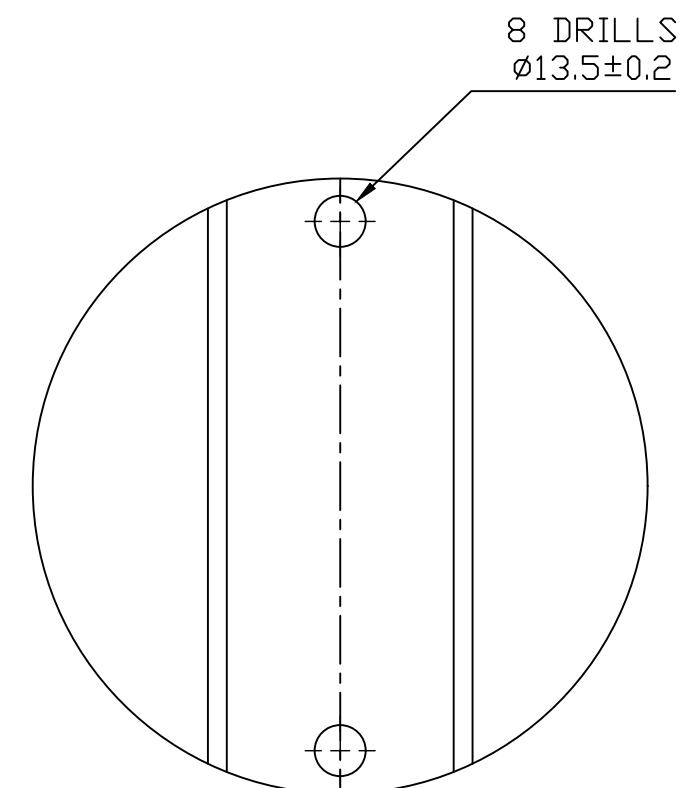


ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 2400	S235JR

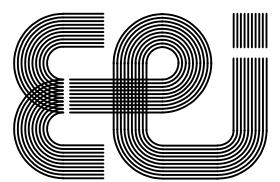


Notas:

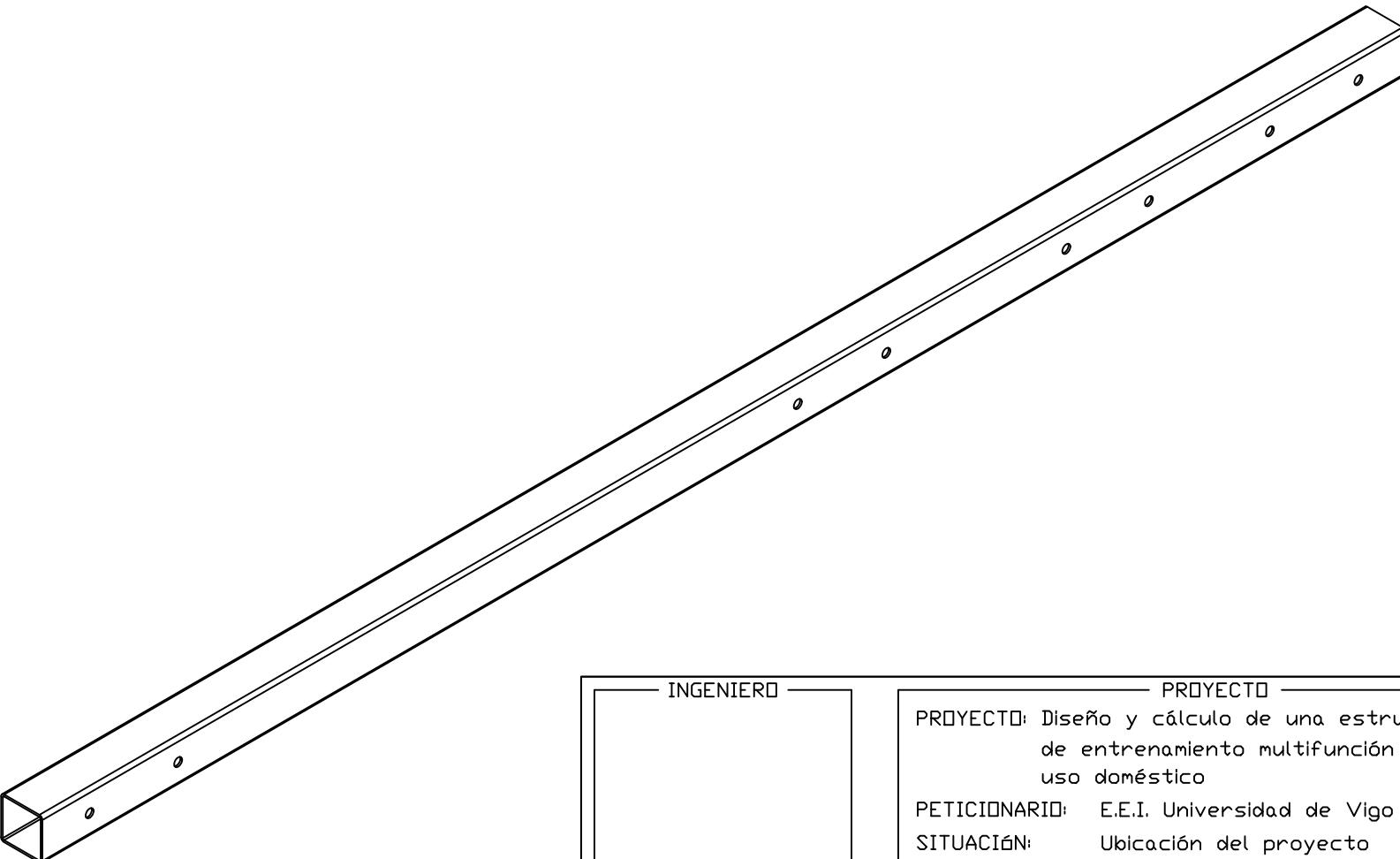
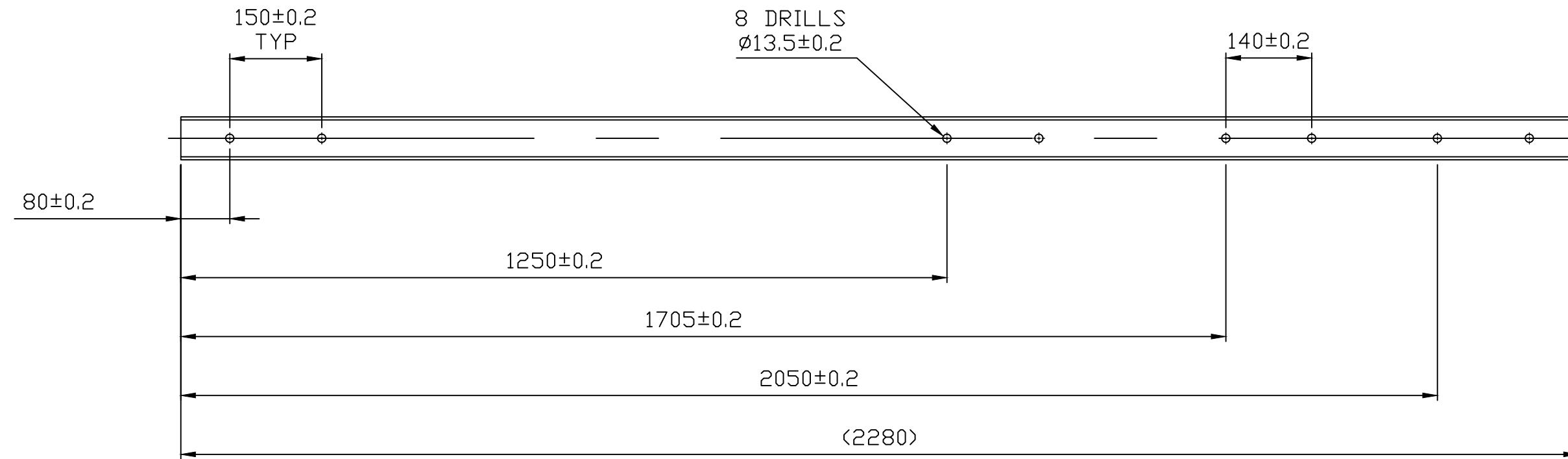
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Taladros pasantes



INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO
RACK	E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA	SITUACIÓN
17/08/2021	Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO	
PILAR INTERMEDIO	
ESCALA	1:8
Nº DE PLANO	1002



Universidad de Vigo



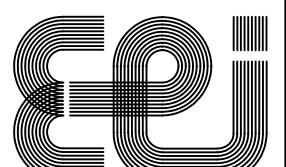
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Taladros pasantes

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 2310	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO
RACK	E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA	SITUACIÓN
17/08/2021	Ubicación del proyecto Población. Provincia

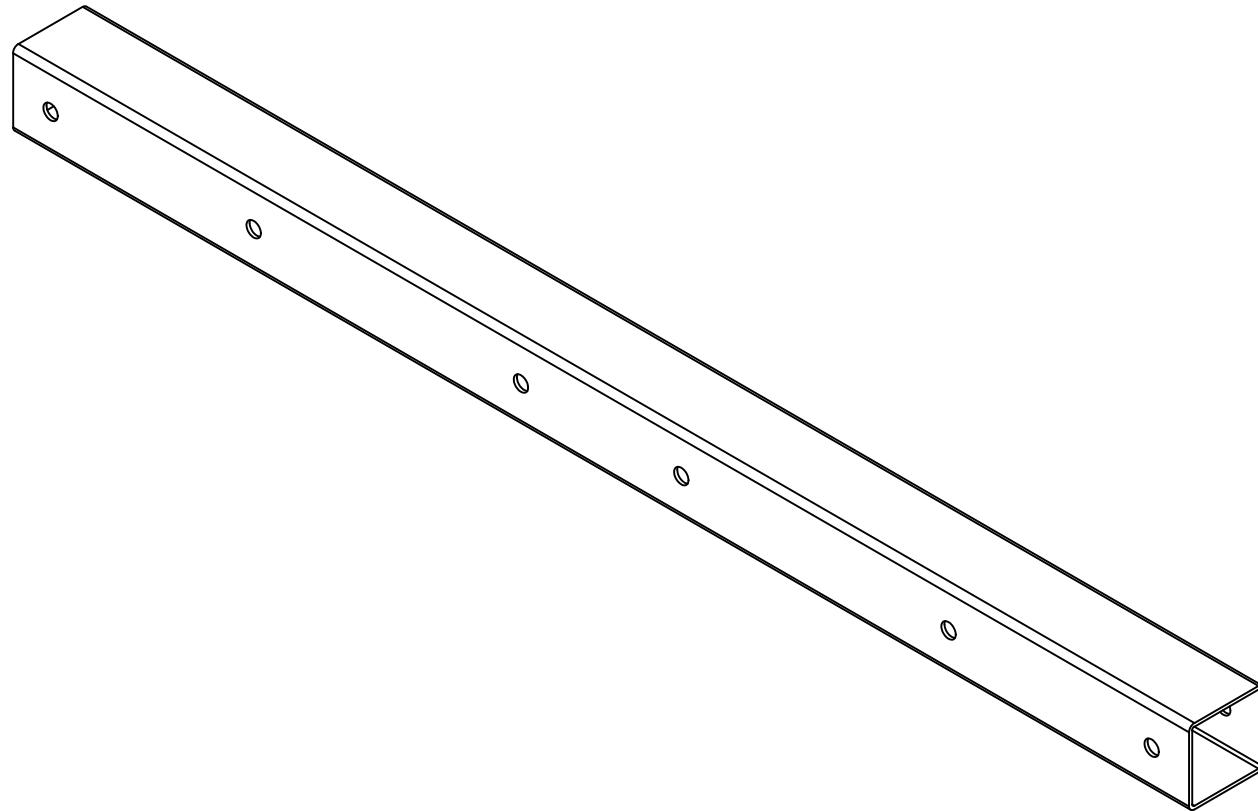
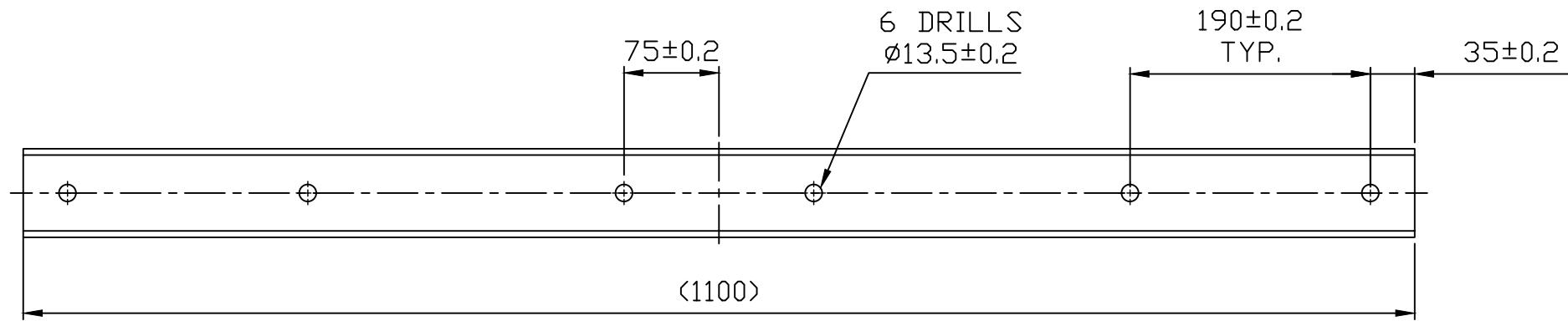
PLANO	TRAVESAÑO INFERIOR
-------	--------------------



Universidade Vigo

ESCALA  
1:8

Nº DE PLANO  
1003



Notas:

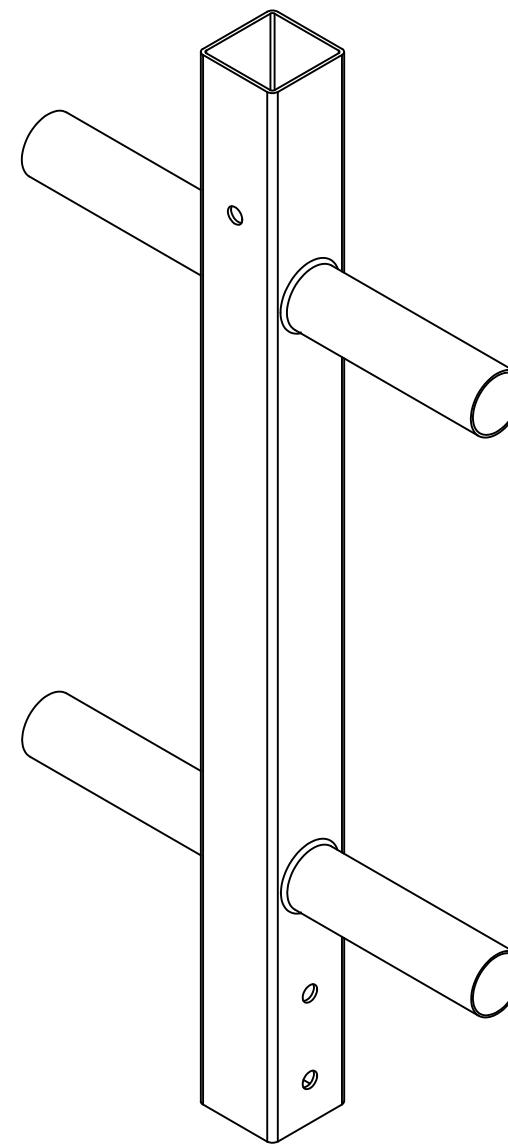
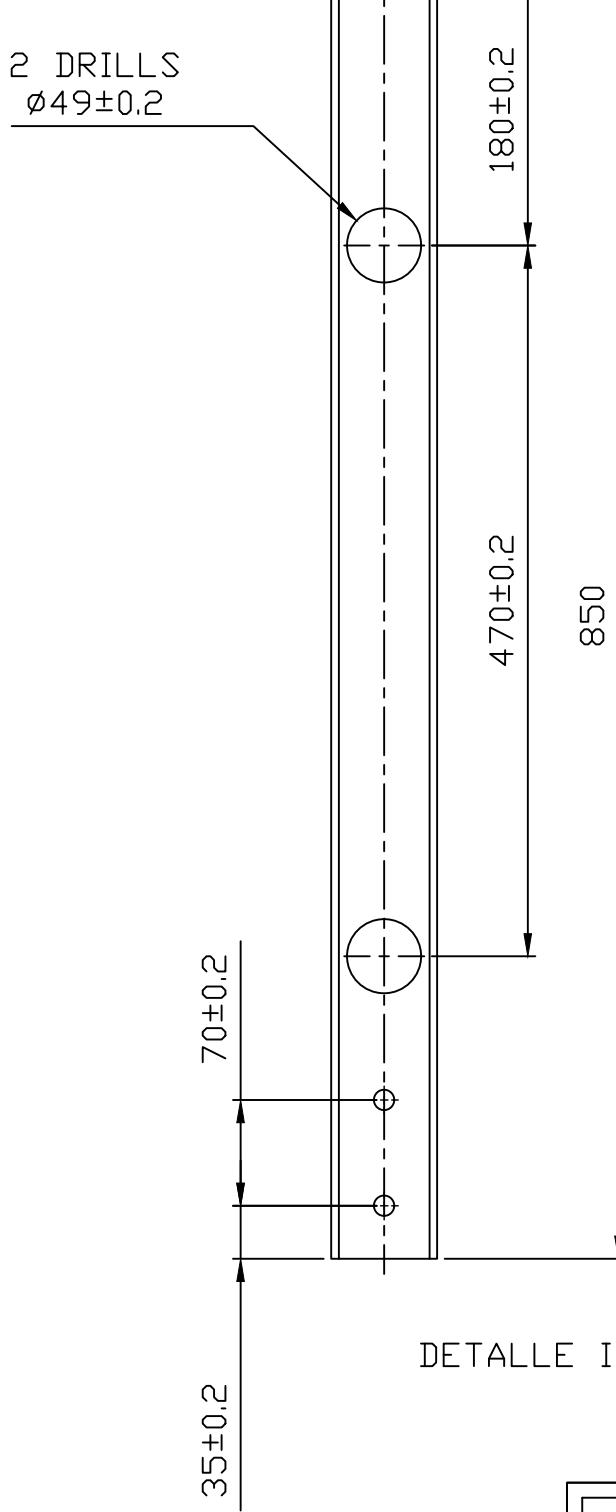
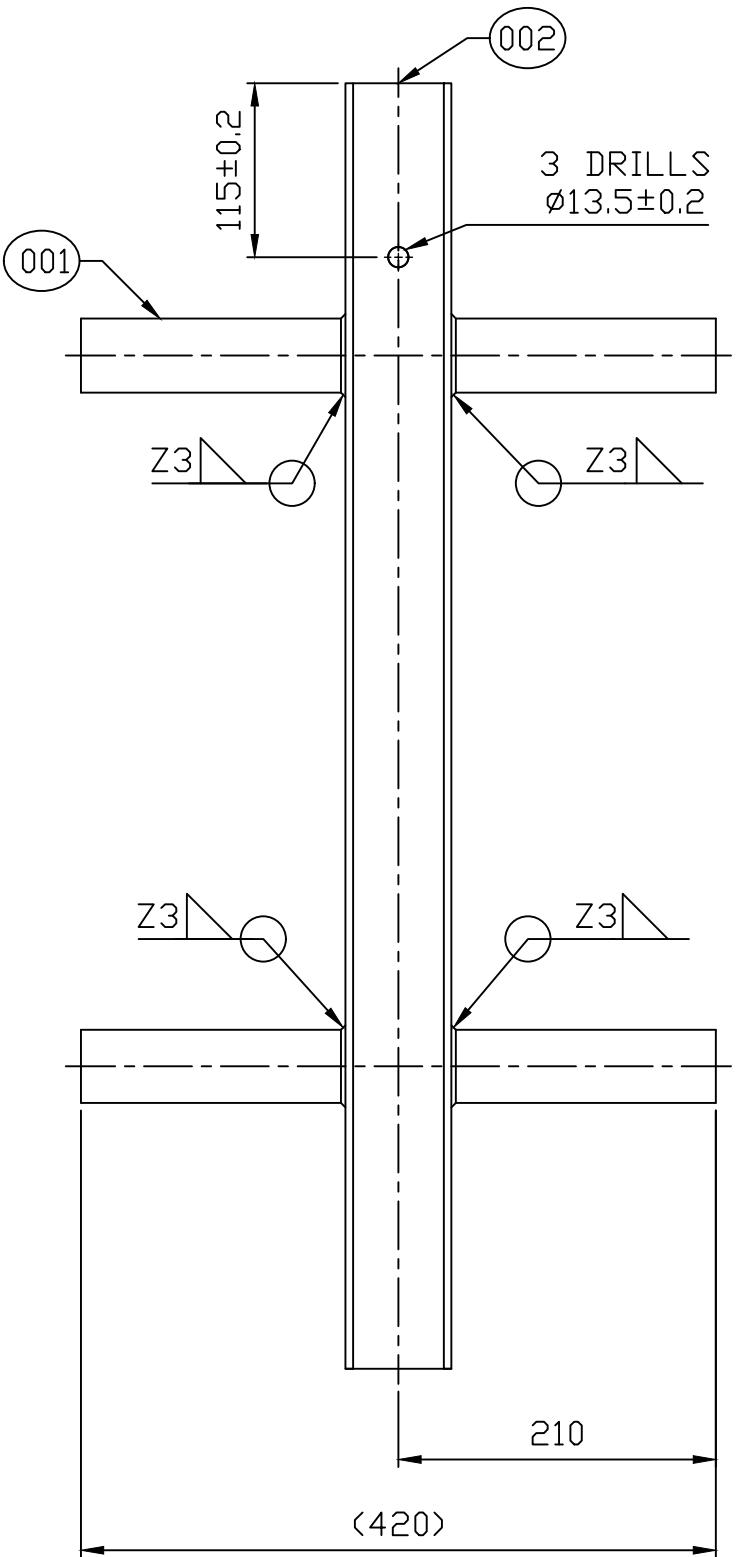
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Taladros pasantes

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 1100	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	TRAVESAÑO INFERIOR HORIZONTAL
ESCALA	
1:5	
Nº DE PLANO	
1004	



Universidade Vigo

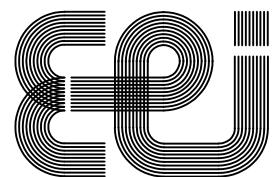


Notas:

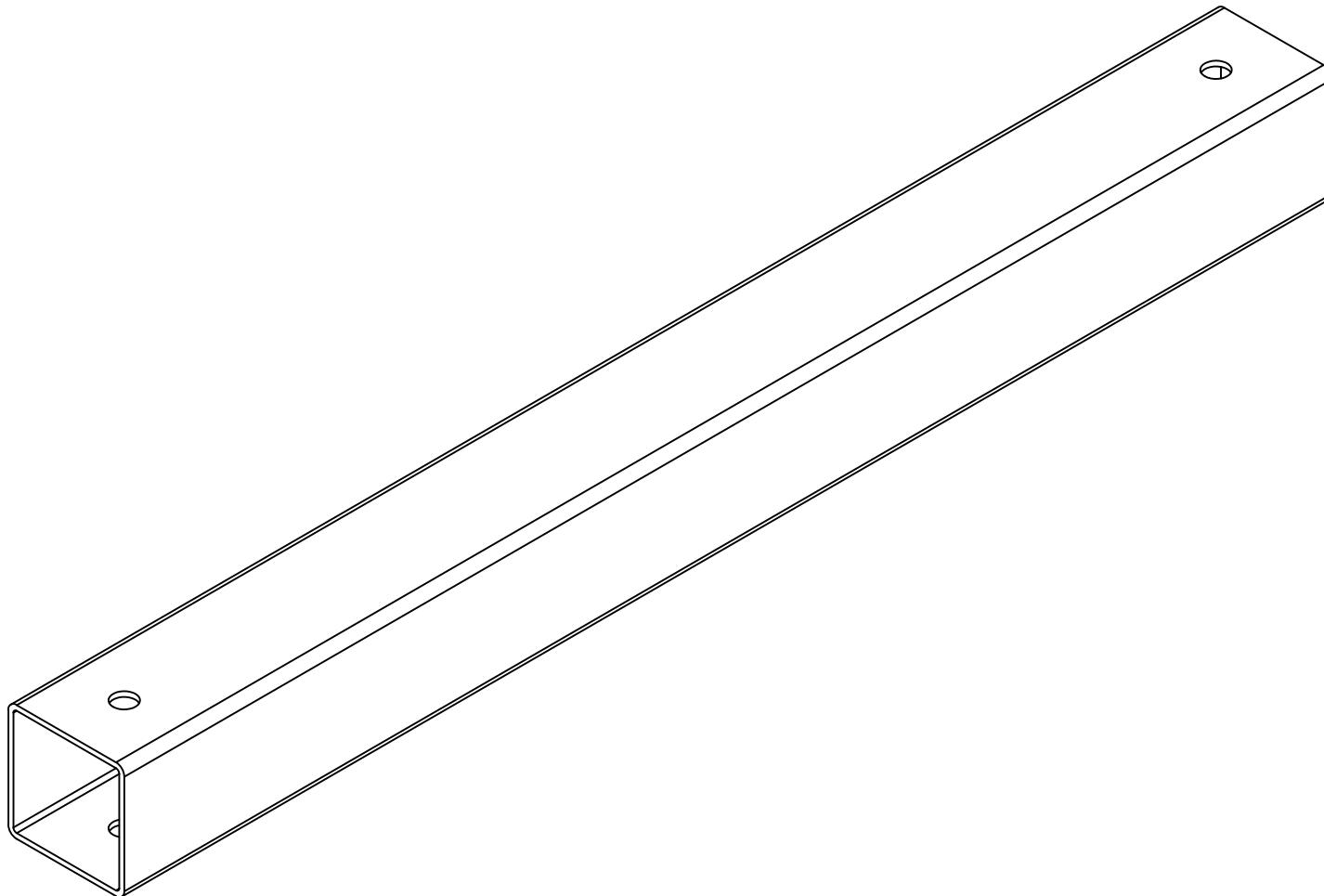
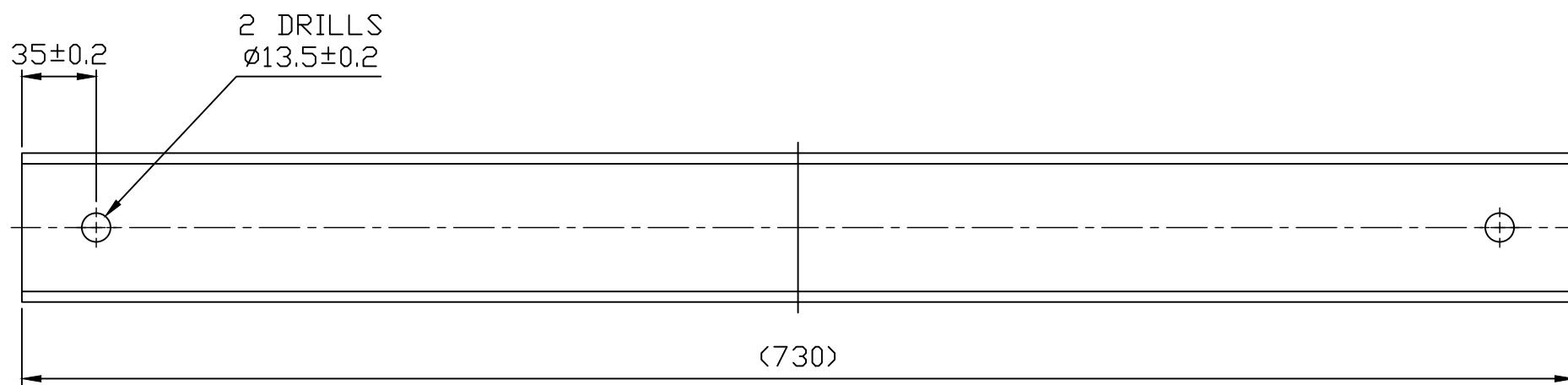
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Taladros pasantes

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	2	Tubo redondo $\varnothing 48.3$ e1.6 long 420	S235JR
002	1	Tubo $70*70*3$ long 850	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población, Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE DISCOS
ESCALA	1:5
Nº DE PLANO	1005



Universidade Vigo

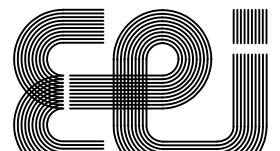


Notas:

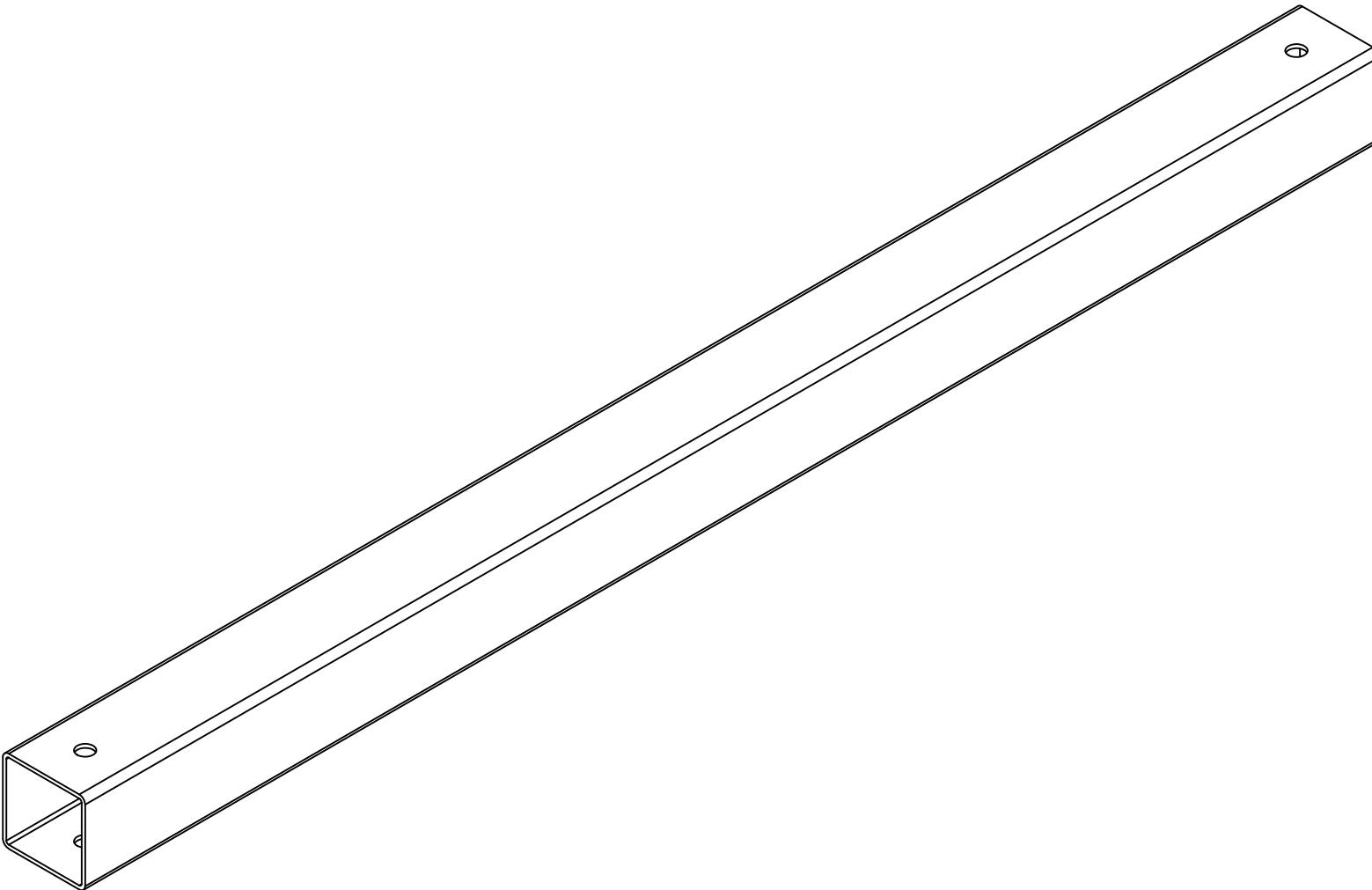
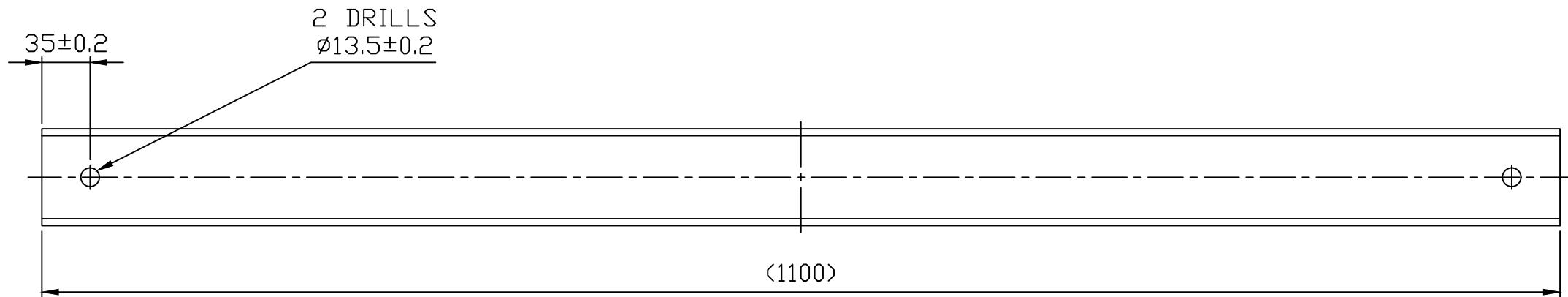
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Taladros pasantes

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 730	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	TRAVESAÑO SUPERIOR FONDO
ESCALA	
1:3	
Nº DE PLANO	
1006	



Universidade Vigo

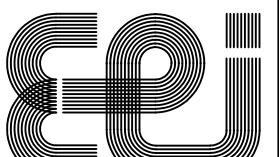


Notas:

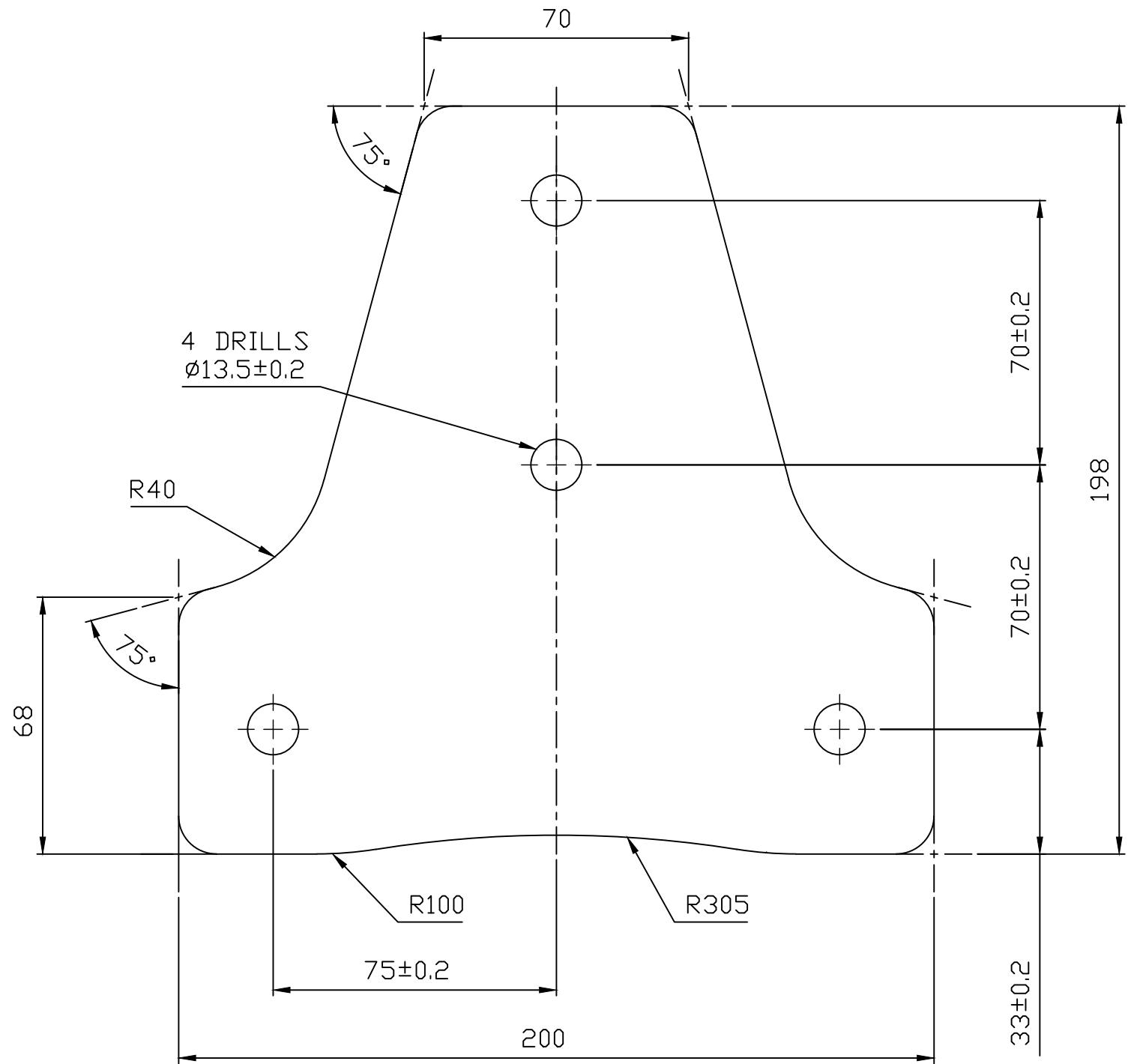
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Taladros pasantes

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 1100	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	TRAVESAÑO SUPERIOR
ESCALA	
1:4	
Nº DE PLANO	
1007	

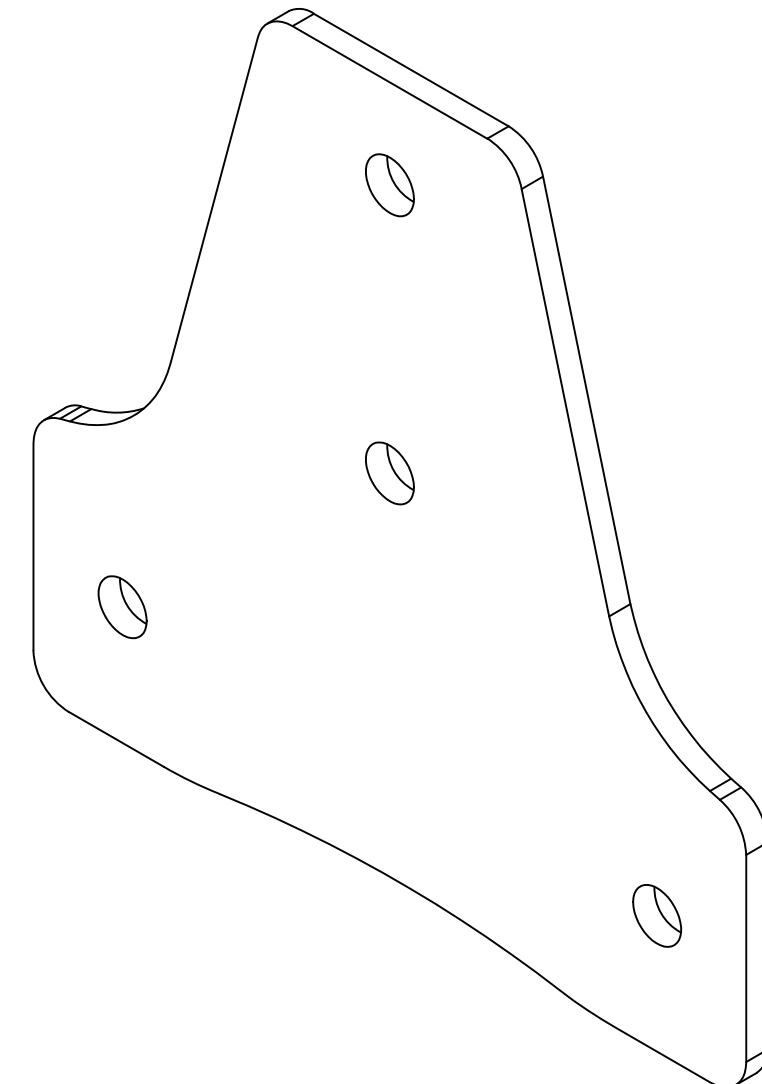


Universidade Vigo



## Notas:

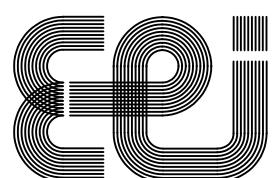
1. Sin mecanizar, corte por láser
  2. Matar todas las aristas
  3. Radios de redondeo R=10mm



ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e6 (láser)	S235JR

INGENIERO	
Sergio Moldes Alvarez	
REFERENCIA	
RACK	
FECHA	
17/08/2021	

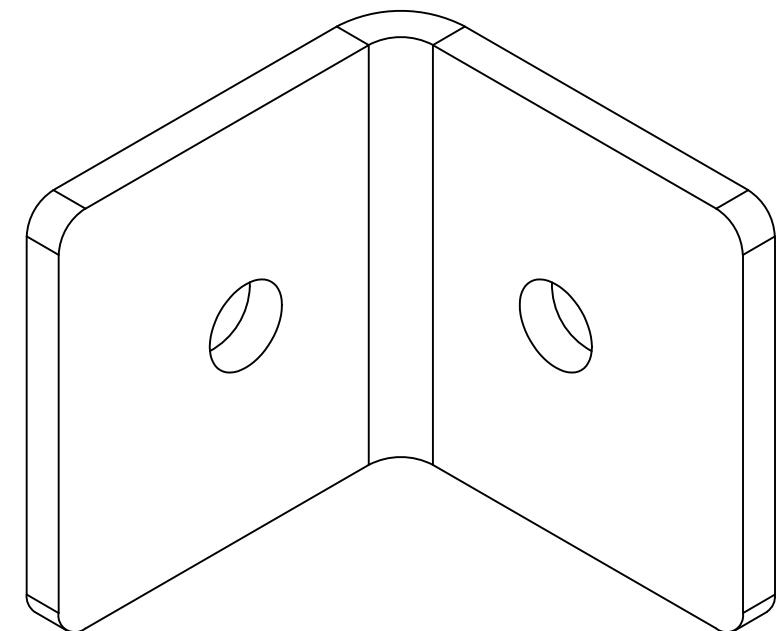
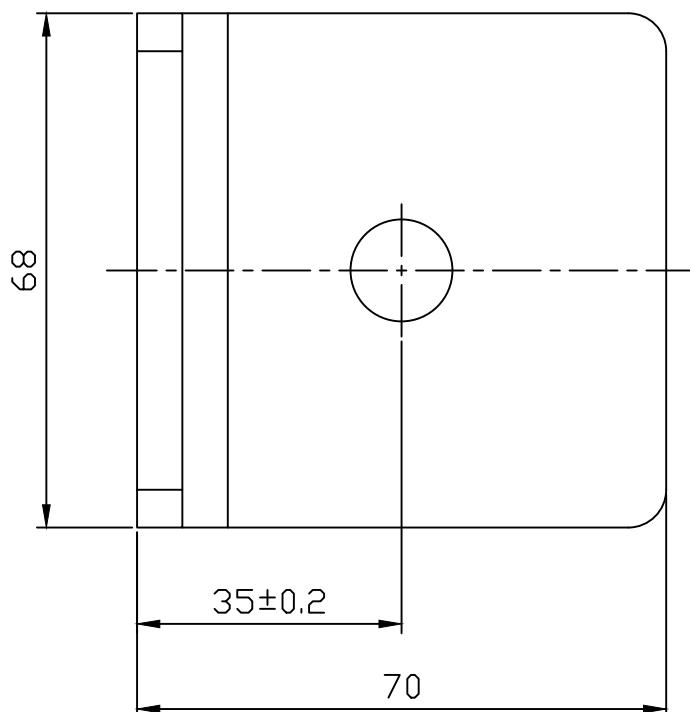
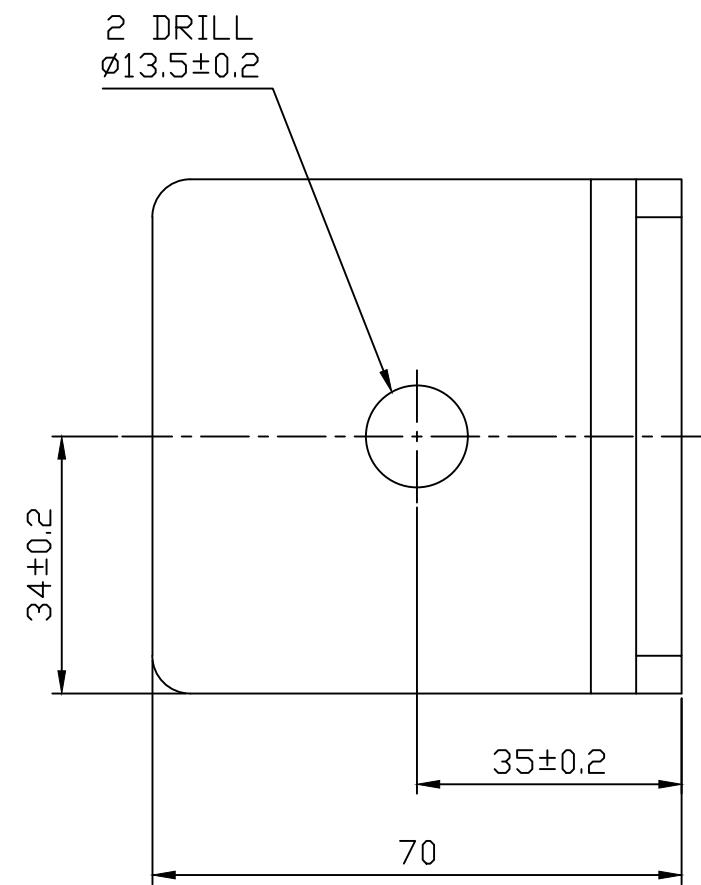
PROYECTO	
PROYECTO:	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
PETICIONARIO:	E.E.I. Universidad de Vigo
SITUACIÓN:	Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO	
UNIÓN SUELO	



Universidade de Vigo

— ESCALA —  
1:1.5

Nº DE PLANº  
1008

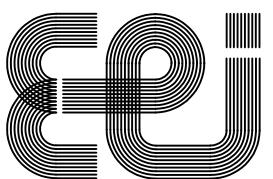


Notas:

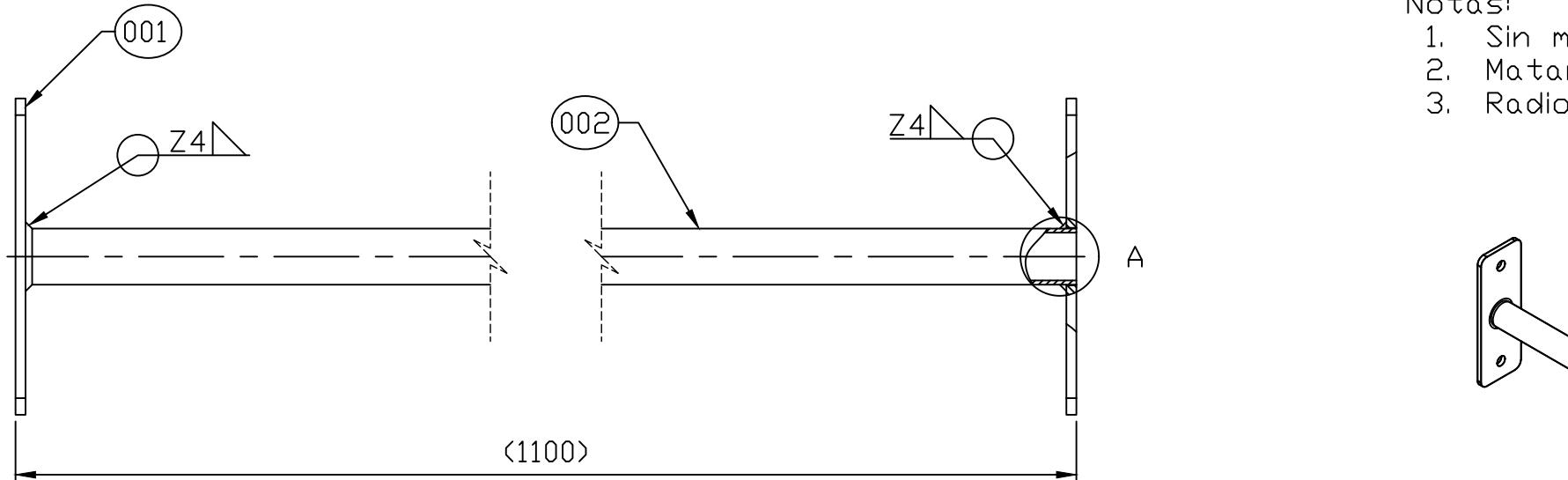
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo R=5mm

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e6 (láser)	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO
RACK	E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA	SITUACIÓN
17/08/2021	Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO	
UNIÓN ESCUADRA	
ESCALA	1:1
Nº DE PLANO	1009

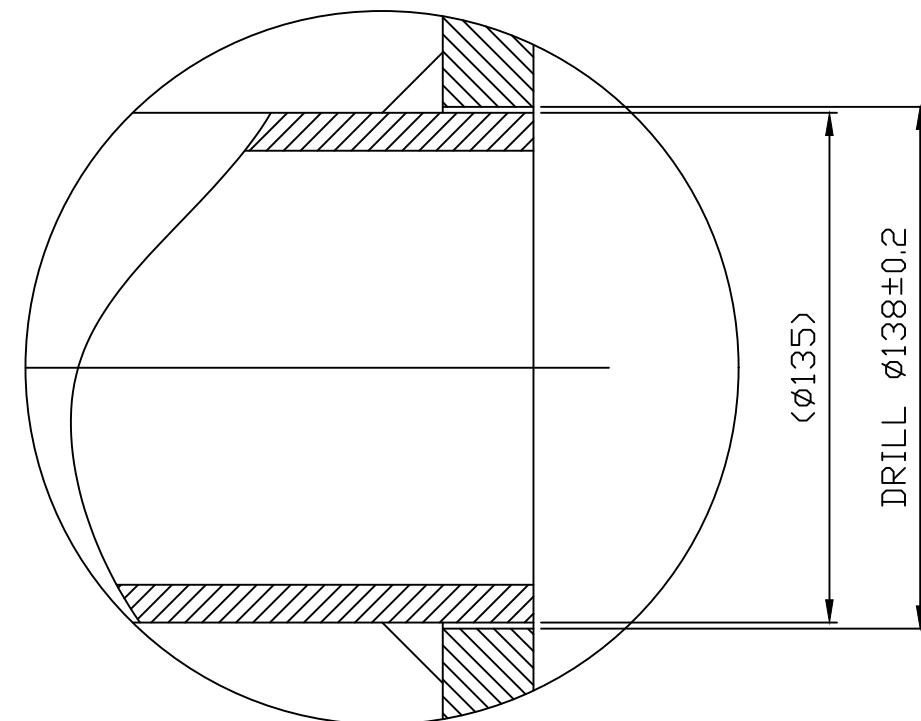
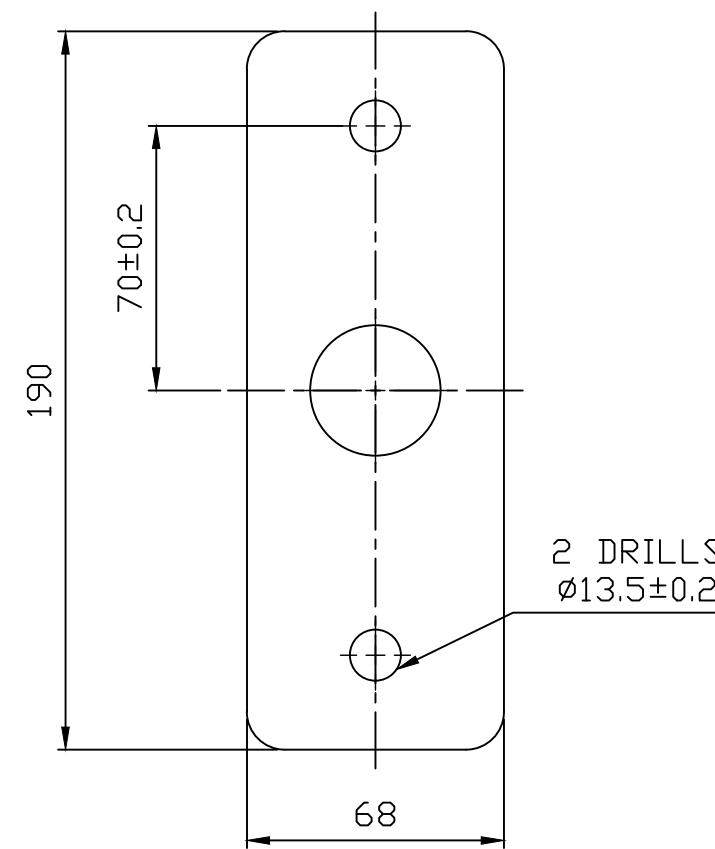


Universidad de Vigo



Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001 R=10mm



DETALLE A  
ESCALA 2:1

DETALLE ITEM 001  
ESCALA 1:2

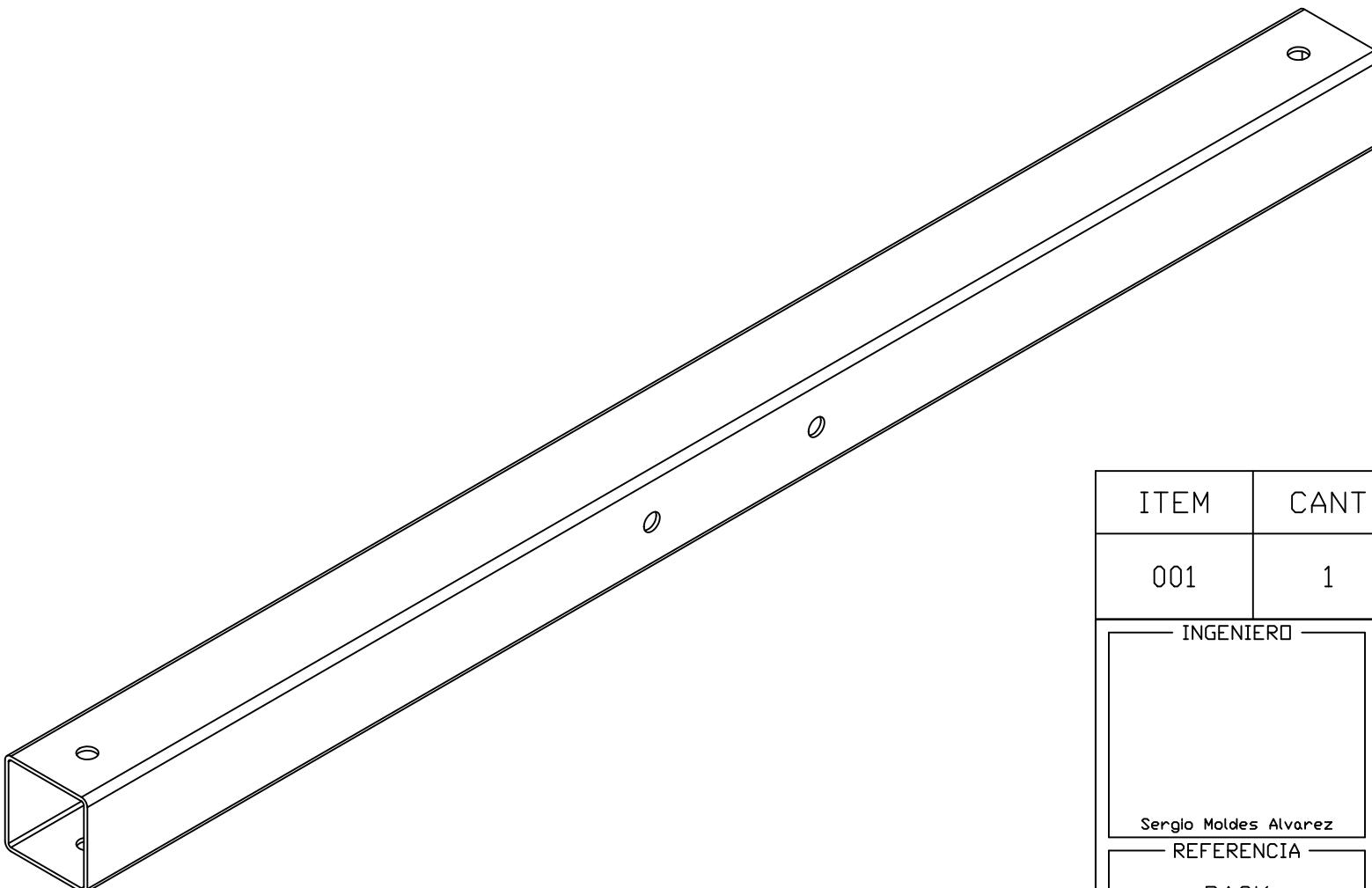
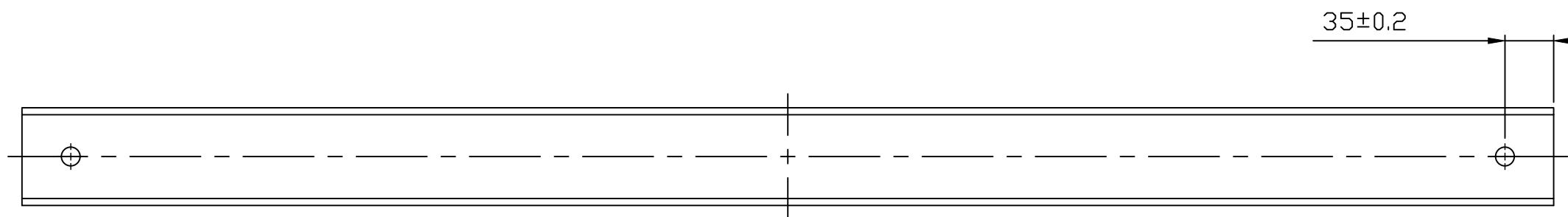
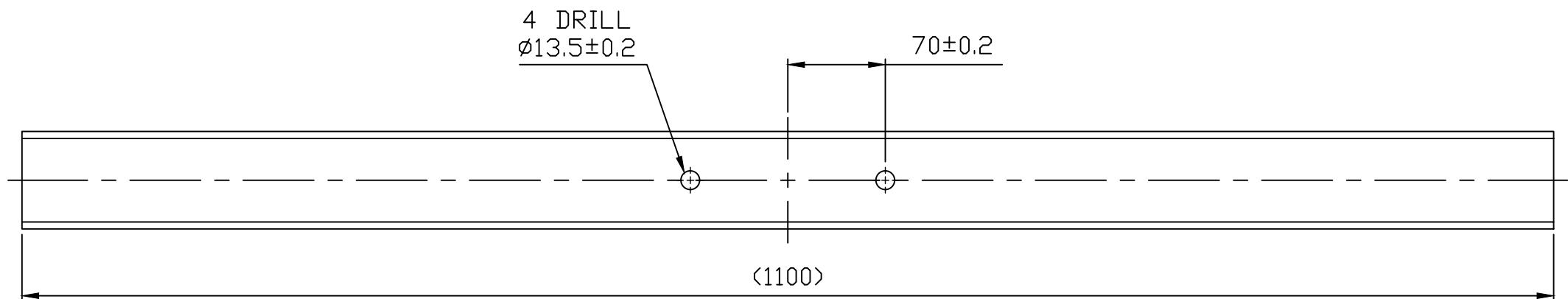
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	2	Chapa e6 (láser)	S275JR
002	1	Tubo redondo Ø33,7 e2,5 long 1100	S275JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	BARRA DE DOMINADAS

PROYECTO	DETALLE
Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico	DETALLE
PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo	DETALLE
SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia	DETALLE
PLANO	DETALLE
BARRA DE DOMINADAS	



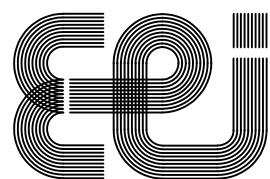
ESCALA  
1:4  
Nº DE PLANO  
1010



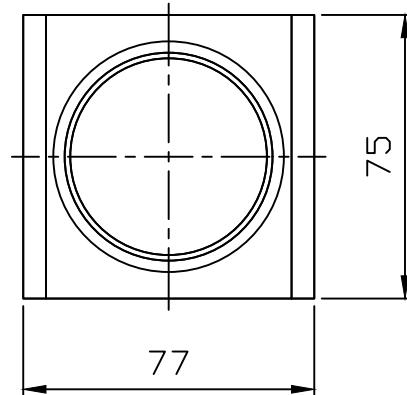
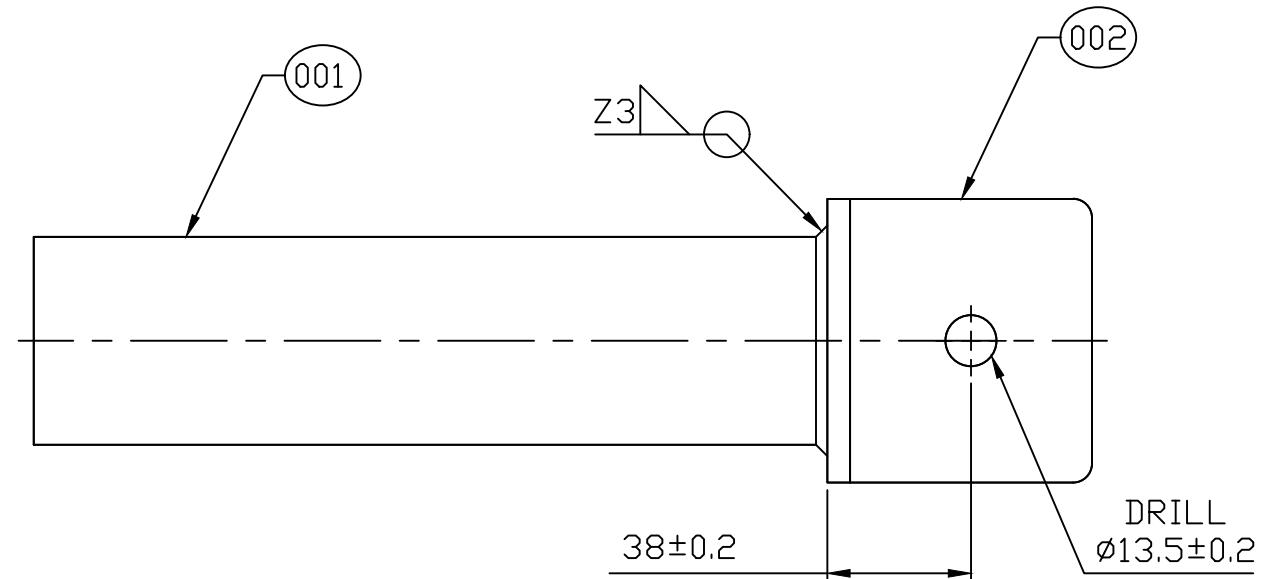
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Taladros pasantes

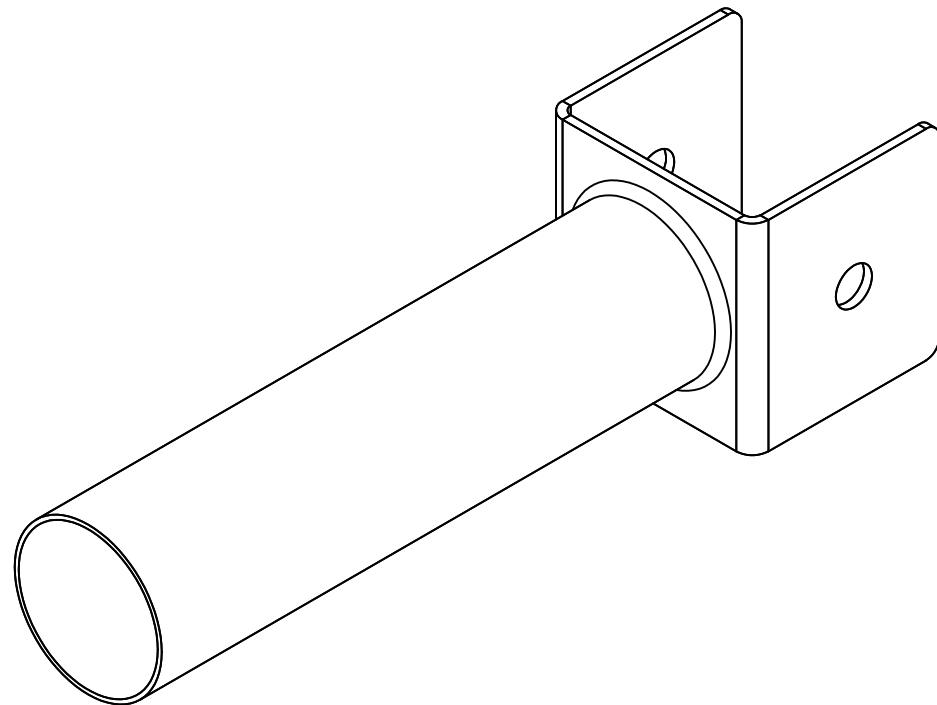
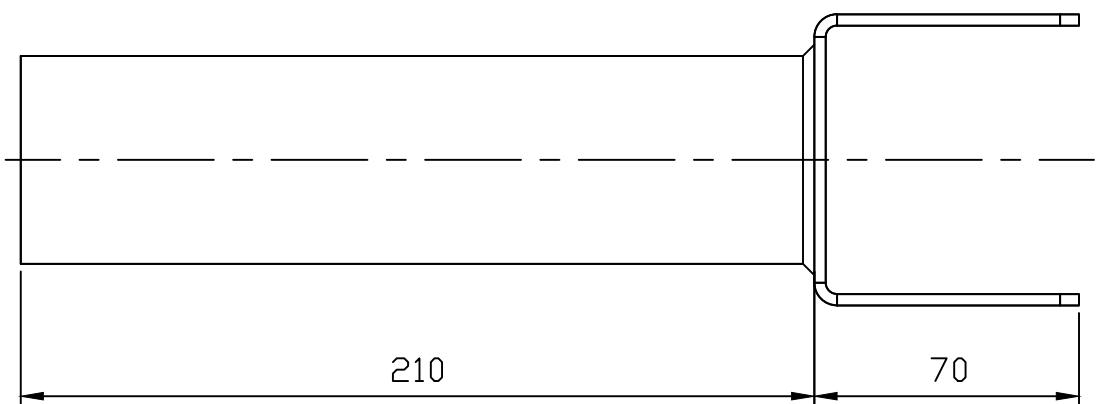
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 1100	S235JR
INGENIERO	PROYECTO	PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico	
Sergio Moldes Alvarez	PETICIONARIO:	E.E.I. Universidad de Vigo	
REFERENCIA	SITUACIÓN:	Ubicación del proyecto Población. Provincia	
RACK	PLANO	TRAVESAÑO SUPERIOR	
FECHA		FRONTEL	
17/08/2021			
			ESCALA
			1:4
			Nº DE PLANO
			1011



Universidad de Vigo

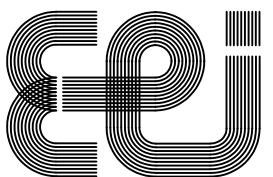


- Notas:
1. Sin mecanizar, corte por láser
  2. Matar todas las aristas
  3. Radios de redondeo R=5mm
  4. Taladros pasantes



ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo redondo Ø55 e1.5	S235JR
002	1	Chapa plegada e3	S235JR

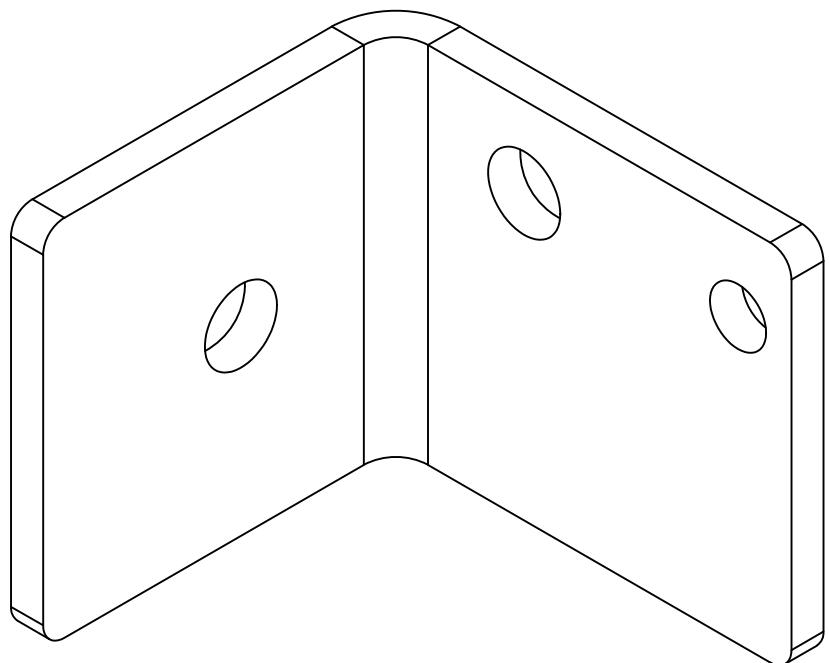
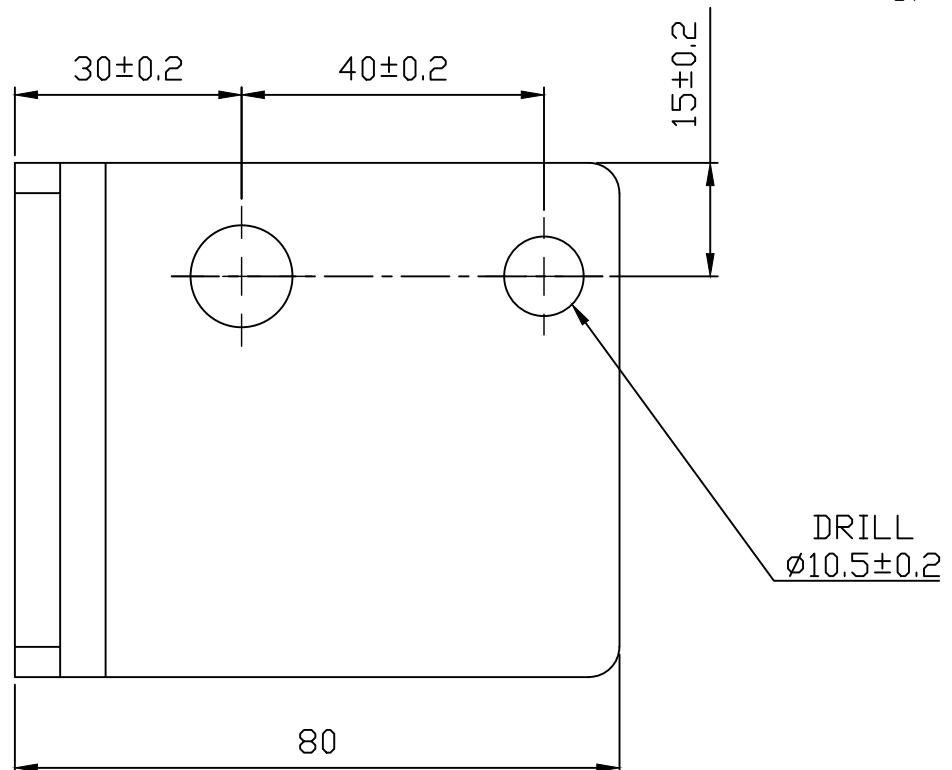
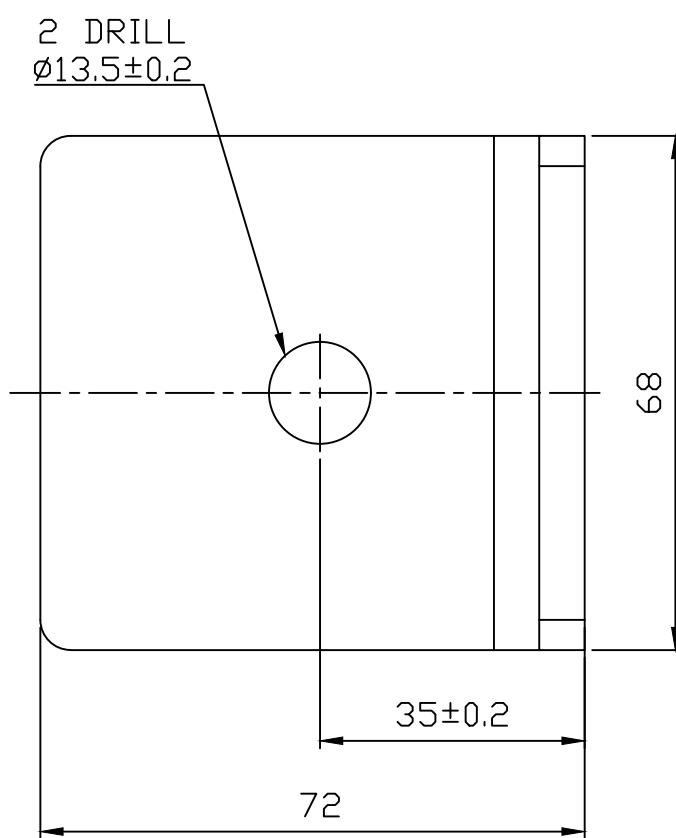
INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE BARRA
ESCALA	1:2
Nº DE PLANO	1012



Universidad de Vigo

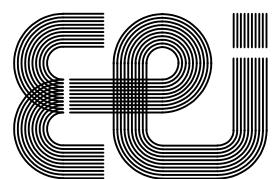
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo R=4mm



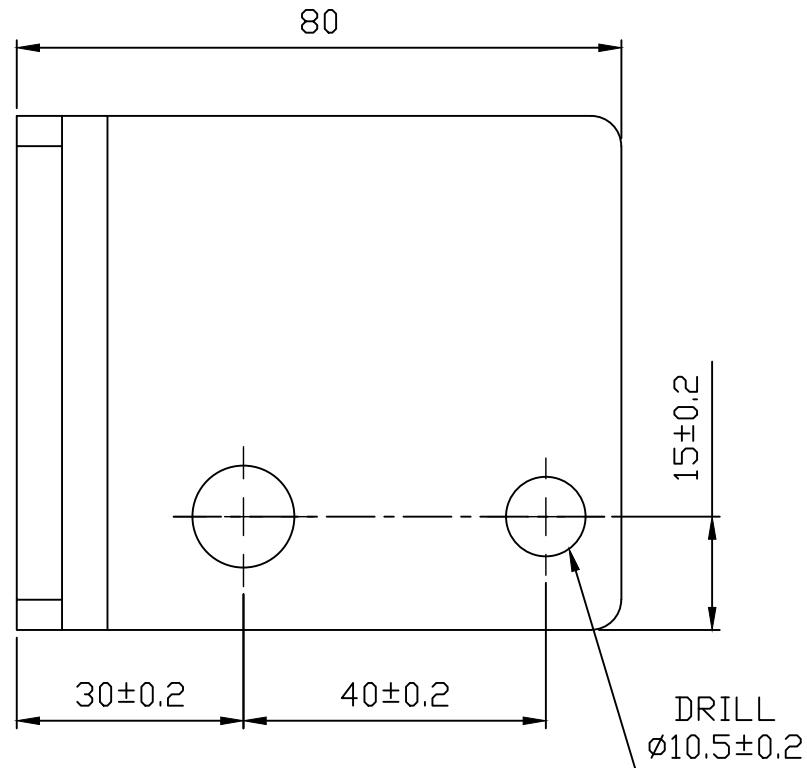
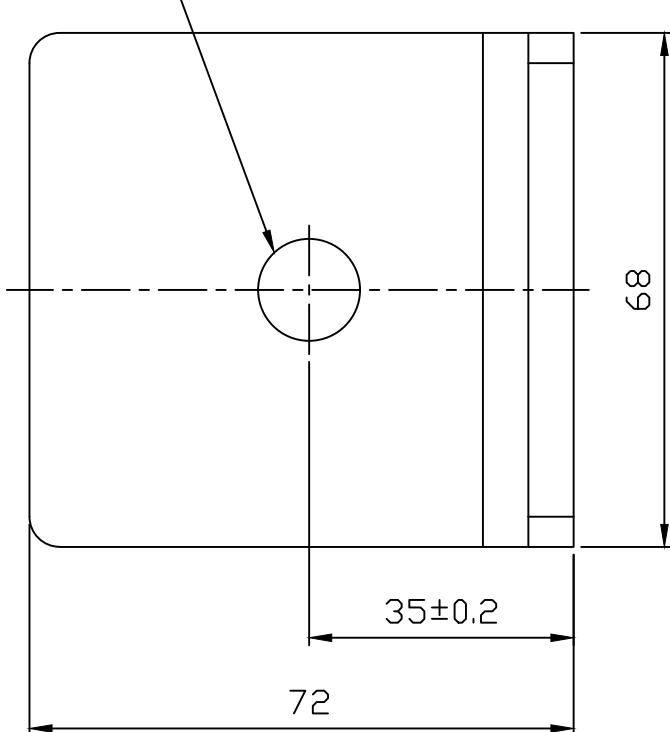
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa plegada e6 (láser)	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO
RACK	E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA	SITUACIÓN
17/08/2021	Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO	
ESCUADRA DELANTERA	
ESCALA	1:1
Nº DE PLANO	1013



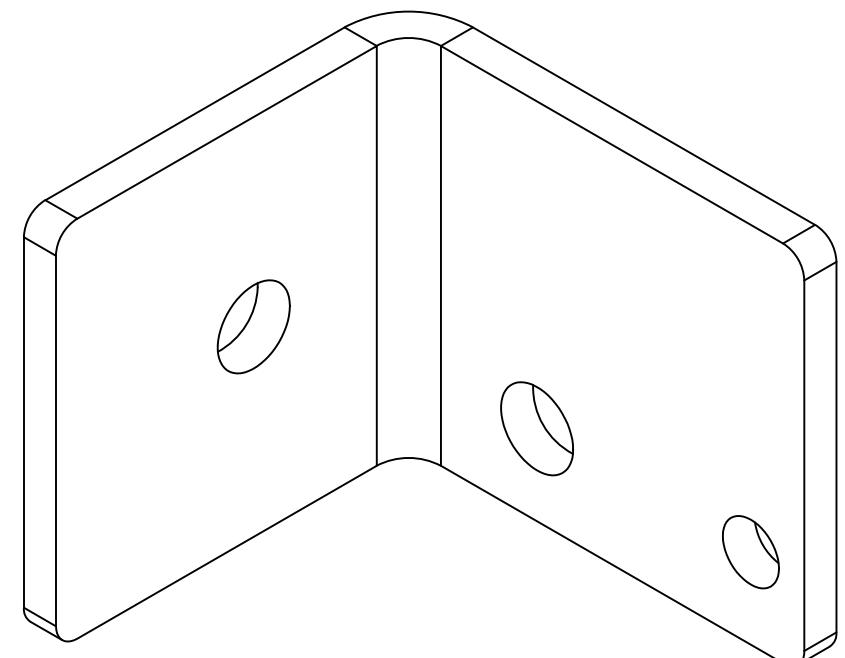
Universidad de Vigo

2 DRILLS  
 $\phi 13.5 \pm 0.2$



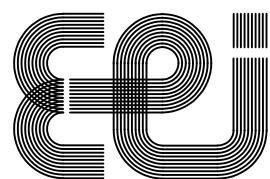
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo R=4mm

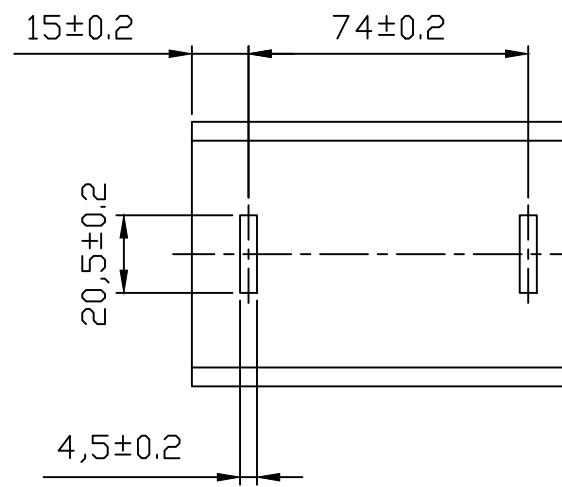
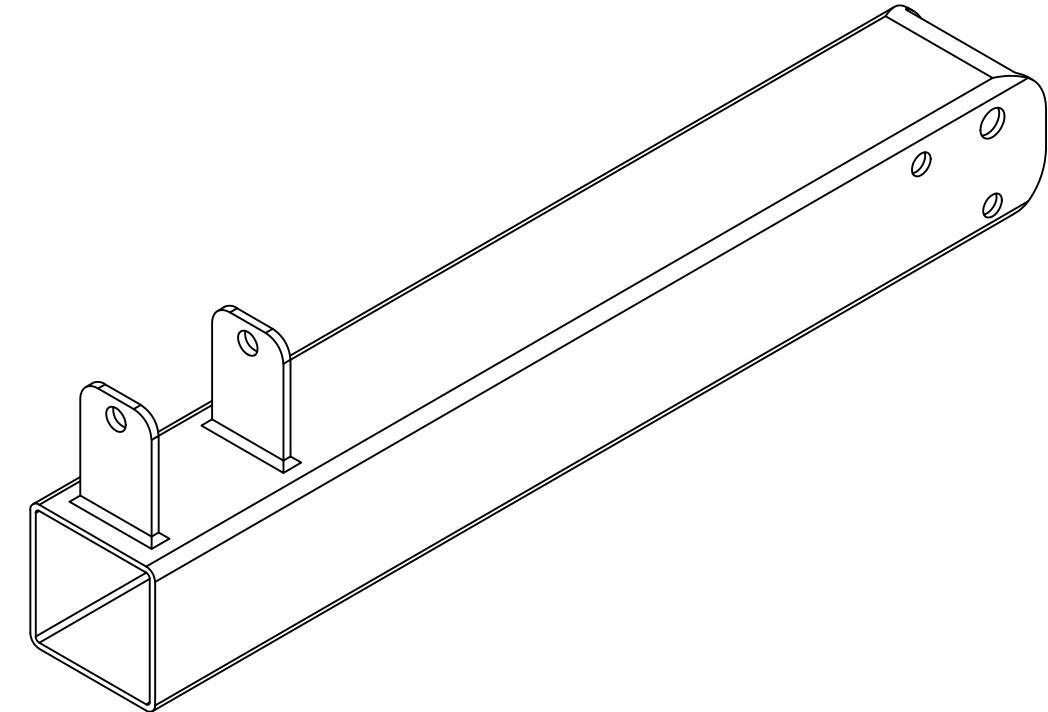
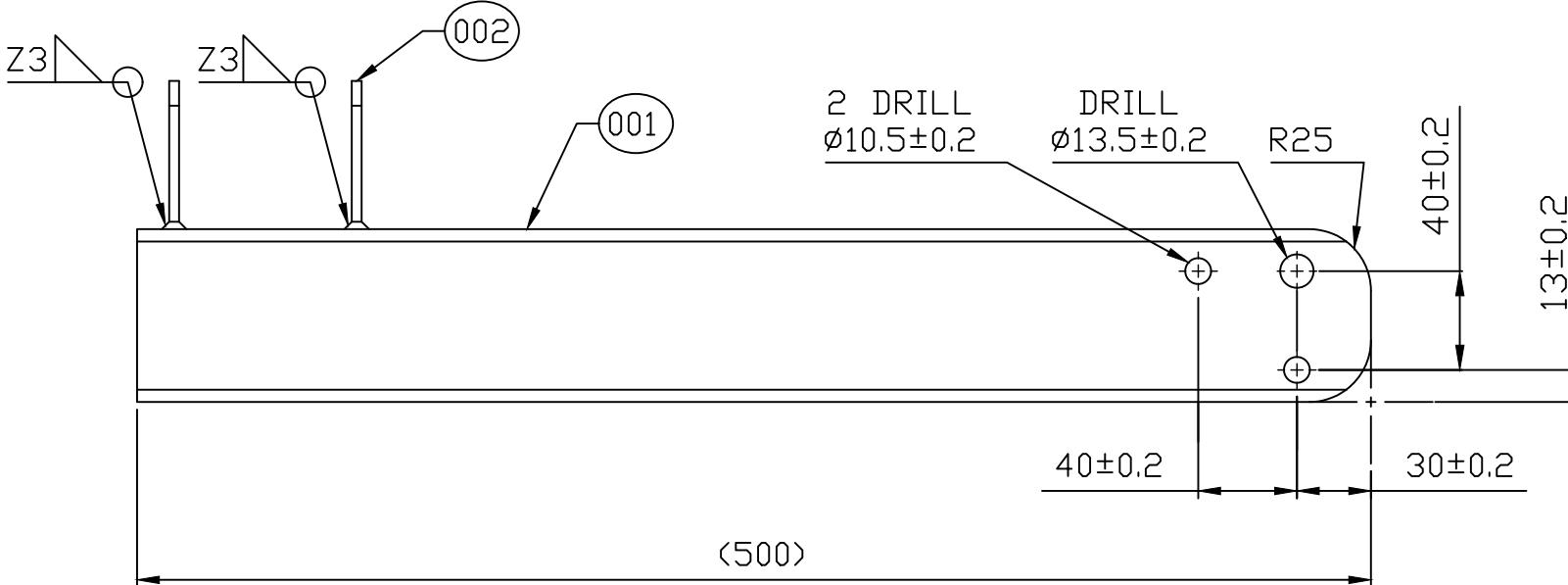


ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e6 (láser)	S235JR

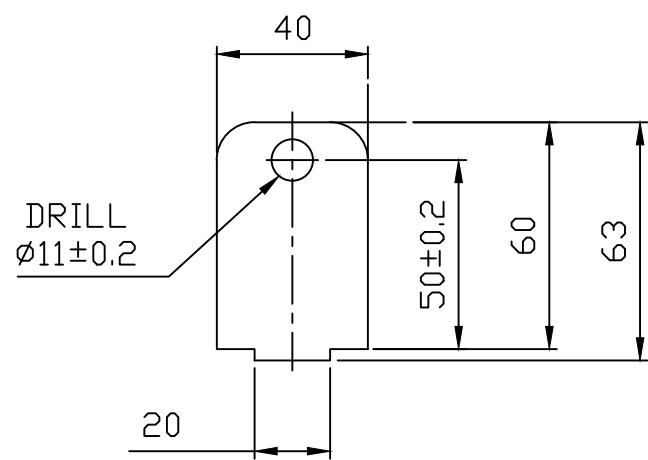
INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	ESCUADRA FONDO
ESCALA	1:1
Nº DE PLANO	1014



Universidade Vigo



DETALLE ITEM 001 ESCALA 1:2



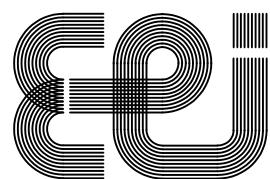
DETALLE ITEM 002 ESCALA 1:2

Notas:

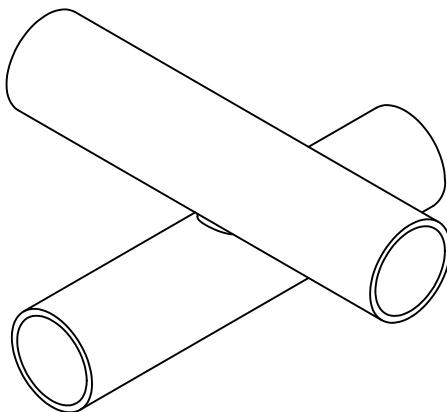
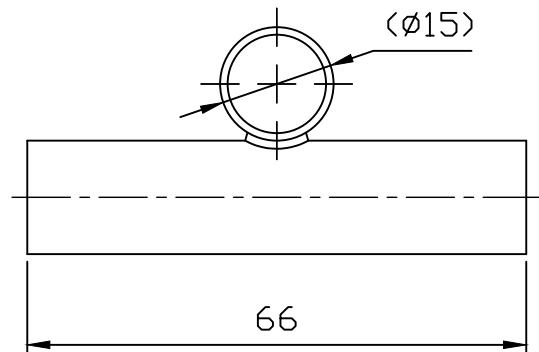
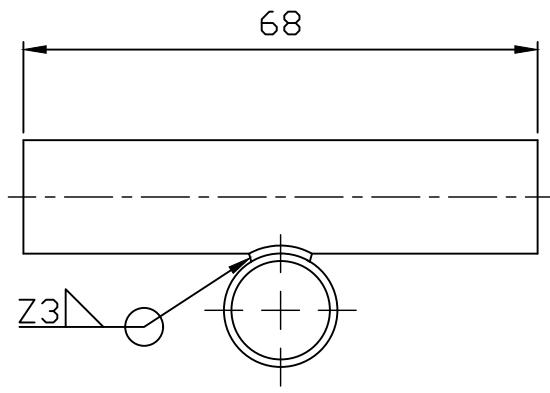
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 002 R=10mm
4. ITEM 001 taladros pasantes

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 500	S235JR
002	2	Chapa e4 (láser)	S275JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
	PLANO
	TRAVESAÑO + SOPORTE
ESCALA	1:3
Nº DE PLANO	1015



Universidad de Vigo



Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar aristas

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	2	Tubo Ø15 e1	S275JR

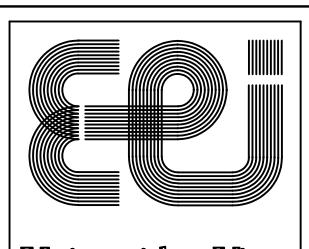
INGENIERO

Sergio Moldes Alvarez

PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico

PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo

SITUACIÓN: Ubicación del proyecto  
Población, Provincia



REFERENCIA

RACK

FECHA

17/08/2021

PLANO

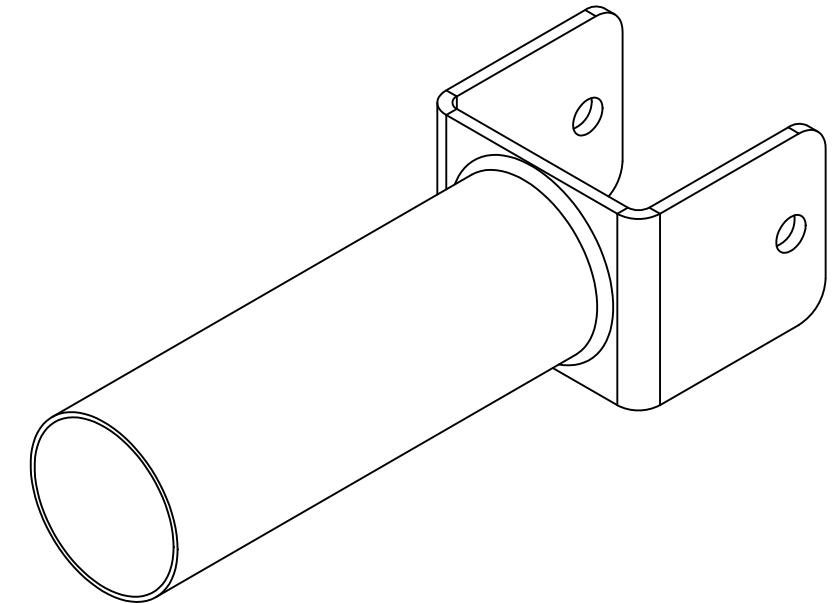
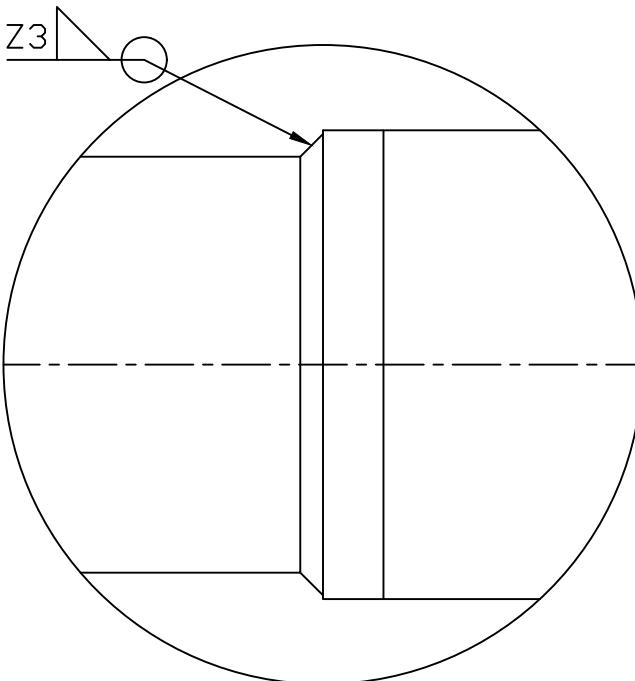
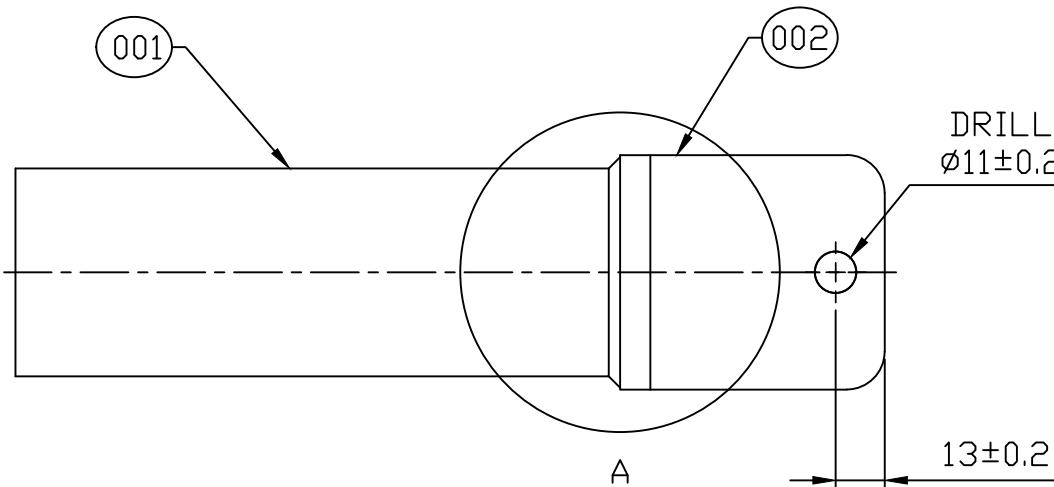
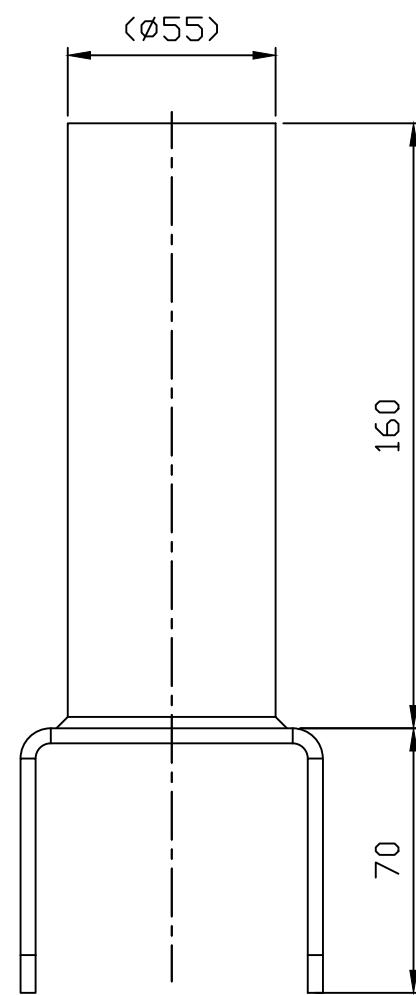
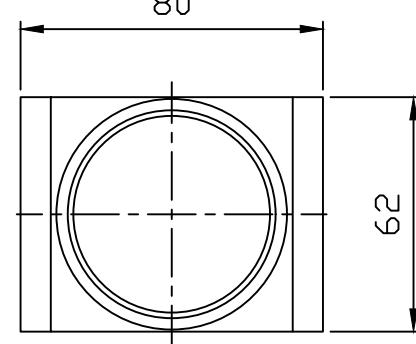
TUBOS SOLDADOS

ESCALA

1:1

Nº DE PLANO

1016



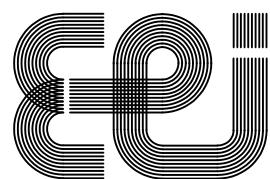
DETALLE A  
ESCALA 1:1

Notas:

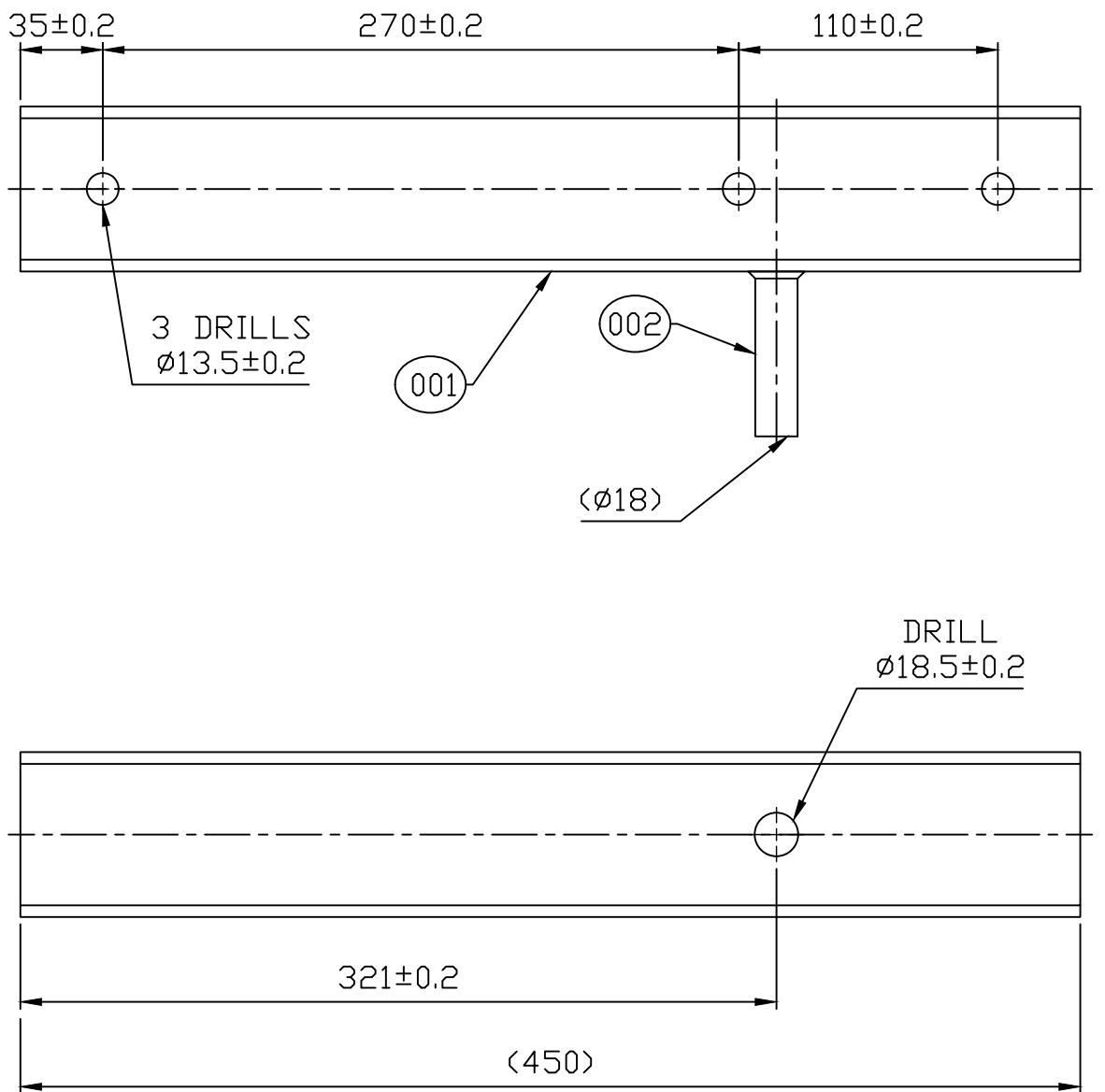
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 002 R=10mm
4. Taladros pasantes

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
REFERENCIA	PLANO
RACK	SOPORTE REMO
FECHA	ESCALA
17/08/2021	1:2
Nº DE PLANO	
1017	

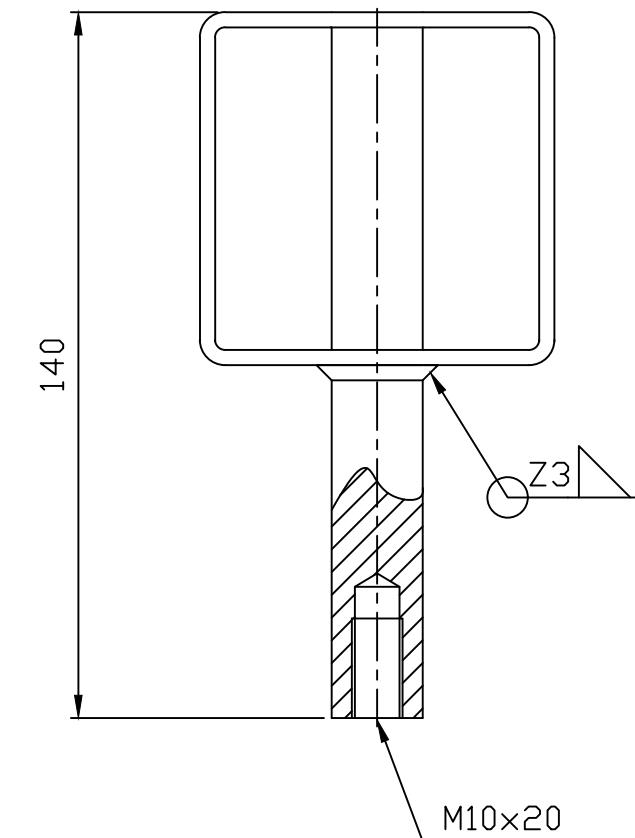
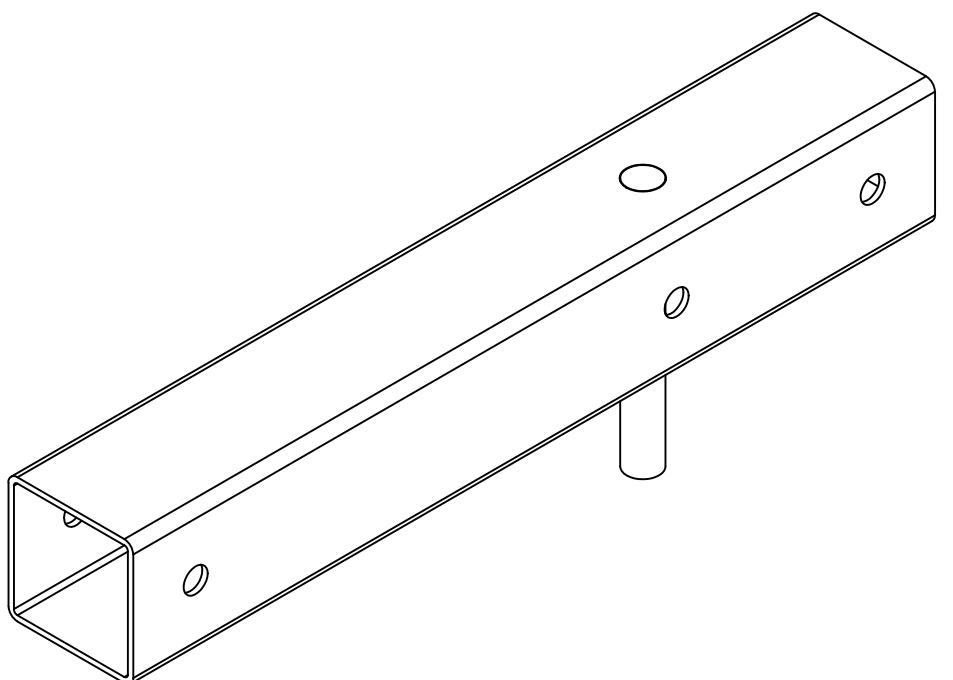
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo Ø55 e1.5	S275JR
002	1	Chapa plegada e4 (láser)	S275JR



Universidad de Vigo



DETALLE ITEM 001



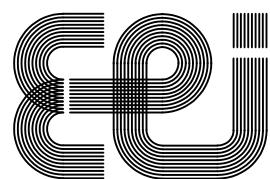
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:1.5

Notas:

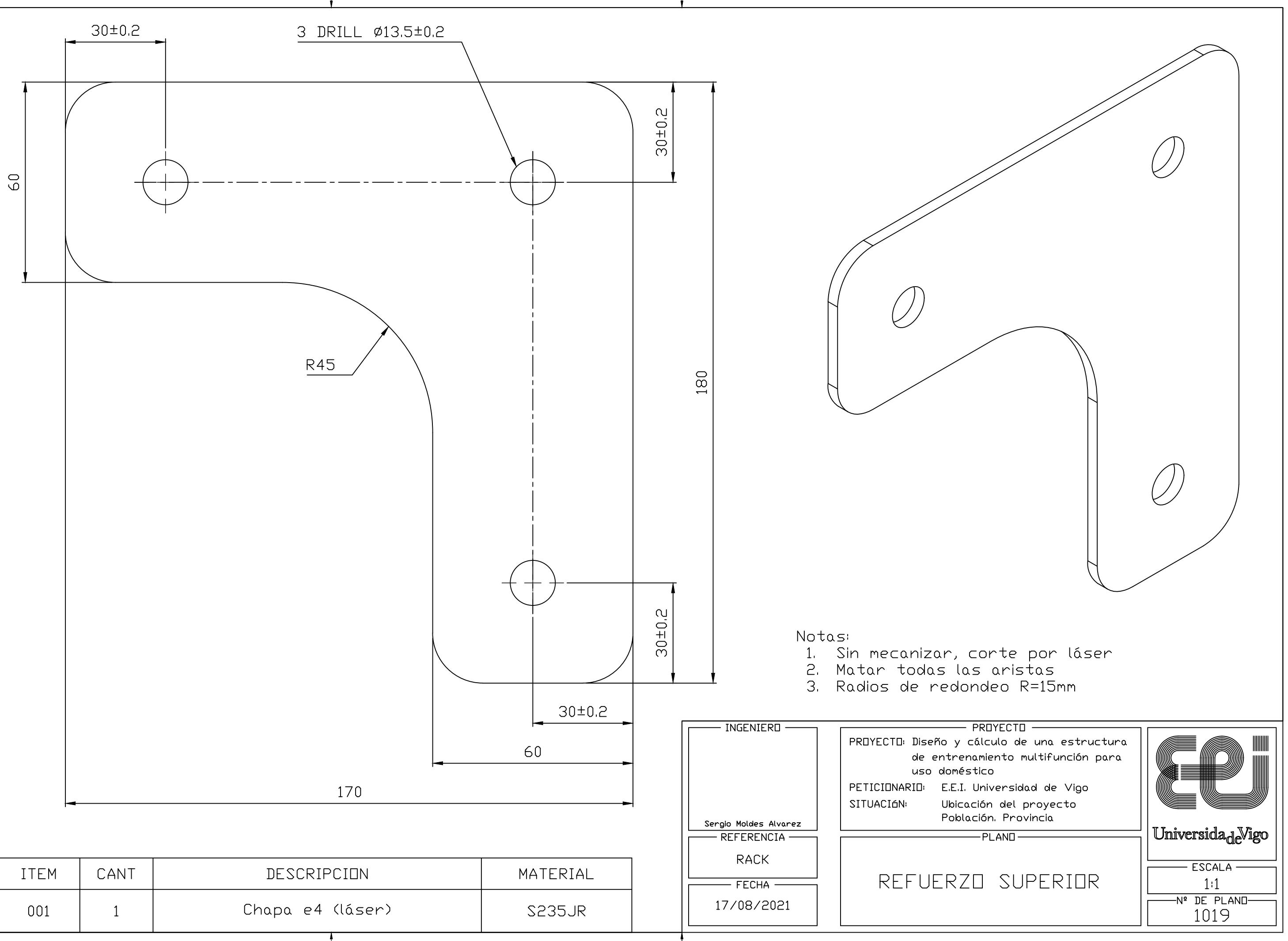
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Item 001 taladros pasantes

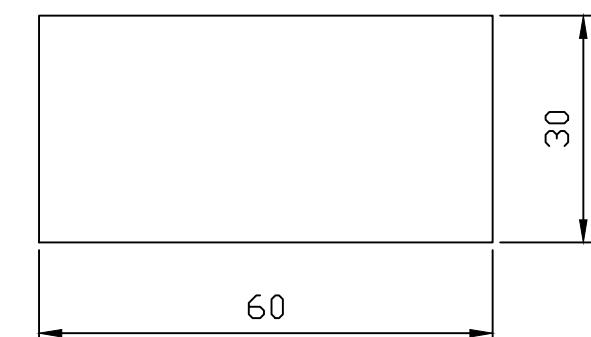
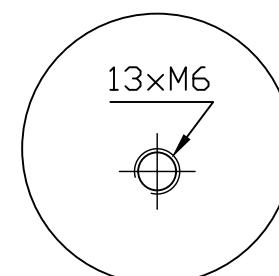
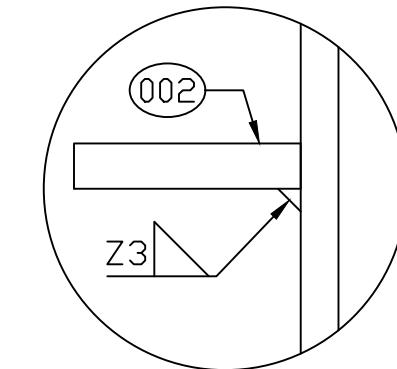
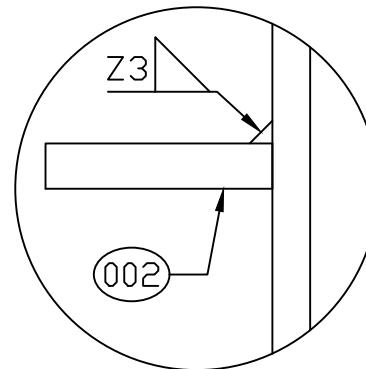
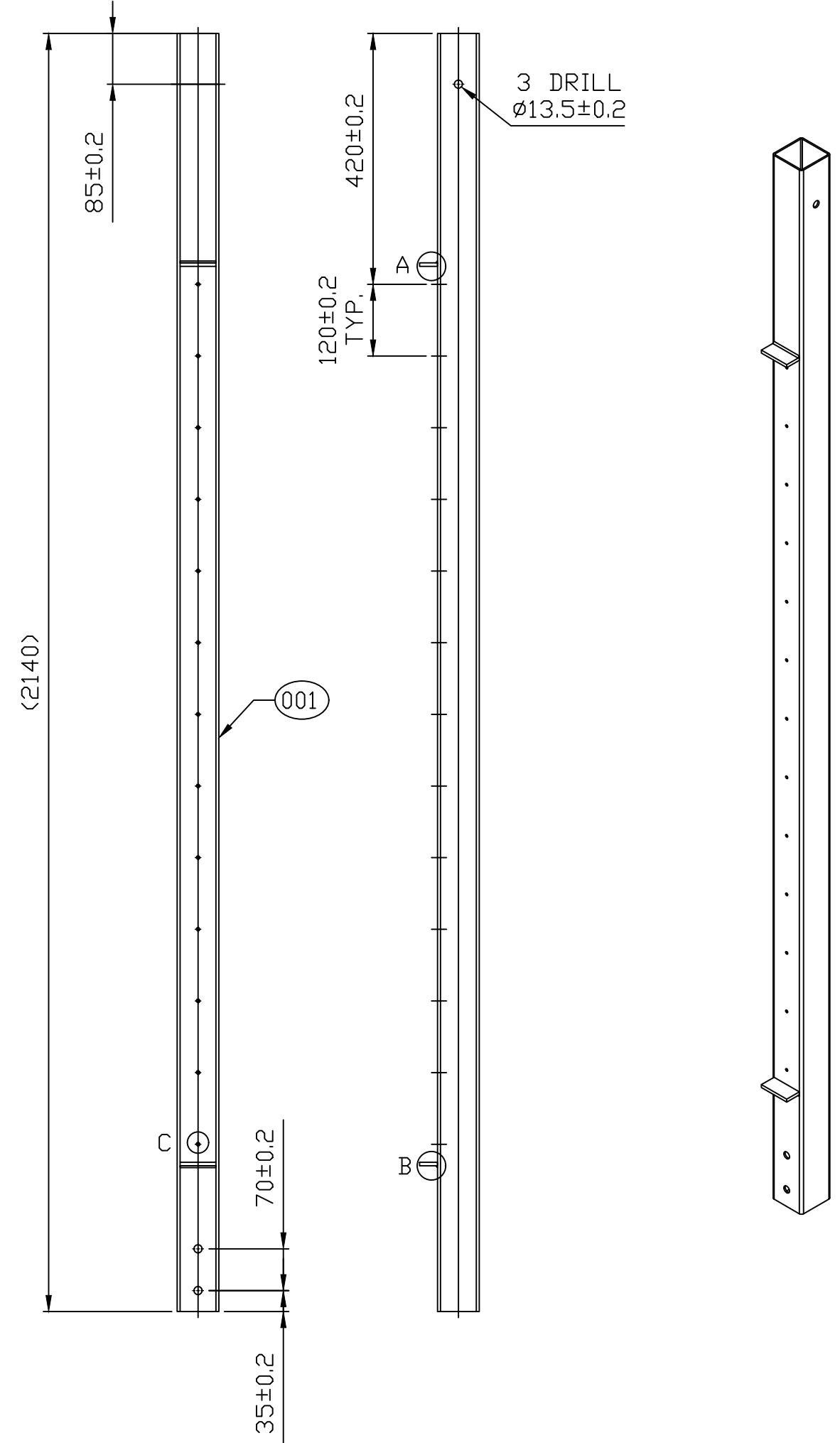
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 450	S235JR
002	1	Tubo Ø18	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población, Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	TRAVESAÑO + CASQUILLO
ESCALA	1:3
Nº DE PLANO	1018



Universidad de Vigo





Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Item 001 taladros pasantes

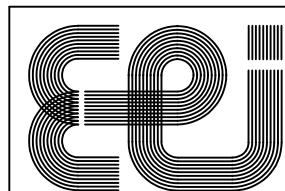
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	1	Tubo 70*70*3 long 2140	S235JR
002	2	Chapa e6 (láser)	S235JR

INGENIERO  
Sergio Moldes Alvarez

REFERENCIA  
RACK  
FECHA  
17/08/2021

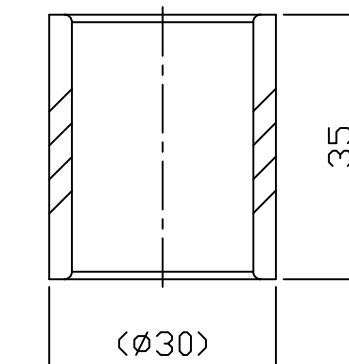
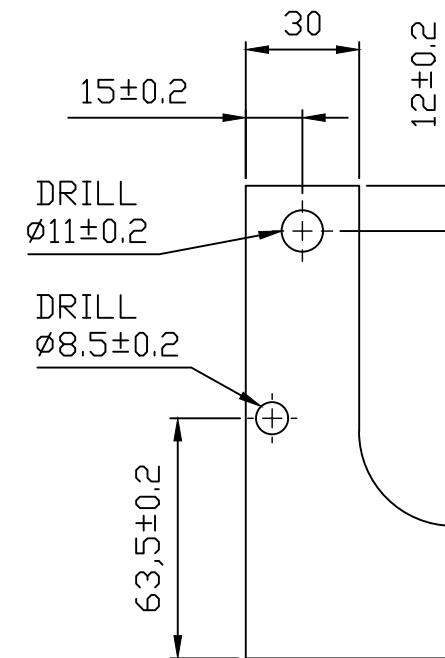
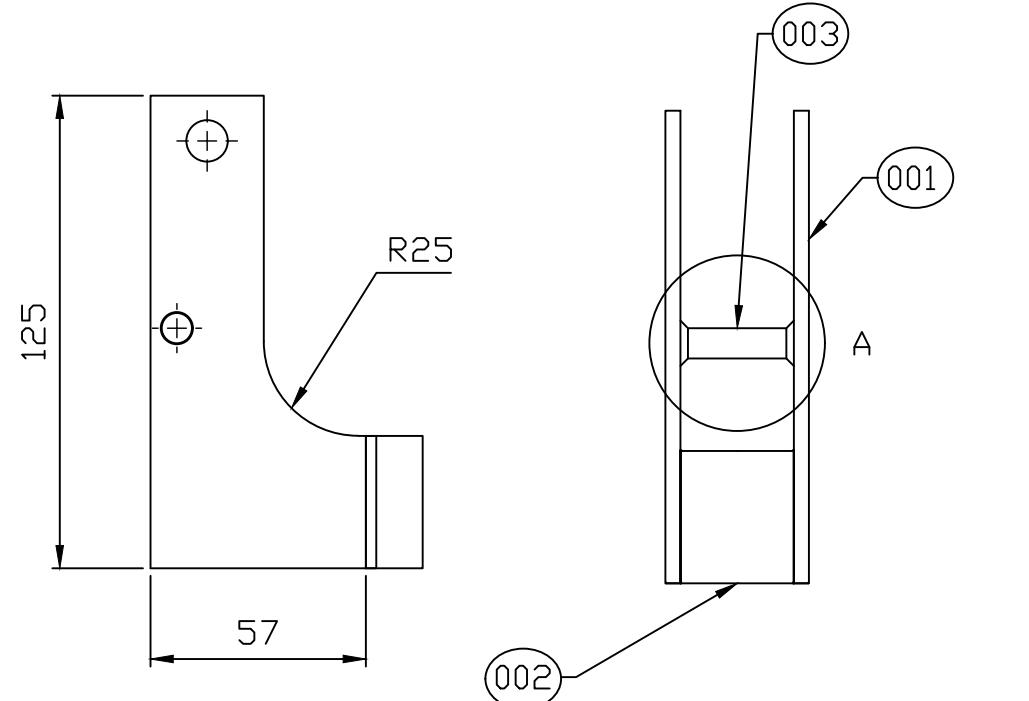
PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico  
PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo  
SITUACIÓN: Ubicación del proyecto  
Población, Provincia

PLANO  
PILAR + TOPE

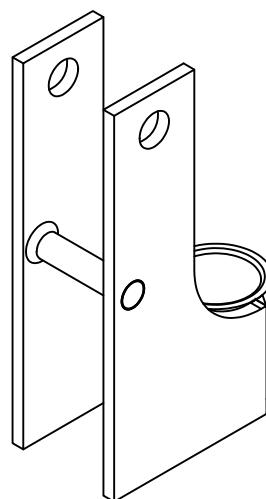
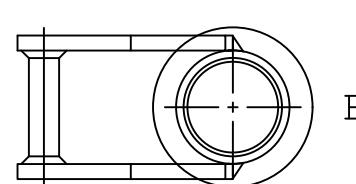


Universidad de Vigo

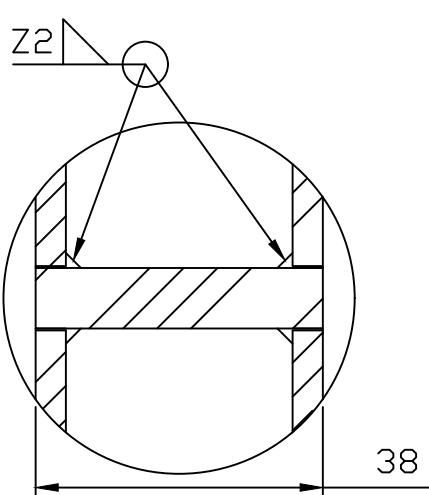
ESCALA  
1:9  
Nº DE PLANO  
1020



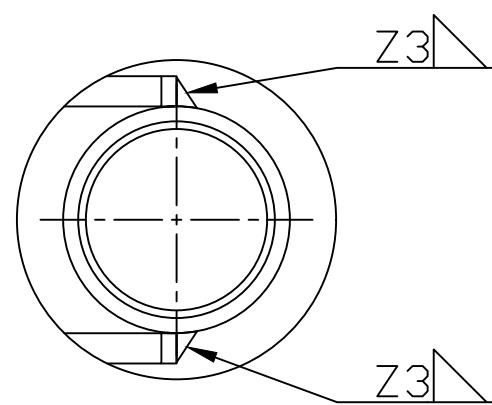
DETALLE ITEM 002  
ESCALA 1:1



DETALLE  
ITEM 001



DETALLE A  
ESCALA 1:1



DETALLE B  
ESCALA 1:1

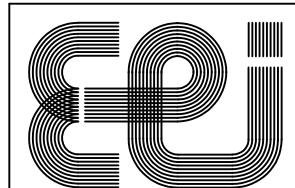
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 002 R=1mm

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	2	Chapa e4 (láser)	S355JR
002	1	Tubo Ø30 e3	S355JR
003	1	Tubo macizo Ø8	S355JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	RACK
FECHA	17/08/2021

PROYECTO	Universidad de Vigo
PETICIONARIO	E.E.I. Universidad de Vigo
SITUACIÓN	Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO	SOPORTE POLEA
ESCALA	1:2
Nº DE PLANO	1021



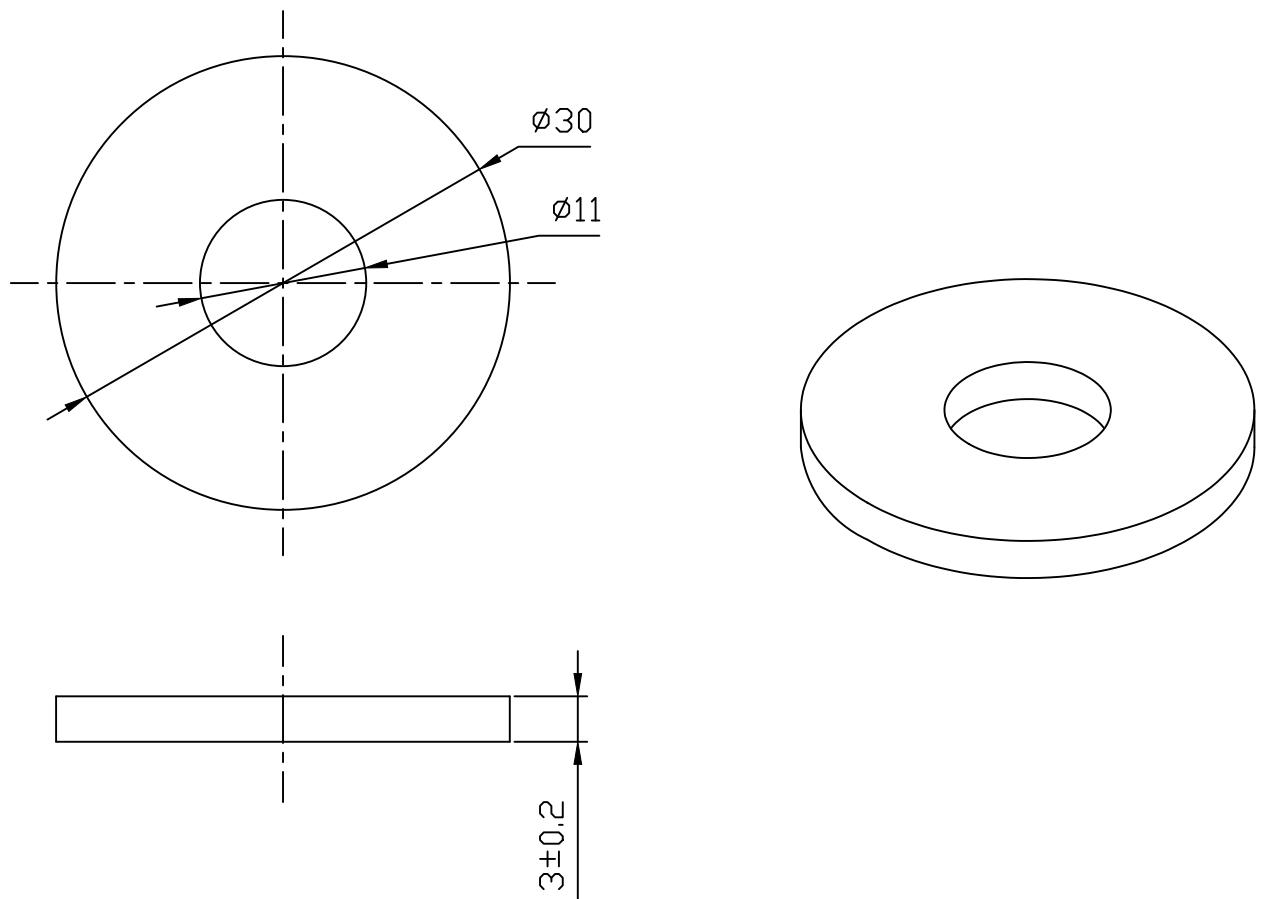
Universidad de Vigo

ESCALA

1:2

Nº DE PLANO

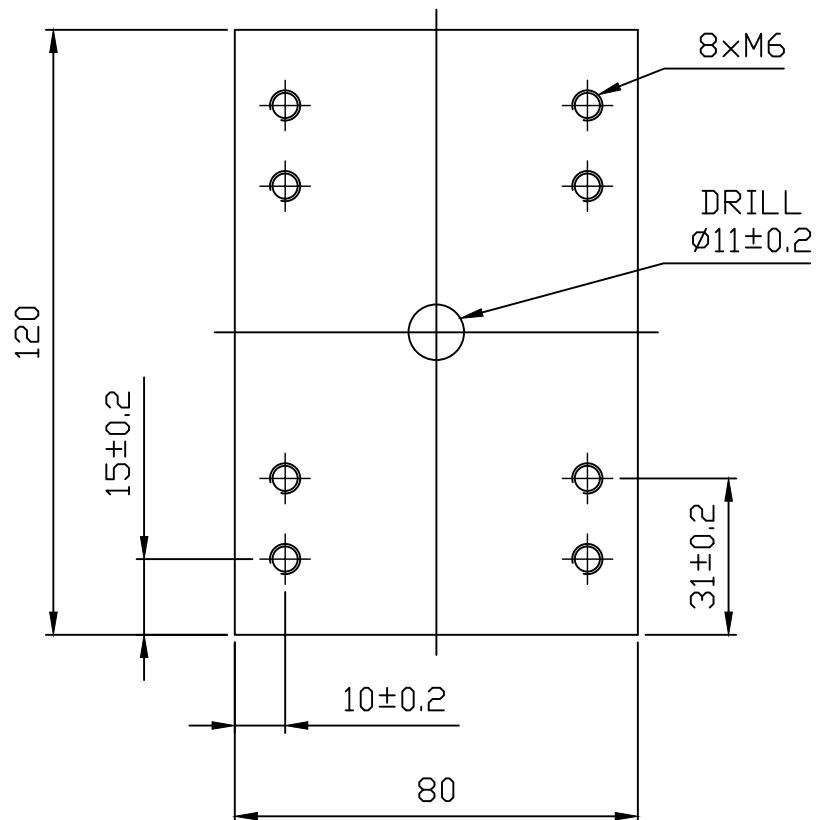
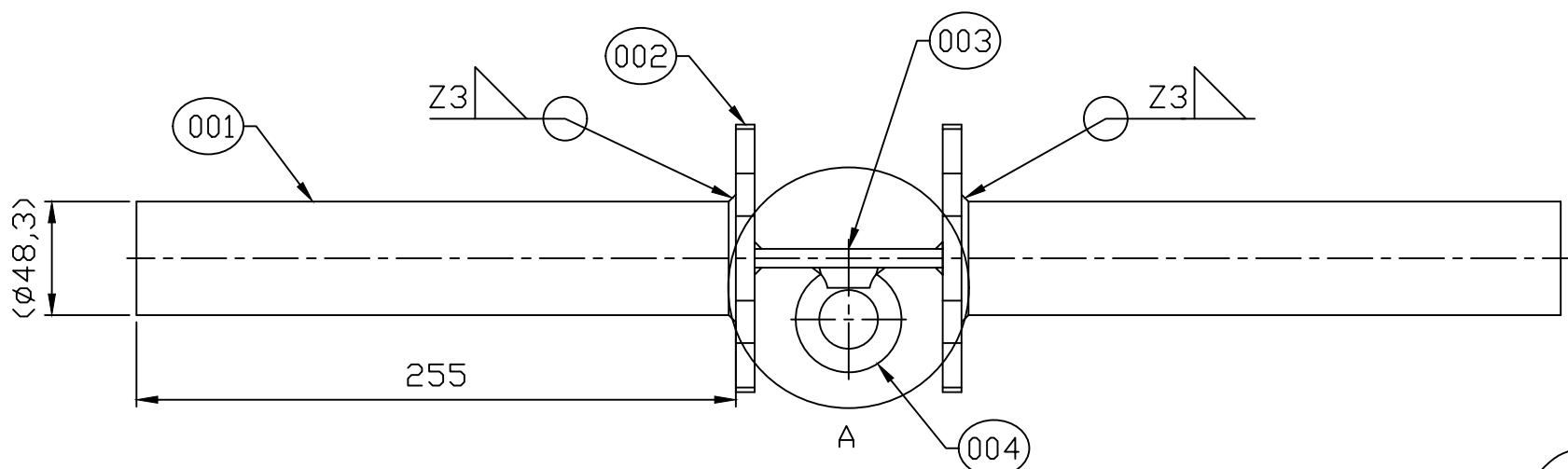
1021



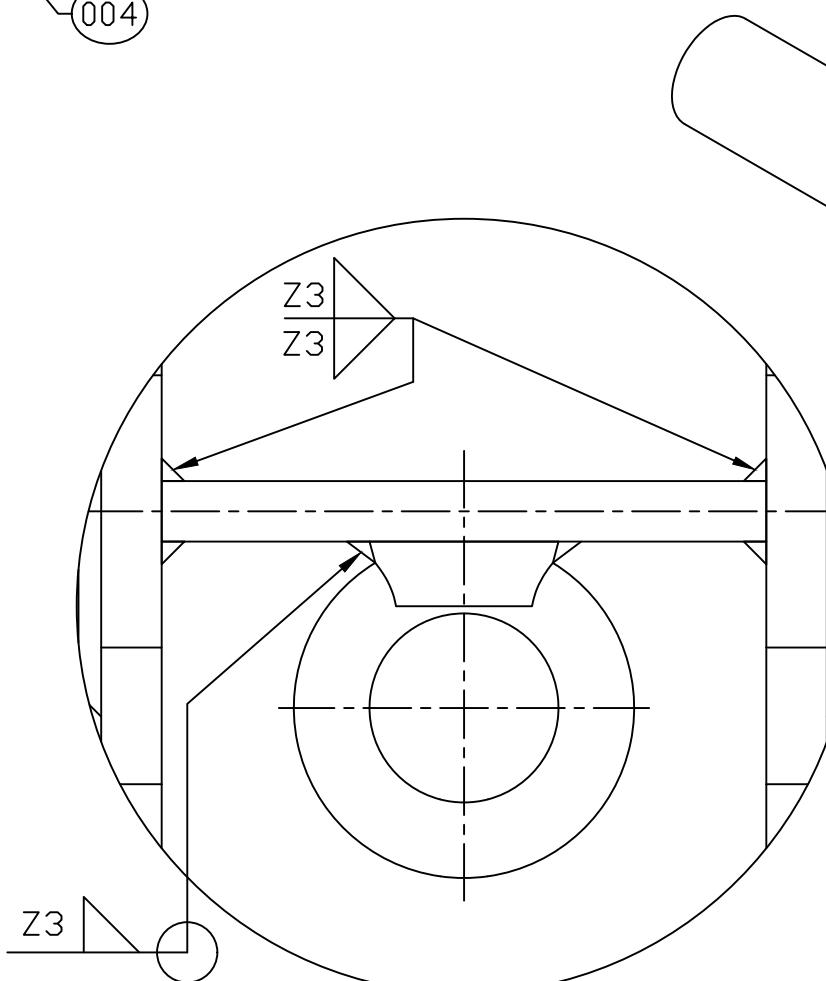
Notas:

1. En impresora 3D

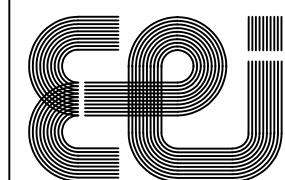
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Pieza (Impresion 3D)	PLA
INGENIERO	PROYECTO	<p>Sergio Moldes Alvarez</p> <p>PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico</p> <p>PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo</p> <p>SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población, Provincia</p>	<p>Universidade Vigo</p>
REFERENCIA	PLAN	RACK	
FECHA	TAPA SOPORTE	17/08/2021	<p>ESCALA</p> <p>2:1</p> <p>Nº DE PLANO</p> <p>1022</p>



DETALLE ITEM 003  
ESCALA 1:2

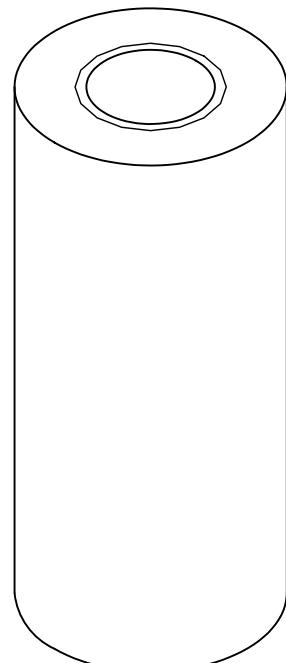
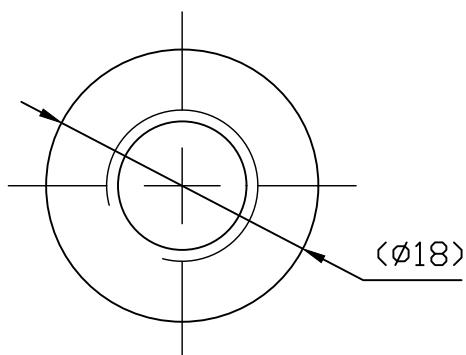
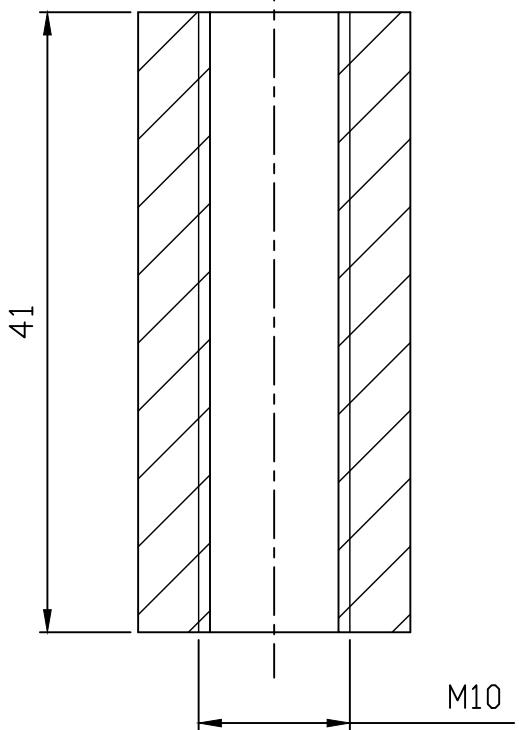


INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población, Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE PESO
ESCALA 1:3	
Nº DE PLANO 1023	



Universidade Vigo

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	1	Tubo Ø48,3 e2,5	S275JR
002	2	Chapa e8 (láser)	S275JR
003	1	Chapa e8 (láser)	S275JR
004	1	DIN 580 M10	Comercial

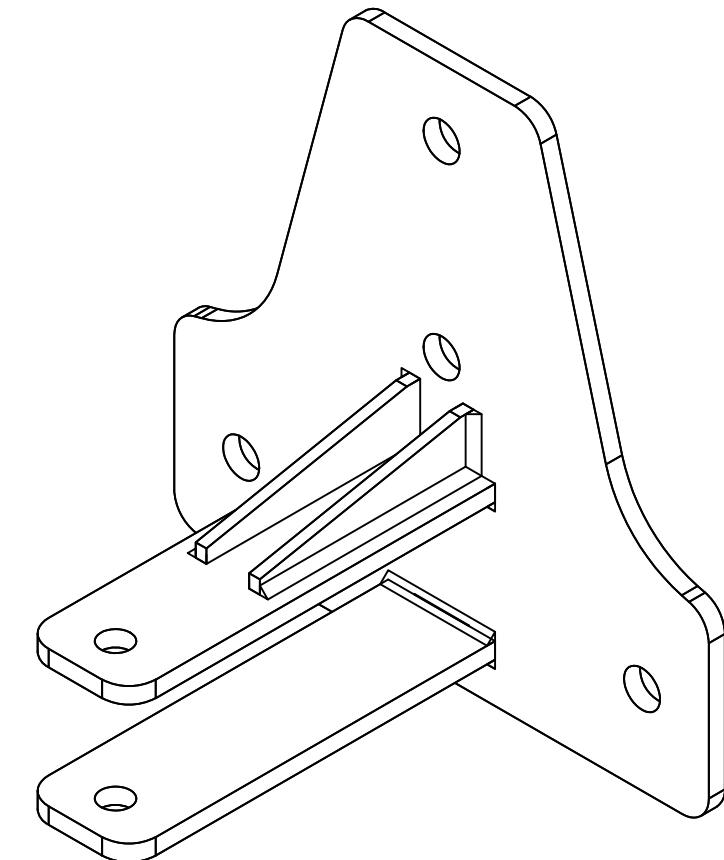
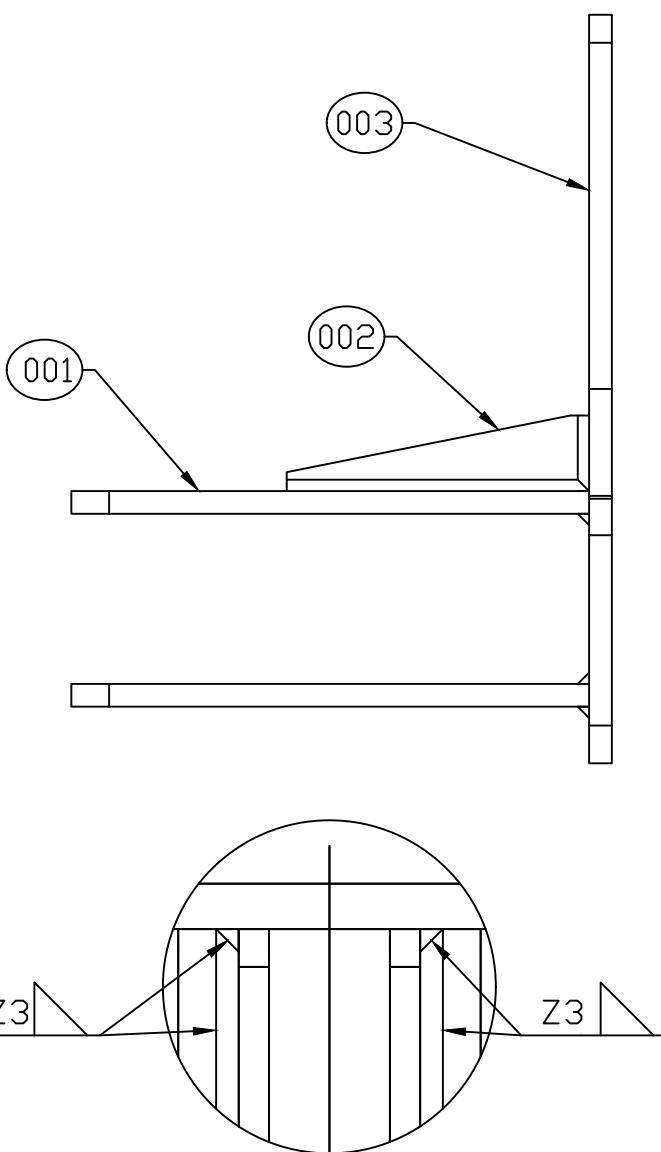
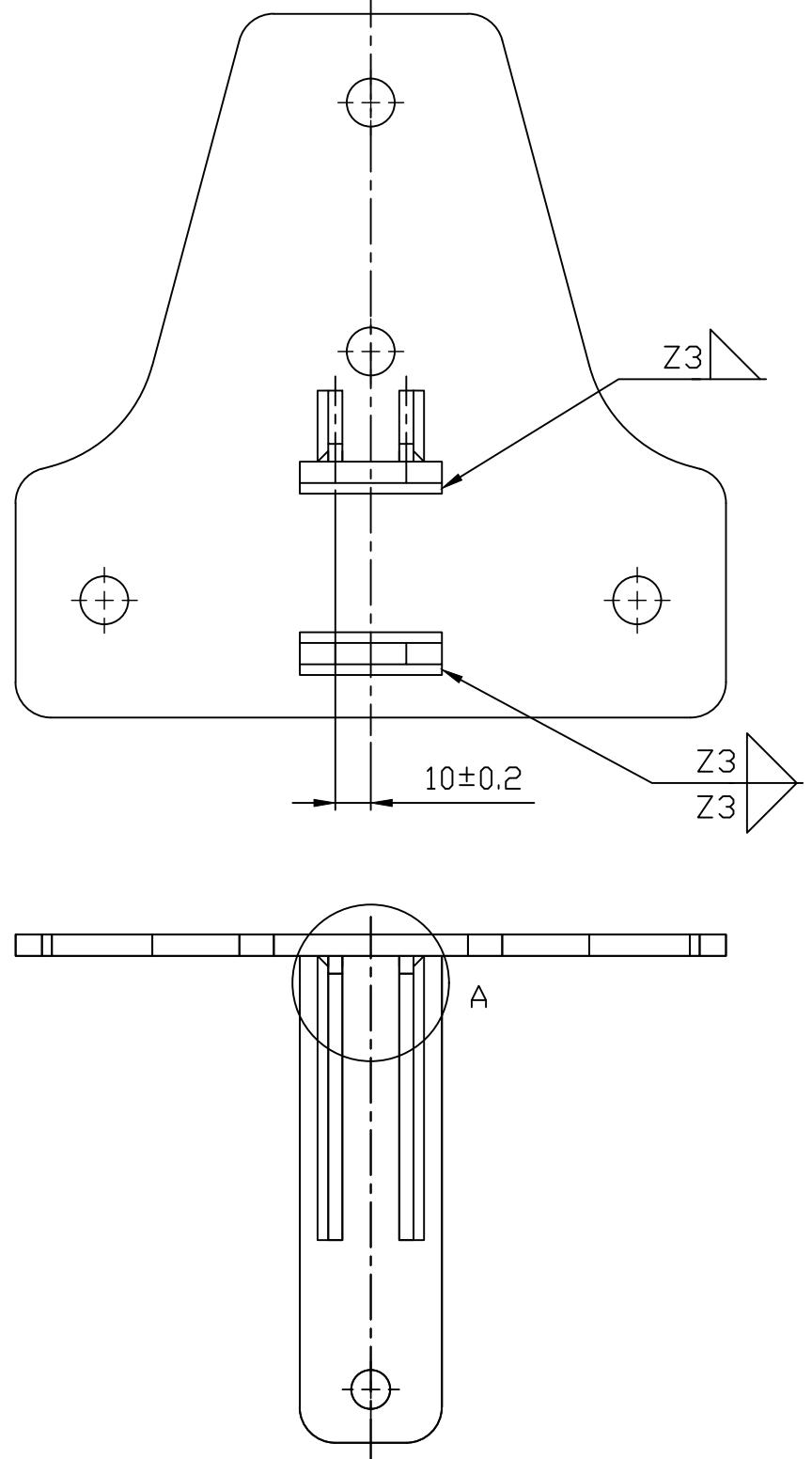


Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Tubo macizo Ø18	S235JR

INGENIERO	PROYECTO	ESPU
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico	Universidade Vigo
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo	
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto	
FECHA	Población, Provincia	
17/08/2021	PLANO	
	CASQUILLO INFERIOR	
		ESCALA
		2:1
		Nº DE PLANO
		1024



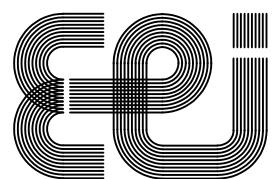
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001 R=10mm
4. Radios de redondeo item 003 R=10mm

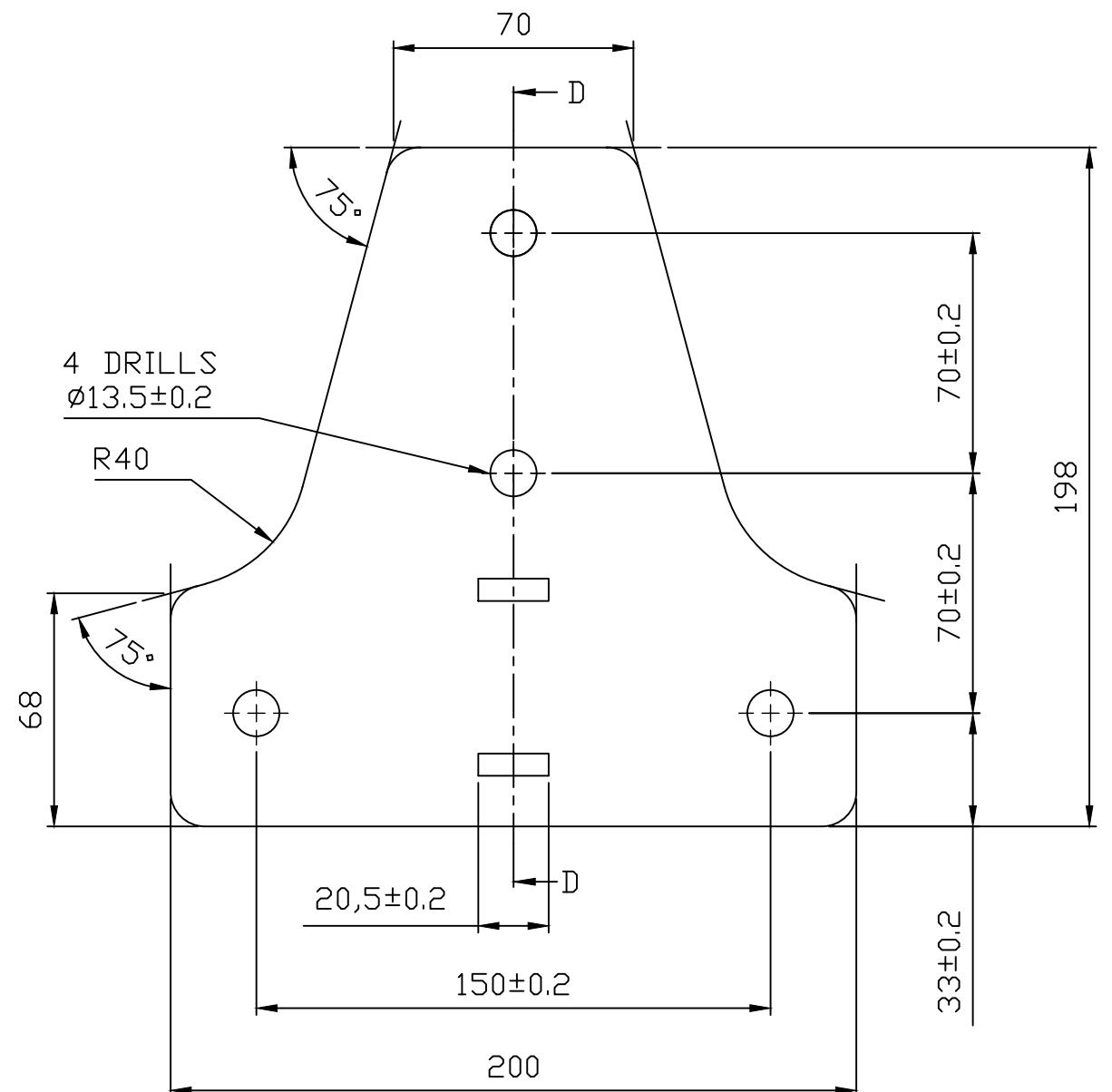
Hoja 1/3

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	2	Chapa e6 (láser)	S275JR
002	2	Chapa e4 (láser)	S275JR
003	1	Chapa e6 (láser)	S275JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE POLA SUELLO
ESCALA	1:2
Nº DE PLANO	1025

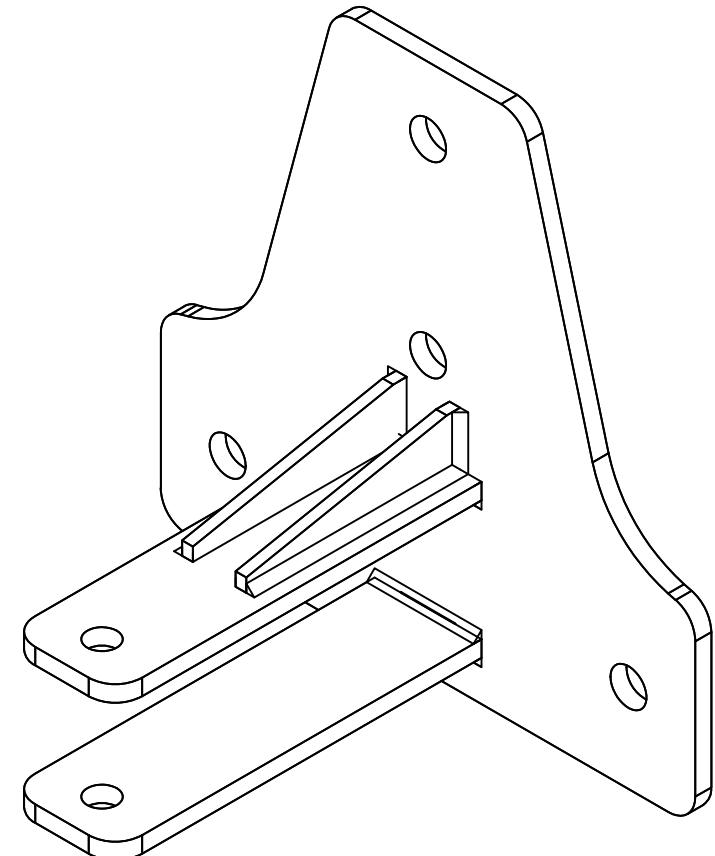
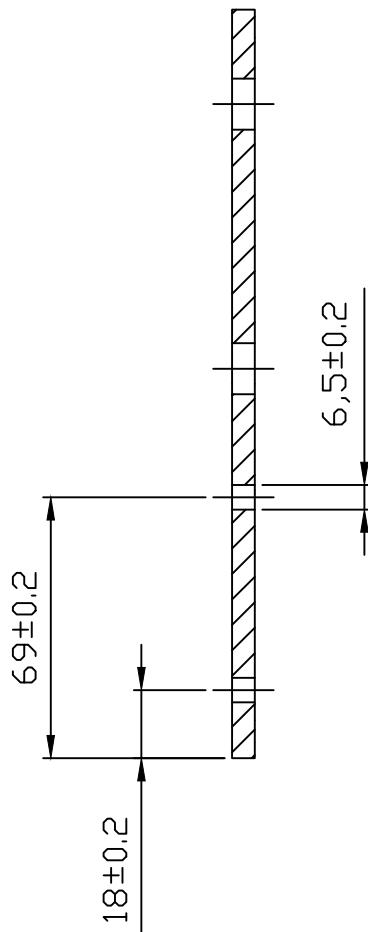


Universidad de Vigo



DETALLE ITEM 003

SECCIÓN D-D



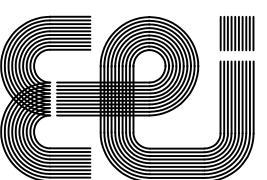
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001 R=10mm
4. Radios de redondeo item 003 R=10mm

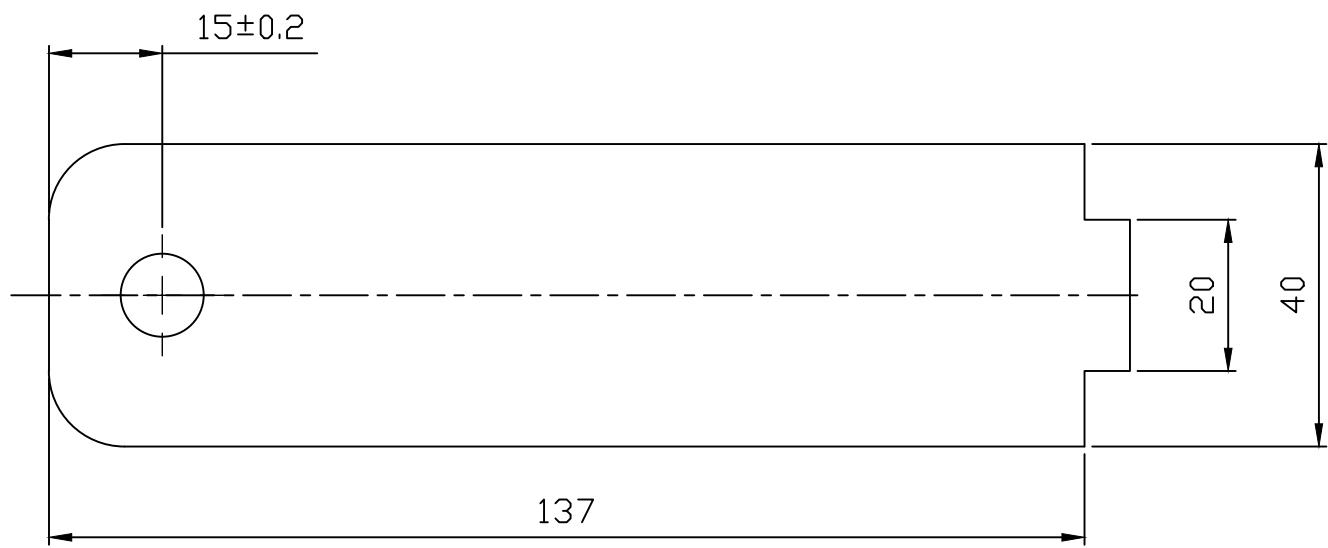
Hoja 2/3

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	2	Chapa e6 (láser)	S275JR
002	2	Chapa e4 (láser)	S275JR
003	1	Chapa e6 (láser)	S275JR

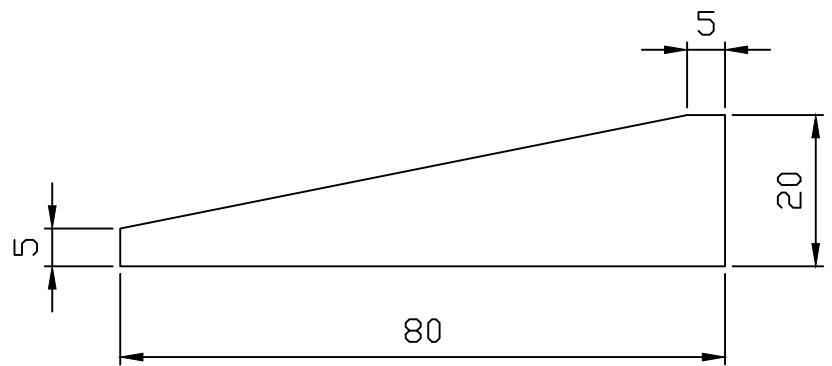
INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE POLA SUELLO
ESCALA	1:2
Nº DE PLANO	1025



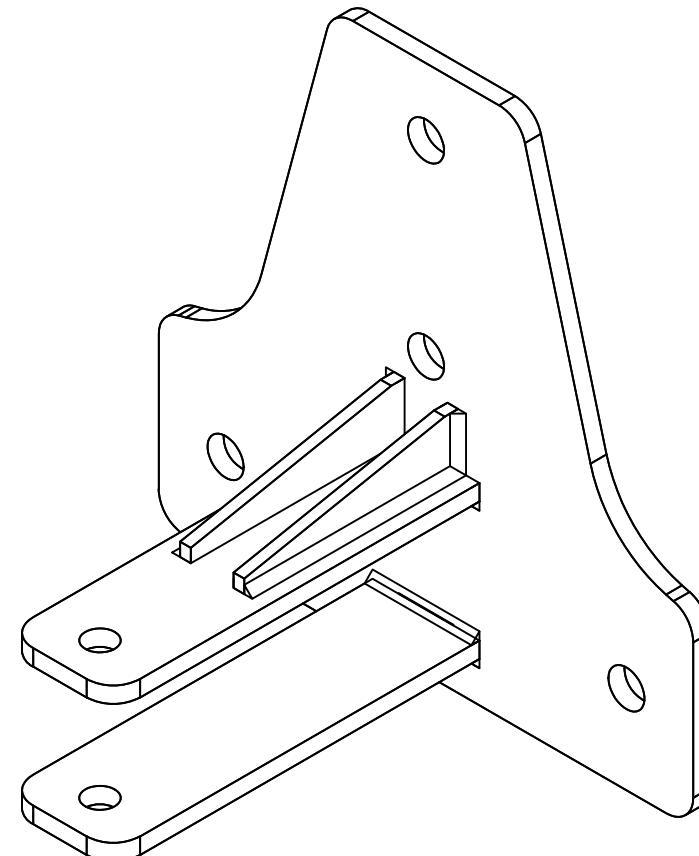
Universidad de Vigo



DETALLE ITEM 001 ESCALA 1:1



DETALLE ITEM 002 ESCALA 1:1



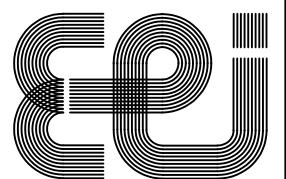
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001 R=10mm
4. Radios de redondeo item 003 R=10mm

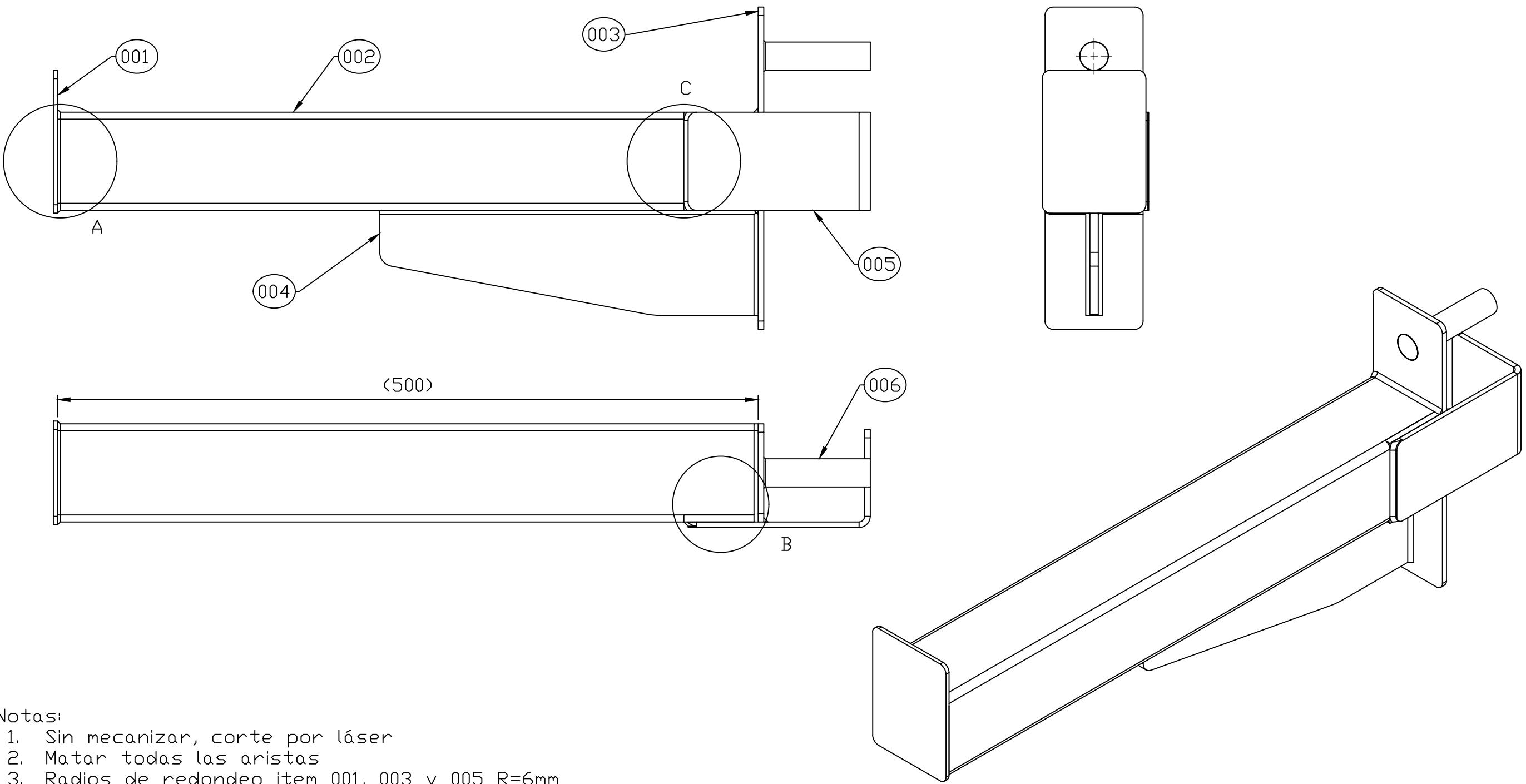
Hoja 3/3

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	2	Chapa e6 (láser)	S275JR
002	2	Chapa e4 (láser)	S275JR
003	1	Chapa e6 (láser)	S275JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE POLA SUELLO
ESCALA	1:2
Nº DE PLANO	1025



Universidad de Vigo



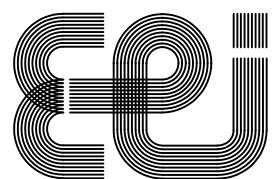
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001, 003 y 005 R=6mm
4. Radios de redondeo item 004 R=10mm

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e3 (láser)	S275JR
002	1	Tubo 70*70*3 long 500	S275JR
003	1	Chapa e4 (láser)	S275JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S275JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S275JR
006	1	Tubo Ø20.1	S275JR

Hoja 1/3

INGENIERO Sergio Moldes Alvarez	PROYECTO Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA RACK	PETICIONARIO E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA 17/08/2021	SITUACIÓN Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO SOPORTE QUITAMIEDOS IZQUIERDO	
ESCALA 1:3	
Nº DE PLANO 1026	



Universidad de Vigo

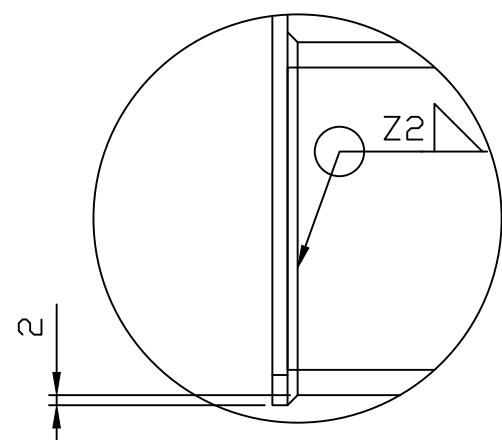
ESCALA

1:3

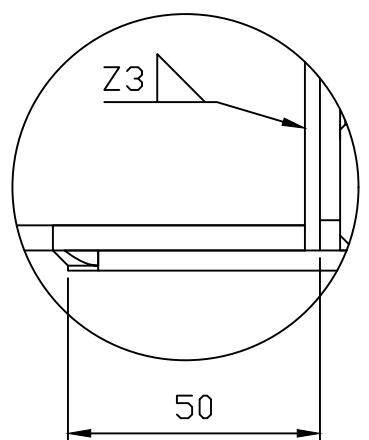
Nº DE PLANO

1026

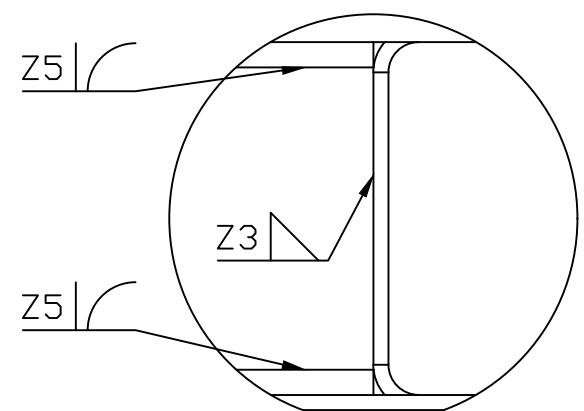
DETALLES SOLDADURAS



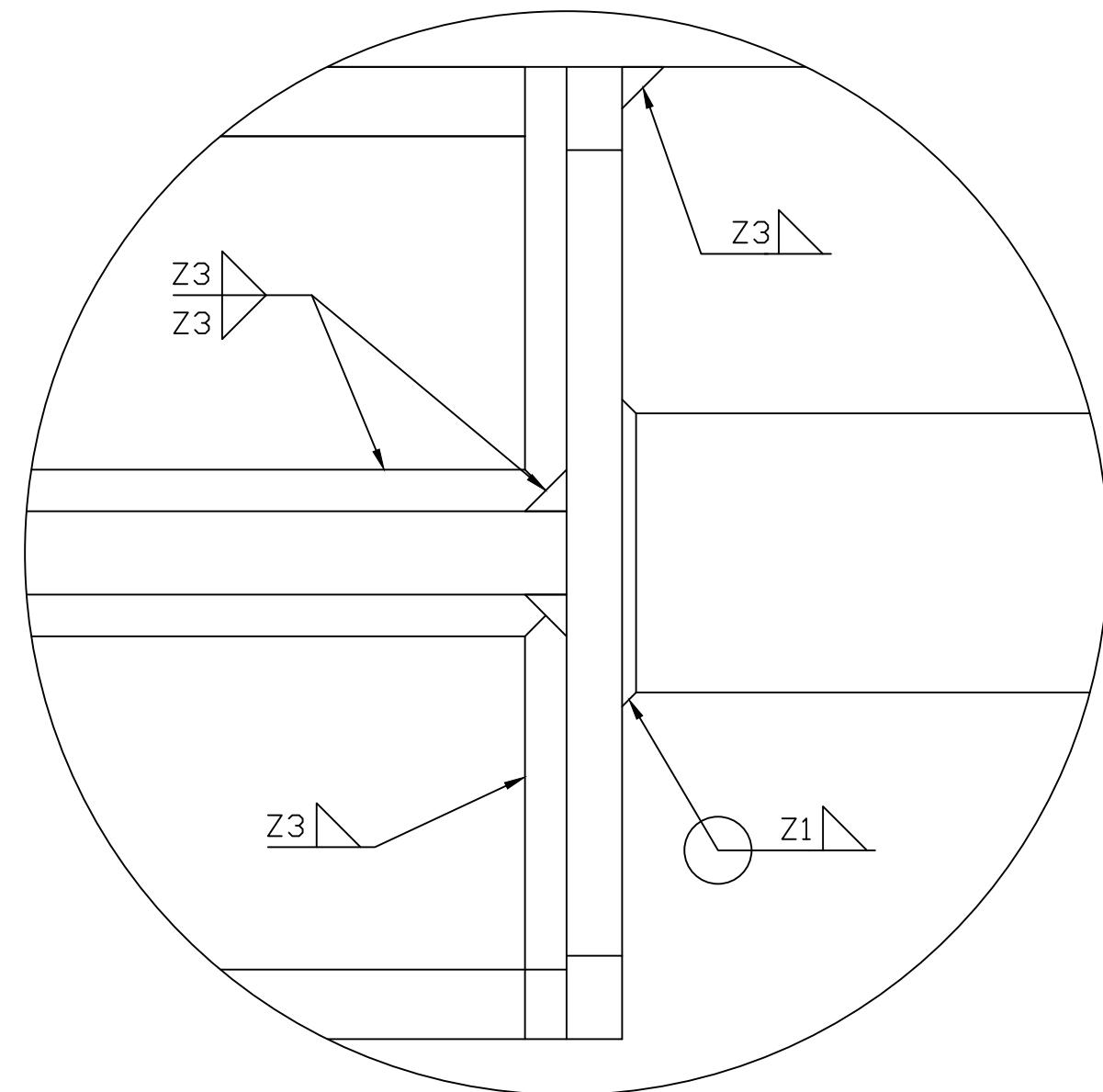
DETALLE A



DETALLE B



DETALLE C



DETALLE VISTA INFERIOR  
ESCALA 2:1

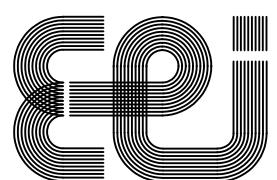
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001, 003 y 005 R=6mm
4. Radios de redondeo item 004 R=10mm

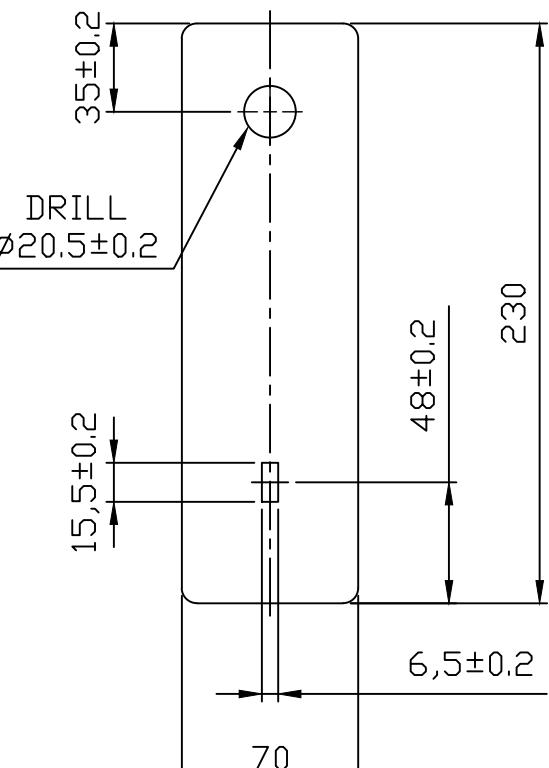
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e3 (láser)	S275JR
002	1	Tubo 70*70*3 long 500	S275JR
003	1	Chapa e4 (láser)	S275JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S275JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S275JR
006	1	Tubo Ø20.1	S275JR

Hoja 2/3

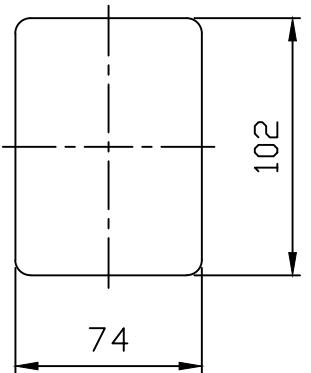
INGENIERO  Sergio Moldes Alvarez	PROYECTO  Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA  RACK	PETICIONARIO E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA  17/08/2021	SITUACIÓN Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO  SOPORTE QUITAMIEDOS IZQUIERDO	
ESCALA 1:1.5	
Nº DE PLANO 1026	



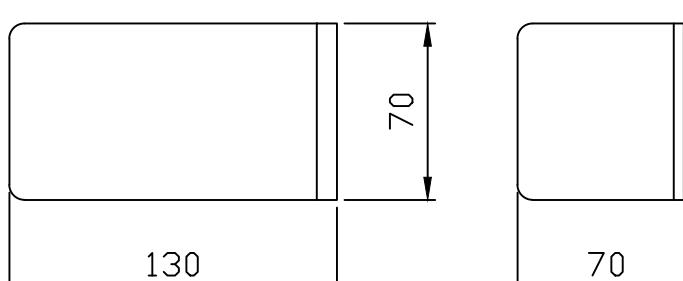
Universidad de Vigo



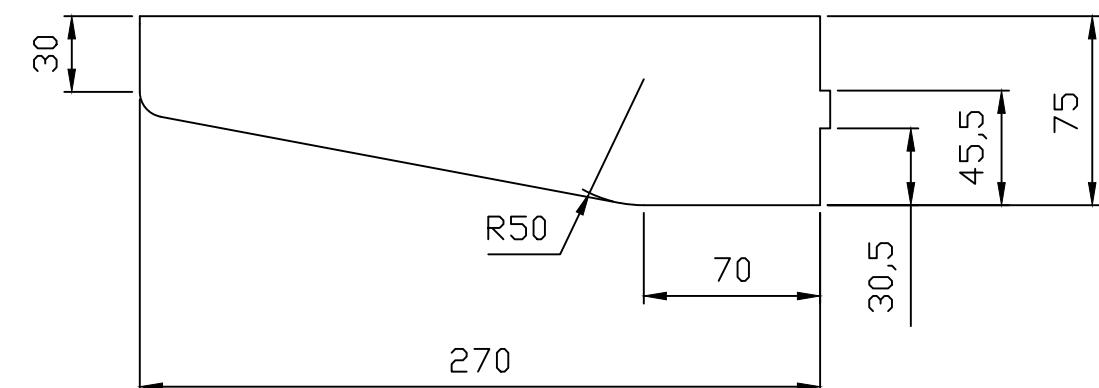
DETALLE ITEM 003



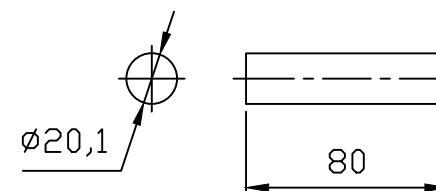
DETALLE ITEM 001



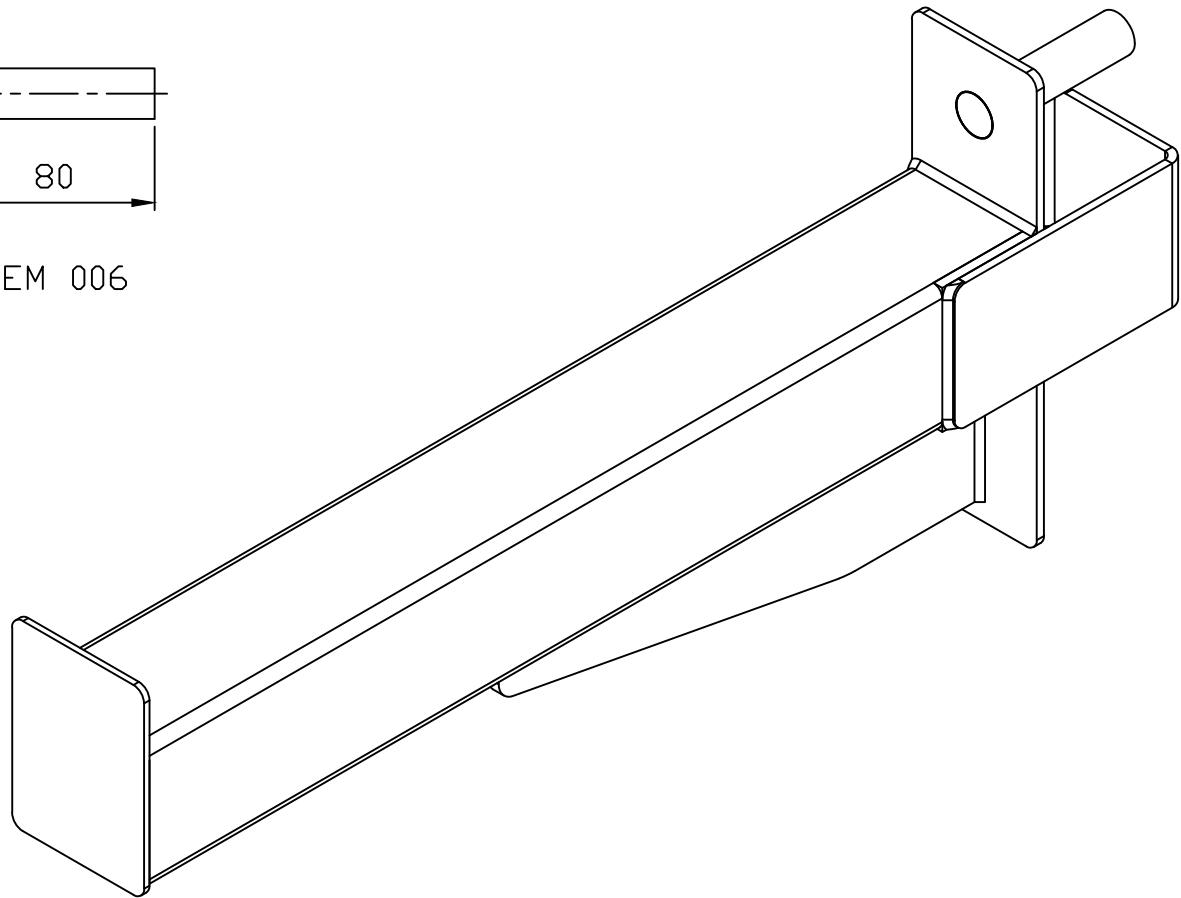
DETALLE ITEM 005



DETALLE ITEM 004



DETALLE ITEM 006



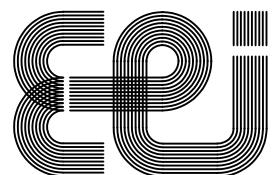
## Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001, 003 y 005 R=6mm
4. Radios de redondeo item 004 R=10mm

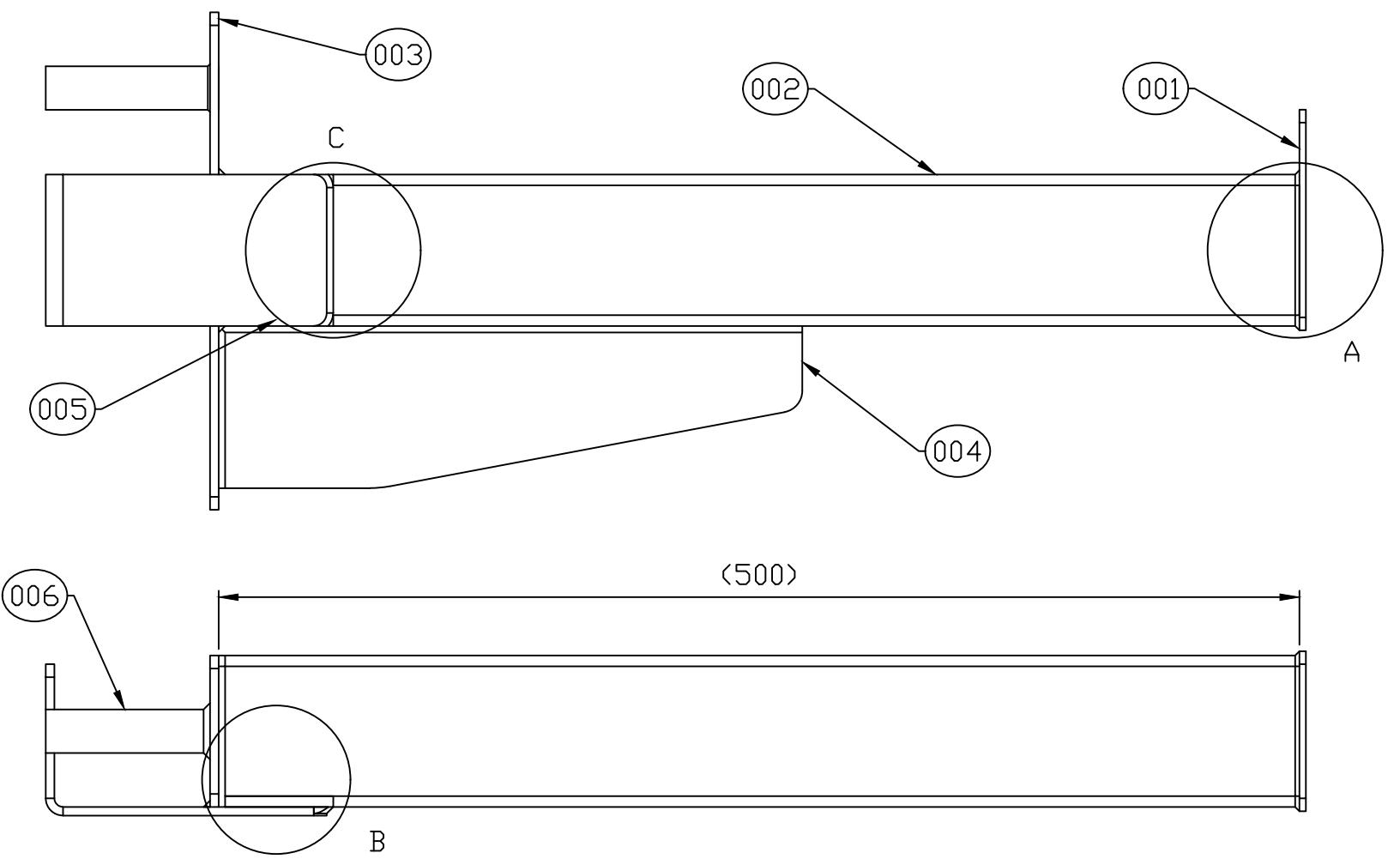
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e3 (láser)	S275JR
002	1	Tubo 70*70*3 long 500	S275JR
003	1	Chapa e4 (láser)	S275JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S275JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S275JR
006	1	Tubo Ø20,1	S275JR

Hoja 3/3

INGENIERO Sergio Moldes Alvarez	PROYECTO Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA RACK	PETICIONARIO E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA 17/08/2021	SITUACIÓN Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLAN SOPORTE QUITAMIEDOS IZQUIERDO	
ESCALA 1:3	
Nº DE PLANO 1026	



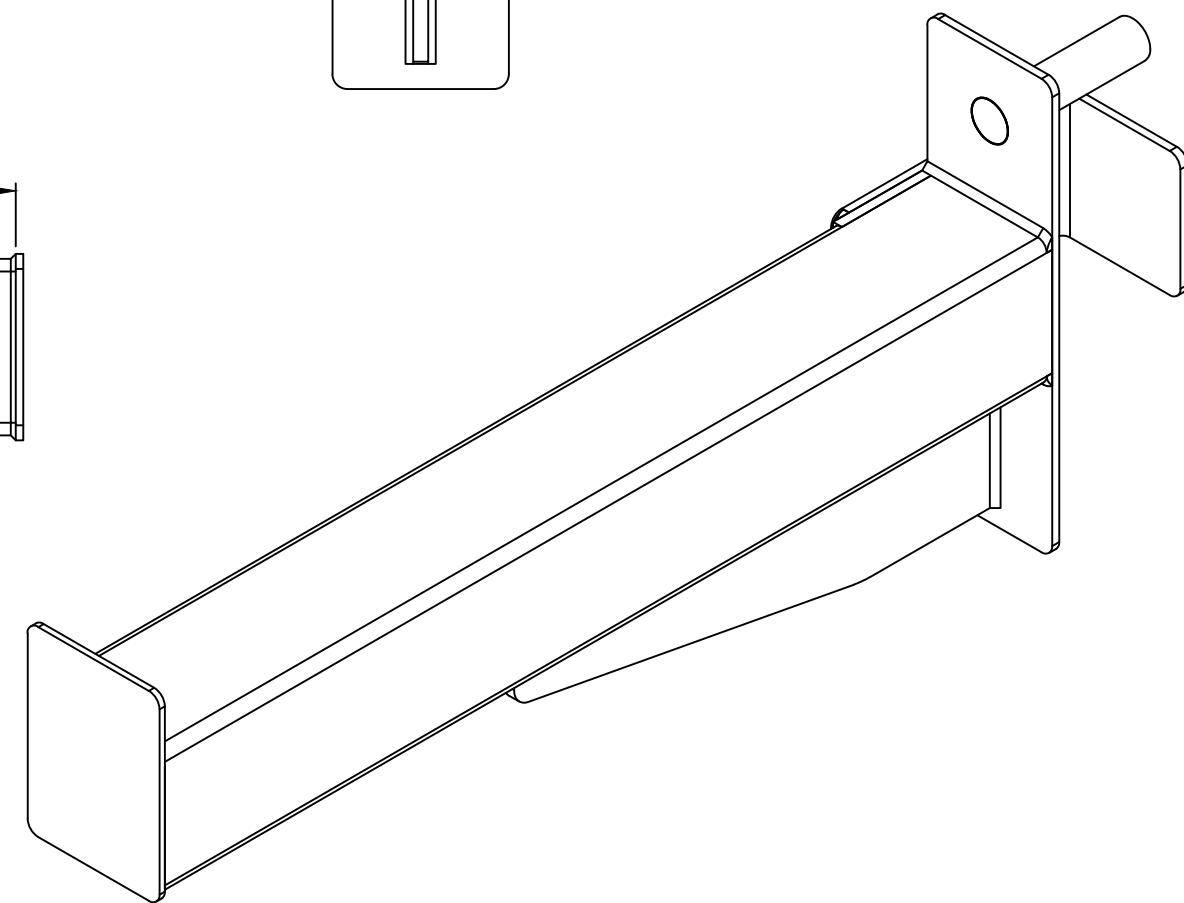
Universidade Vigo



Notas:

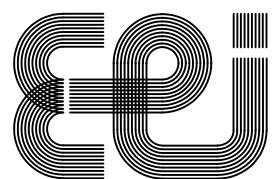
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001, 003 y 005 R=6mm
4. Radios de redondeo item 004 R=10mm

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e3 (láser)	S275JR
002	1	Tubo 70*70*3 long 500	S275JR
003	1	Chapa e4 (láser)	S275JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S275JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S275JR
006	1	Tubo Ø20.1	S275JR



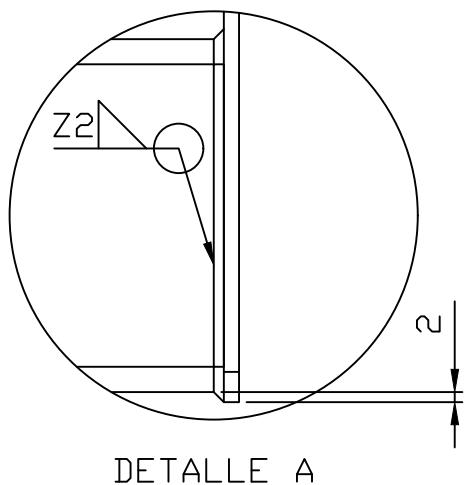
Hoja 1/3

INGENIERO Sergio Moldes Alvarez	PROYECTO Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA RACK	PETICIONARIO E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA 17/08/2021	SITUACIÓN Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO SOPORTE QUITAMIEDOS DERECHO	
ESCALA 1:3	
Nº DE PLANO 1027	

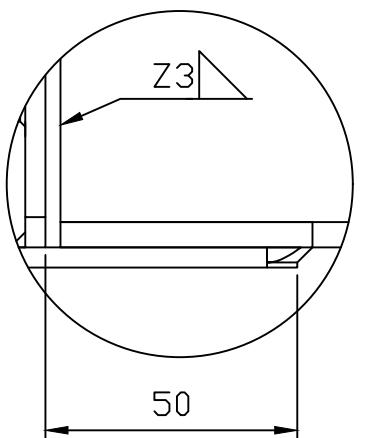


Universidad de Vigo

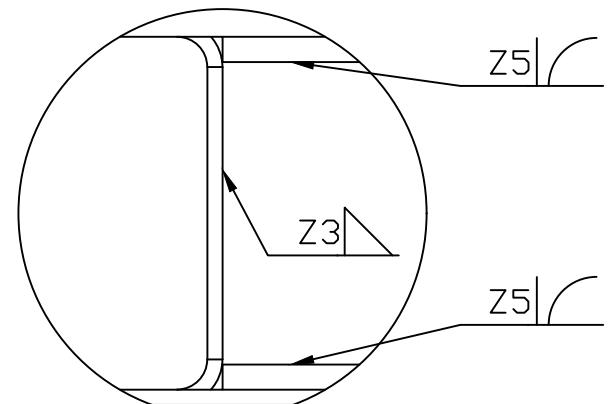
DETALLES SOLDADURAS



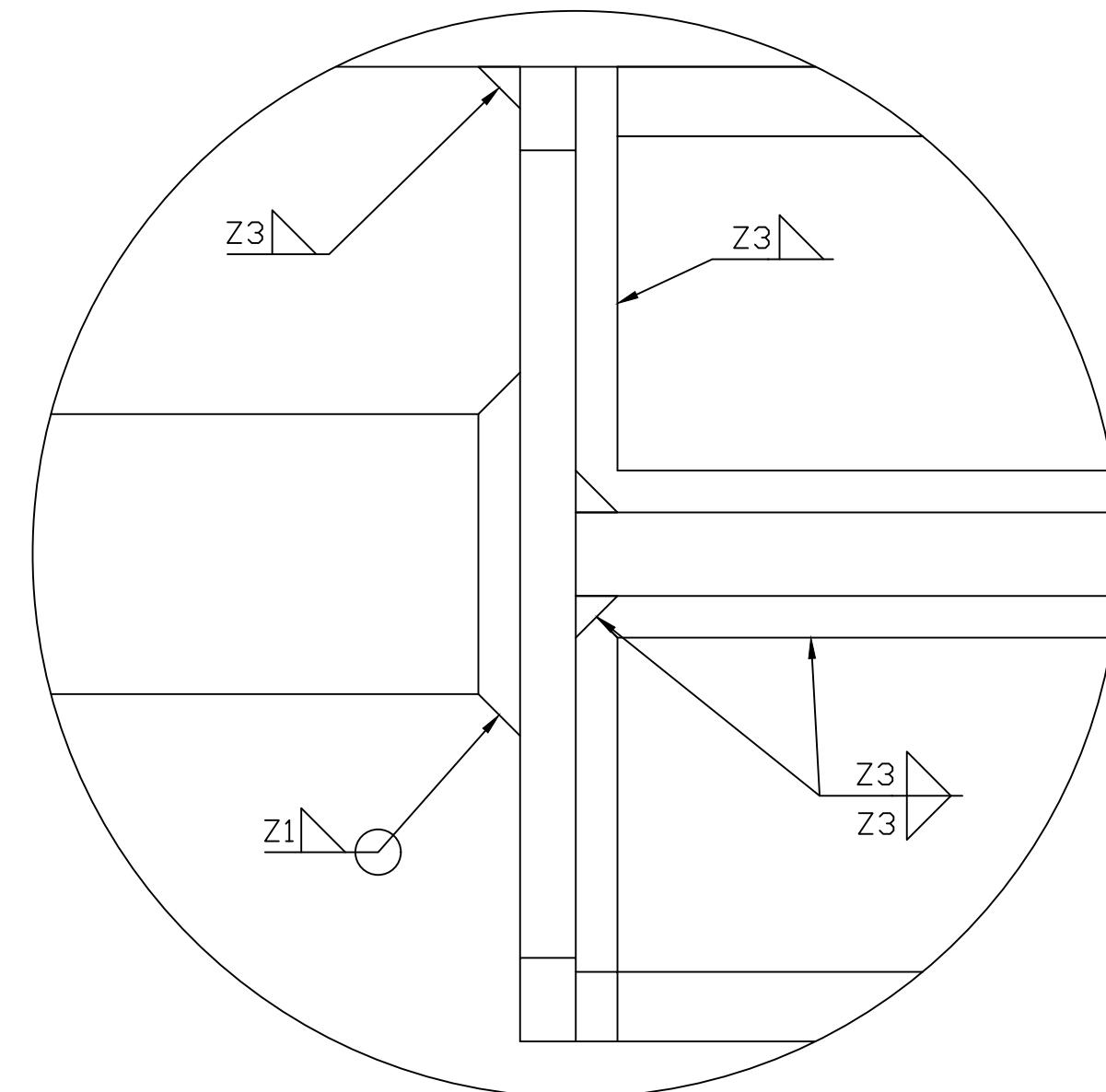
DETALLE A



DETALLE B



DETALLE C



DETALLE VISTA INFERIOR  
ESCALA 2:1

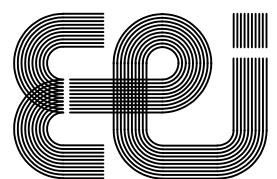
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001, 003 y 005 R=6mm
4. Radios de redondeo item 004 R=10mm

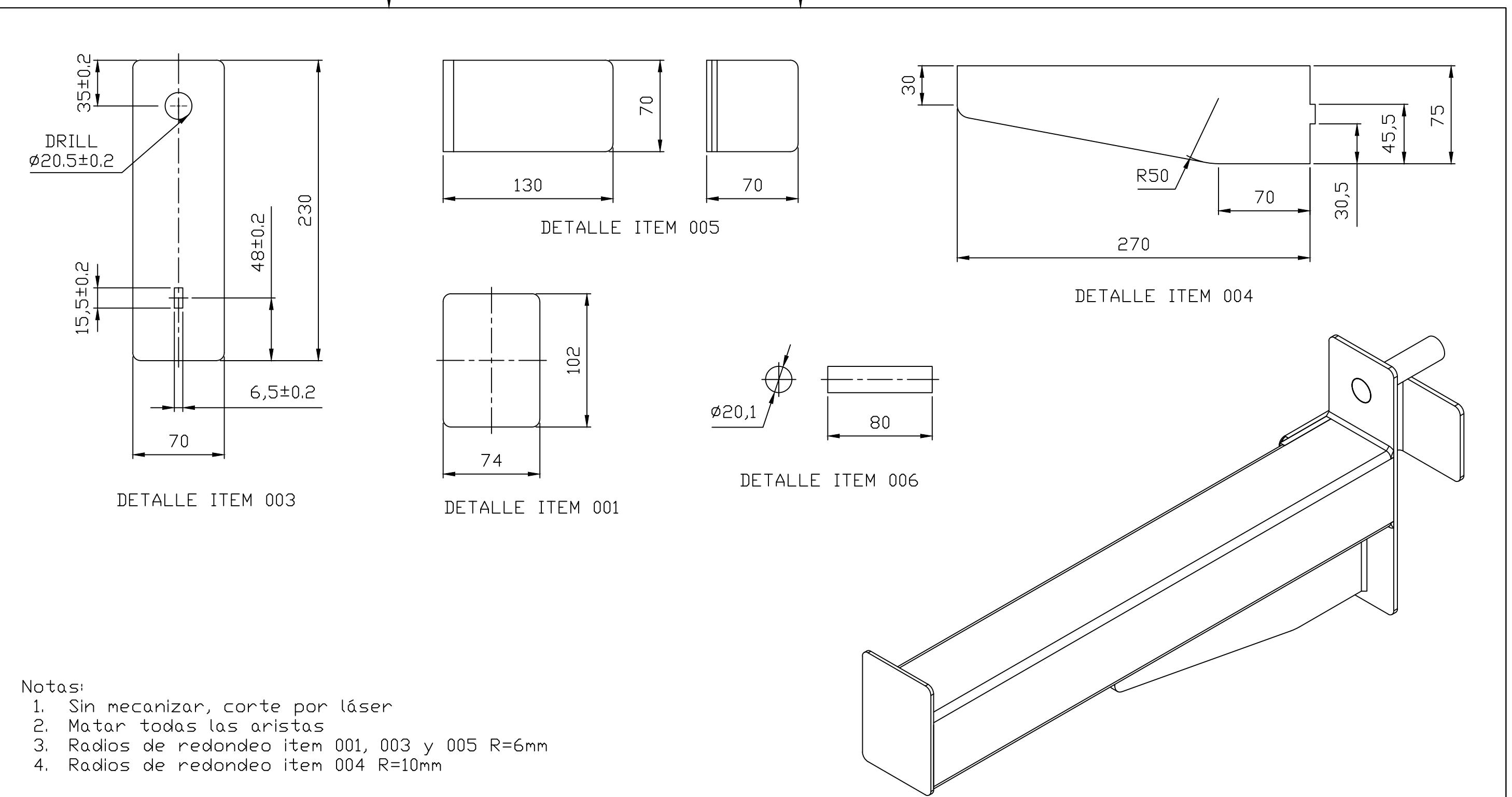
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e3 (láser)	S275JR
002	1	Tubo 70*70*3 long 500	S275JR
003	1	Chapa e4 (láser)	S275JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S275JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S275JR
006	1	Tubo Ø20.1	S275JR

Hoja 2/3

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población, Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	SOPORTE QUITAMIEDOS DERECHO
ESCALA	
1:1	
Nº DE PLANO	
1027	

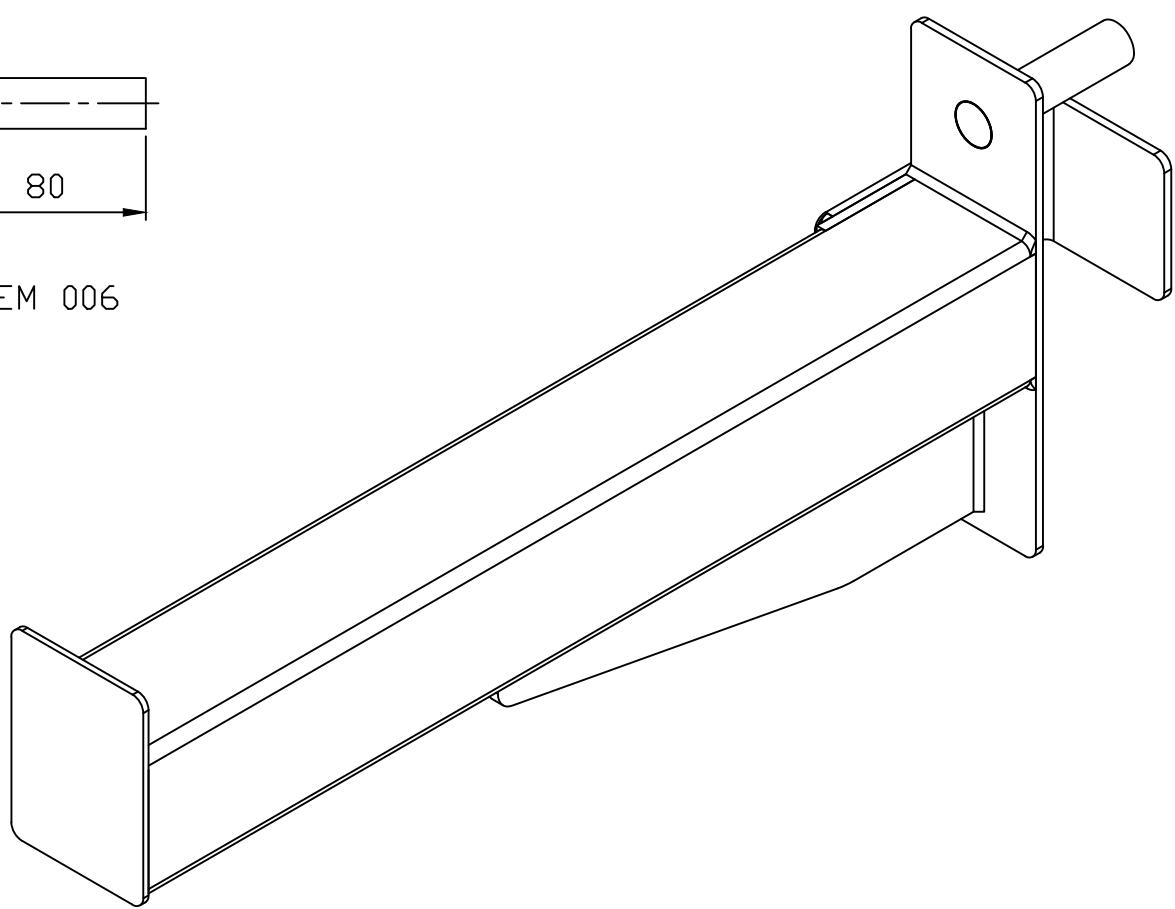


Universidad de Vigo



Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001, 003 y 005 R=6mm
4. Radios de redondeo item 004 R=10mm

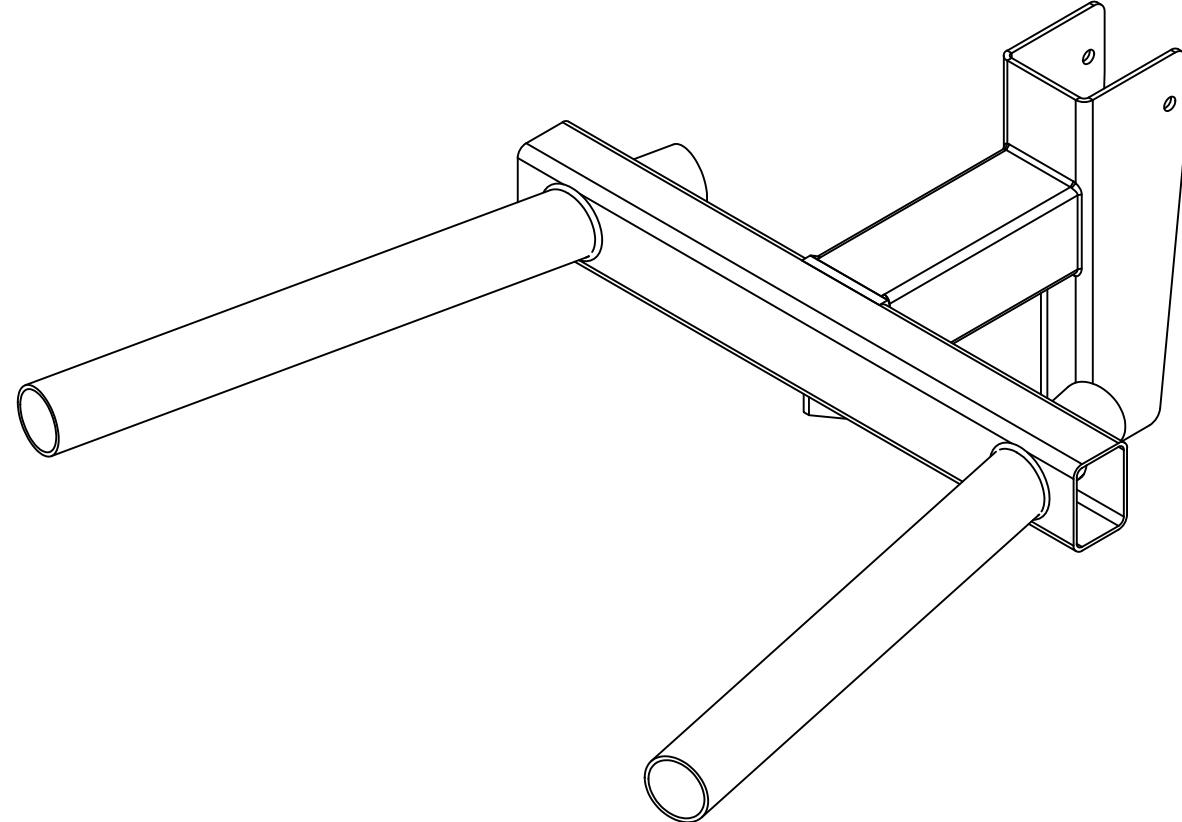
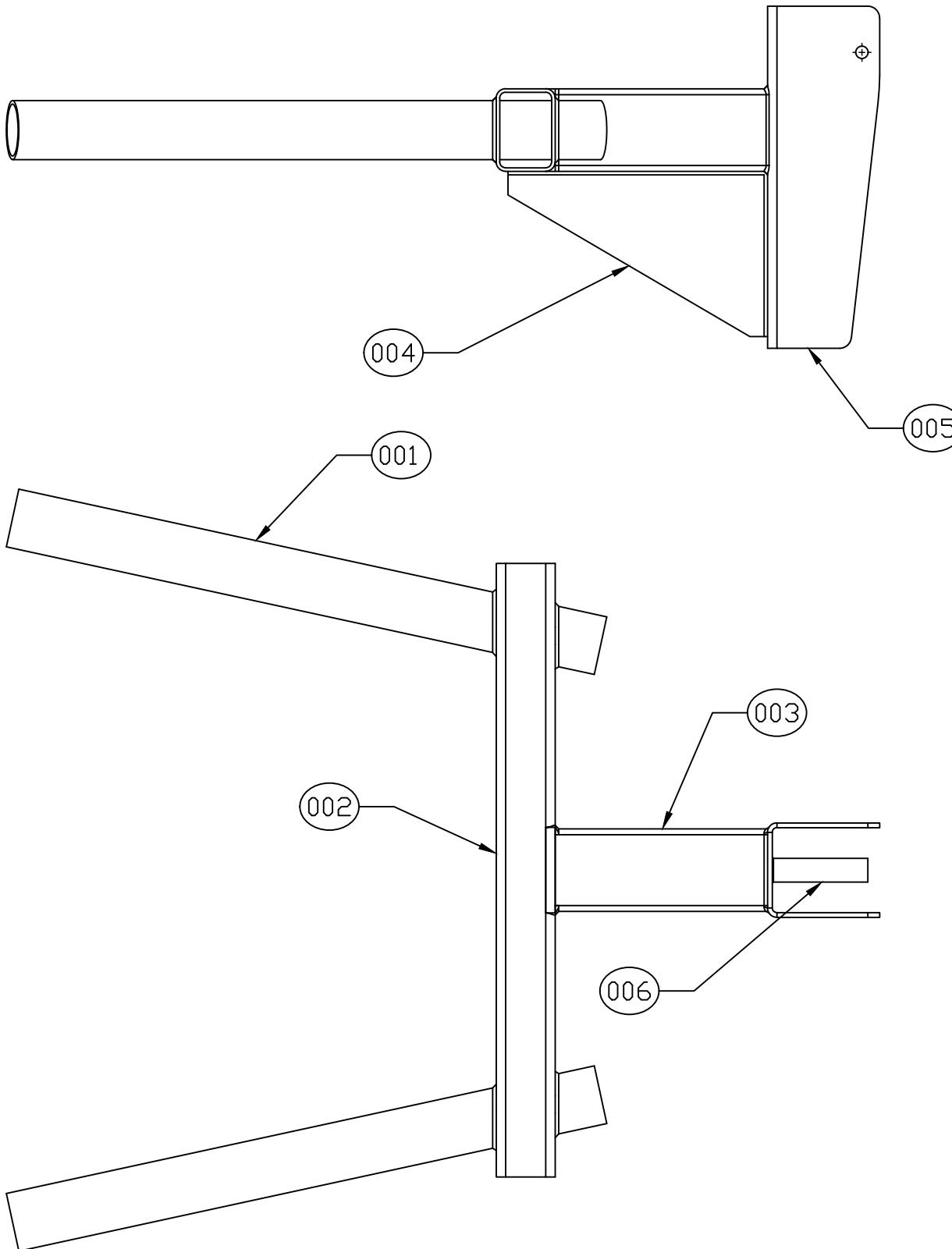


ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa e3 (láser)	S275JR
002	1	Tubo 70*70*3 long 500	S275JR
003	1	Chapa e4 (láser)	S275JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S275JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S275JR
006	1	Tubo $\varnothing 20.1$	S275JR

Hoja 3/3

INGENIERO Sergio Moldes Alvarez	PROYECTO Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA RACK	PETICIONARIO E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA 17/08/2021	SITUACIÓN Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO SOPORTE QUITAMIEDOS DERECHO	
ESCALA 1:3	
Nº DE PLANO 1027	

**EPI**  
Universidade Vigo

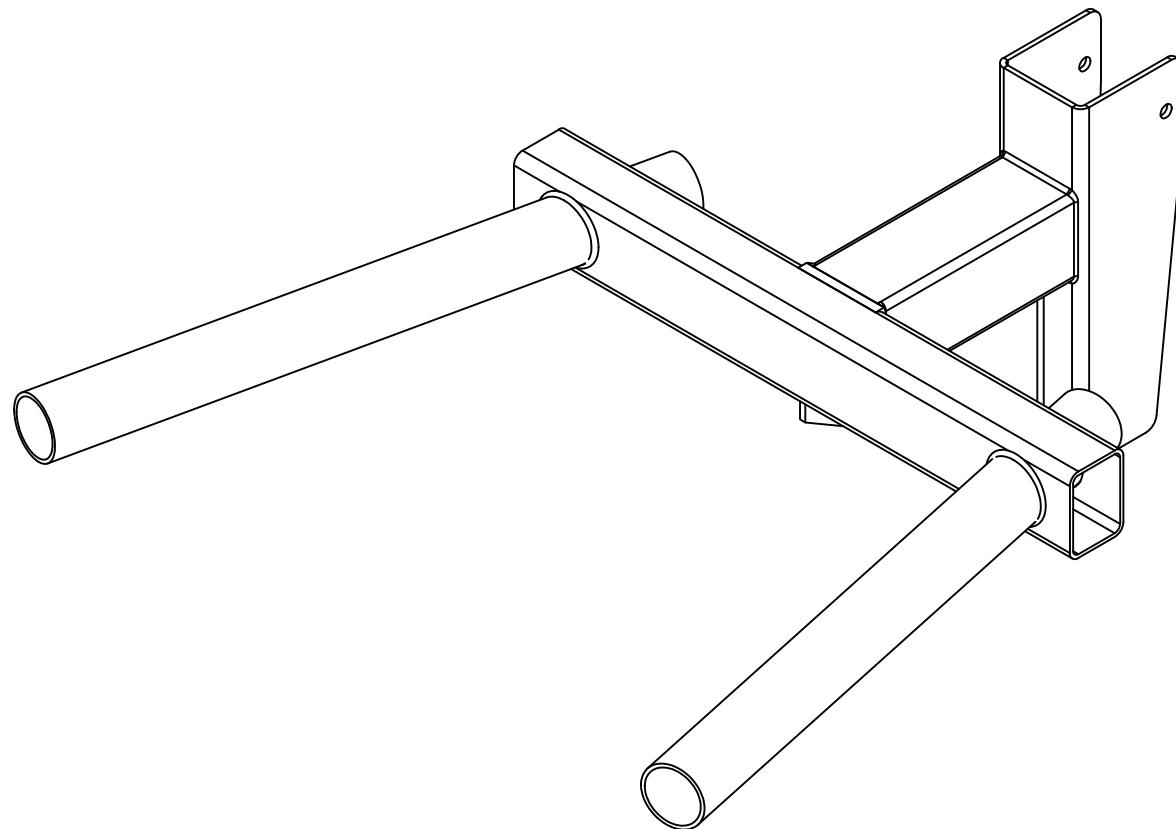
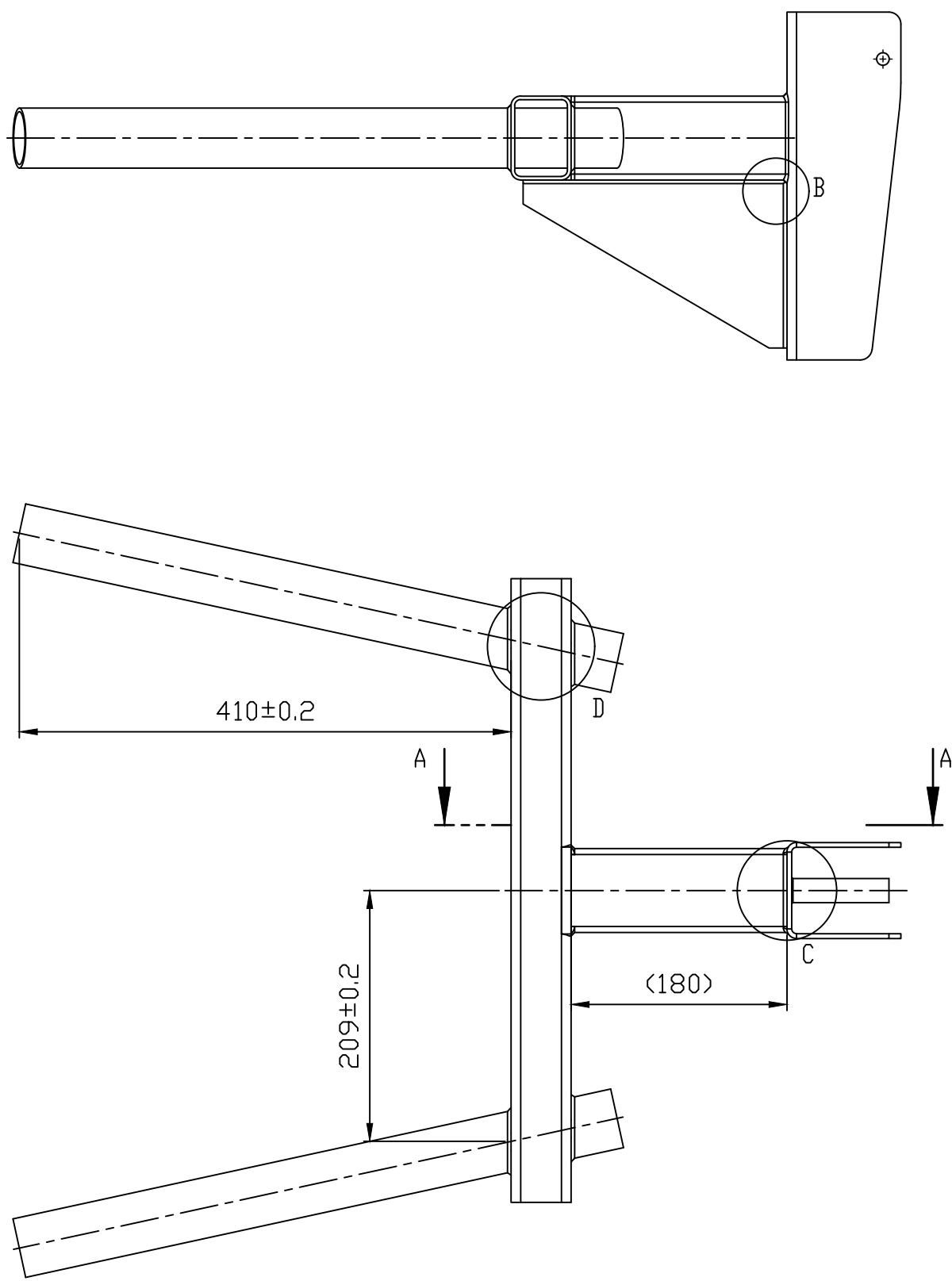


ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	2	Tubo ø50 e3	S235JR
002	1	Tubo 70*50*3 long 520	S235JR
003	1	Tubo 70*70*3 long 180	S235JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S235JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S235JR
006	1	Tubo ø21.1	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	BASE DIPS
ESCALA	1:5
Nº DE PLANO	1028

Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 005 R=10mm



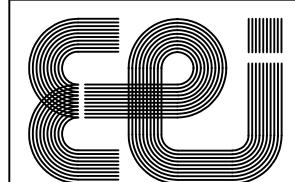
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 005 R=10mm

Hoja 2/5

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	2	Tubo ø50 e3	S235JR
002	1	Tubo 70*50*3 long 520	S235JR
003	1	Tubo 70*70*3 long 180	S235JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S235JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S235JR
006	1	Tubo ø21.1	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
REFERENCIA	PLANO
RACK	
FECHA	
17/08/2021	BASE DIPS



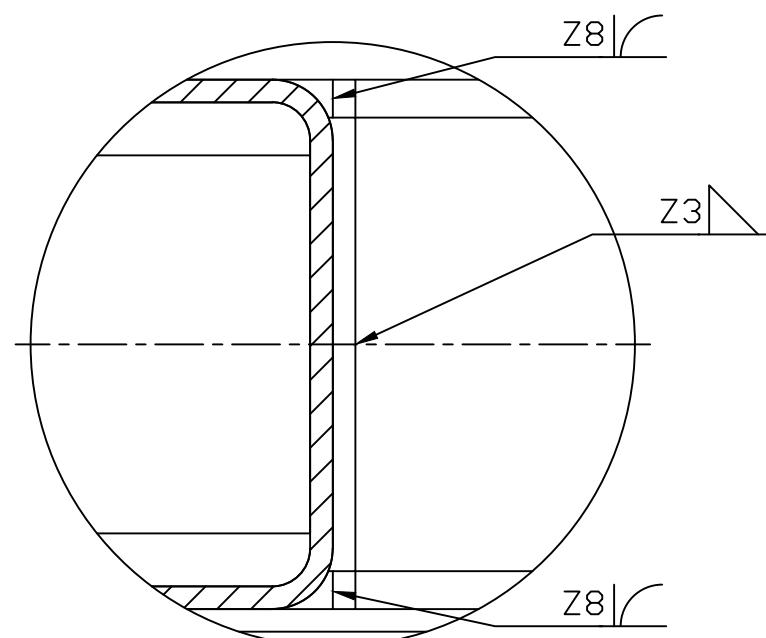
Universidad de Vigo

ESCALA

1:5

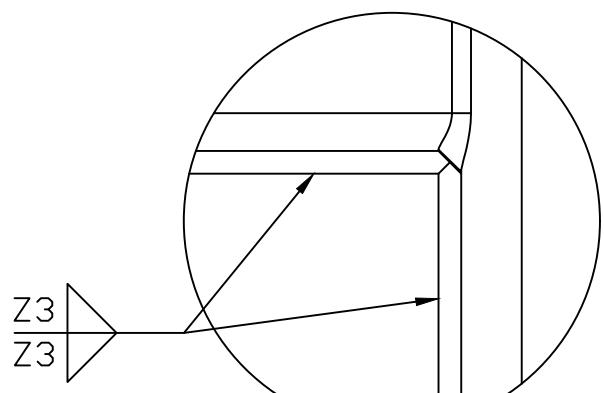
Nº DE PLANO

1028

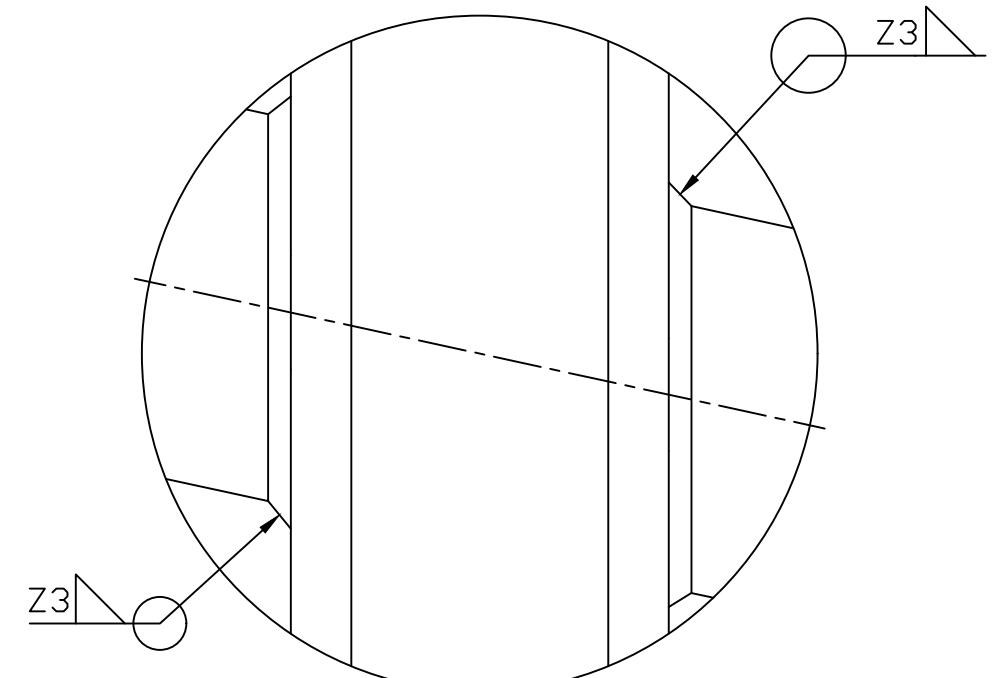


DETALLE  
SECCIÓN A-A

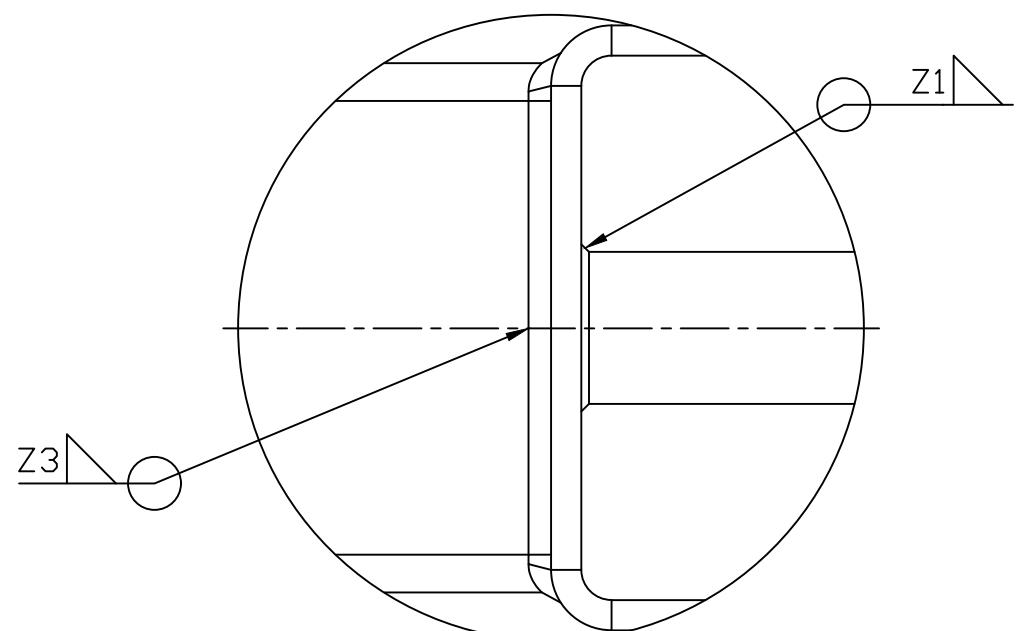
DETALLES SOLDADURAS



DETALLE B



DETALLE D



DETALLE C

Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 005 R=10mm

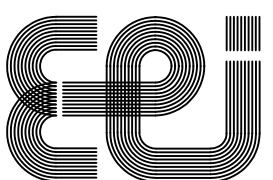
Hoja 3/5

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	2	Tubo ø50 e3	S235JR
002	1	Tubo 70*50*3 long 520	S235JR
003	1	Tubo 70*70*3 long 180	S235JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S235JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S235JR
006	1	Tubo ø21.1	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	BASE DIPS

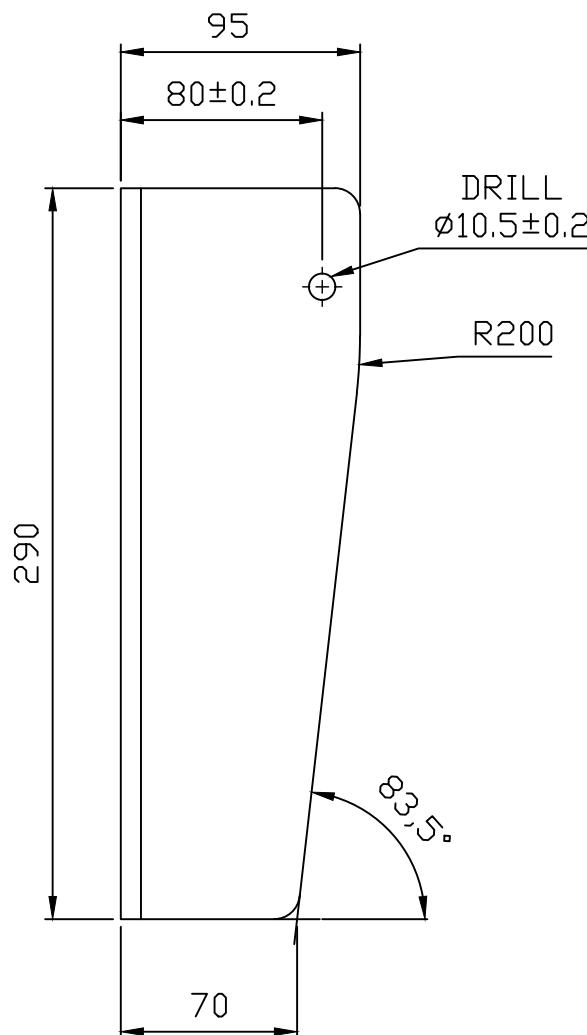
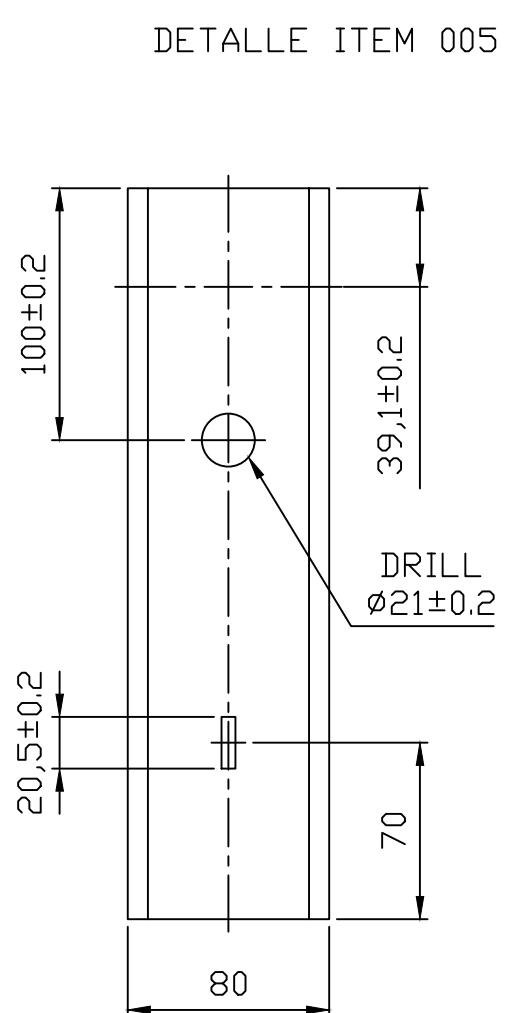
PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia

ESCALA	1:1
Nº DE PLANO	1028

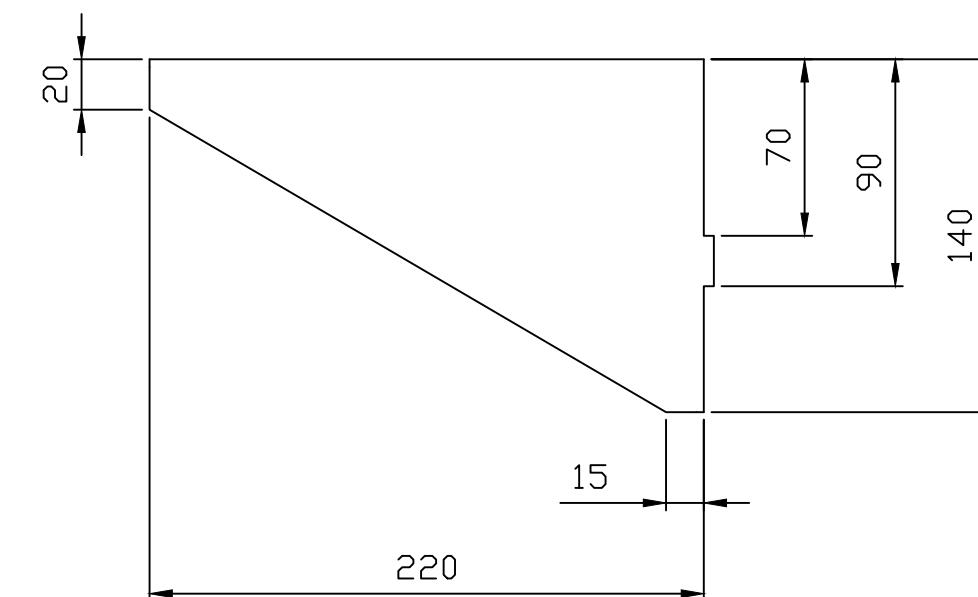


Universidad de Vigo

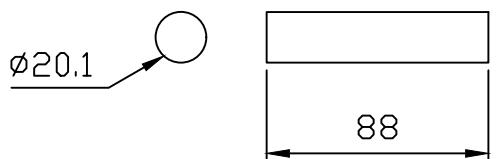
DETALLE ITEM 005



DETALLE ITEM 004



DETALLE ITEM 006



## Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 005 R=10mm

Hoja 4/5

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
001	2	Tubo Ø50 e3	S235JR
002	1	Tubo 70*50*3 long 520	S235JR
003	1	Tubo 70*70*3 long 180	S235JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S235JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S235JR
006	1	Tubo Ø21.1	S235JR

INGENIERO

Sergio Moldes Alvarez

REFERENCIA

RACK

FECHA

17/08/2021

PROYECTO

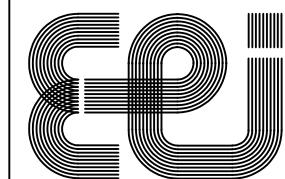
PROYECTO: Diseño y cálculo de una estructura  
de entrenamiento multifunción para  
uso doméstico

PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo

SITUACIÓN: Ubicación del proyecto  
Población. Provincia

PLANO

BASE DIPS



Universidad de Vigo

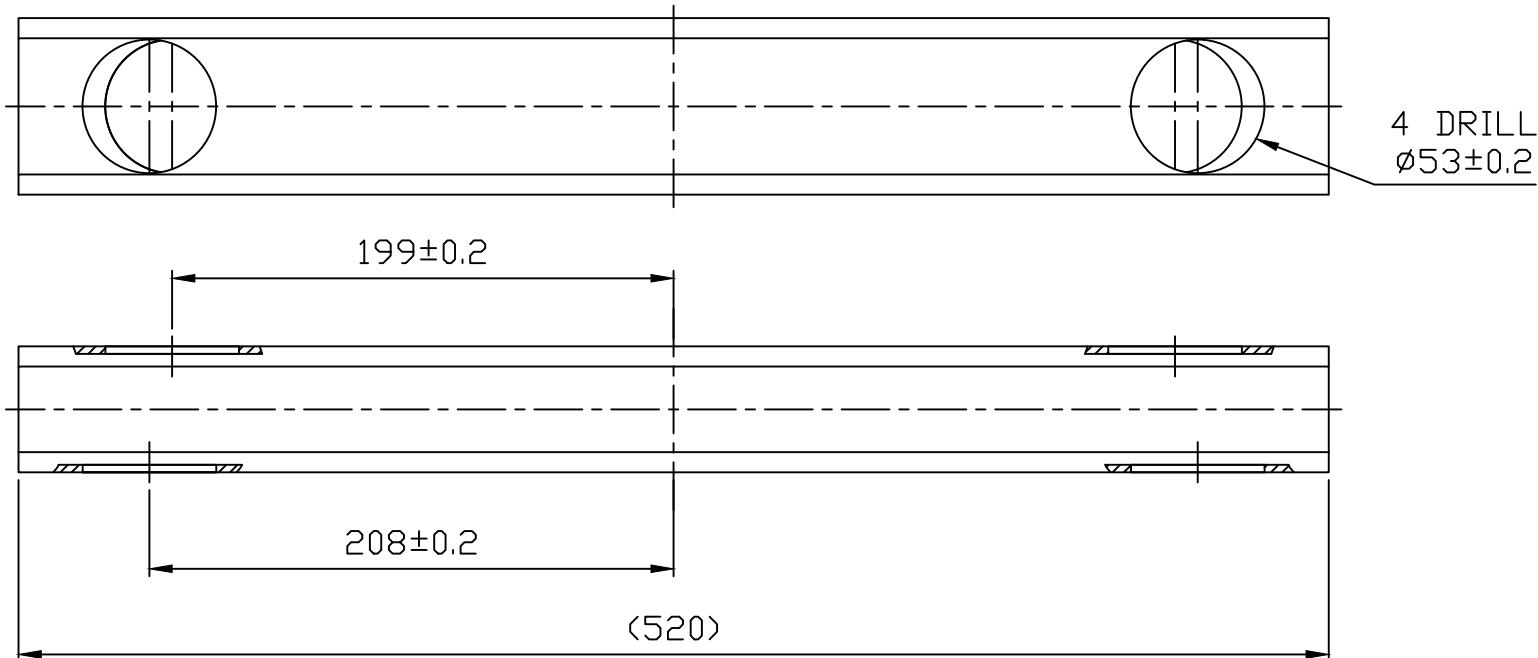
ESCALA

1:3

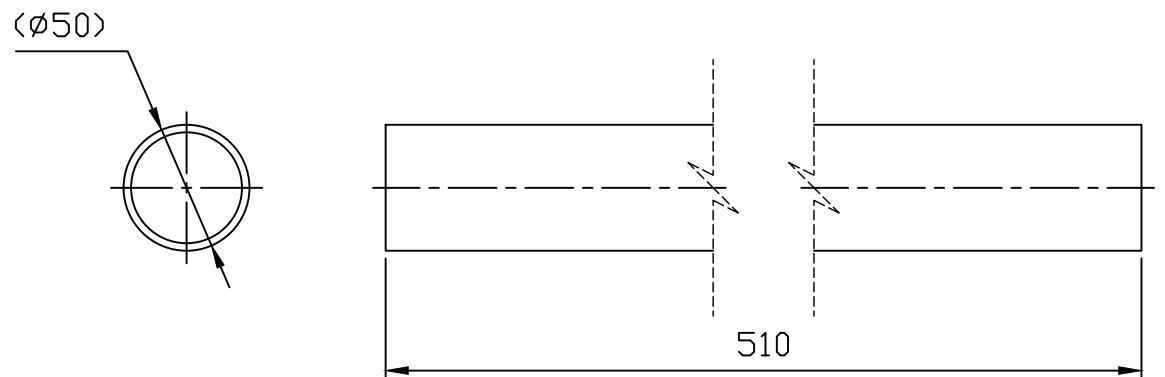
Nº DE PLANO

1028

DETALLE ITEM 002



DETALLE ITEM 001



ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	2	Tubo Ø50 e3	S235JR
002	1	Tubo 70*50*3 long 520	S235JR
003	1	Tubo 70*70*3 long 180	S235JR
004	1	Chapa e6 (láser)	S235JR
005	1	Chapa plegada e4 (láser)	S235JR
006	1	Tubo Ø21.1	S235JR

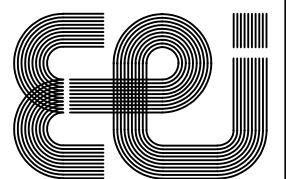
Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 005 R=10mm

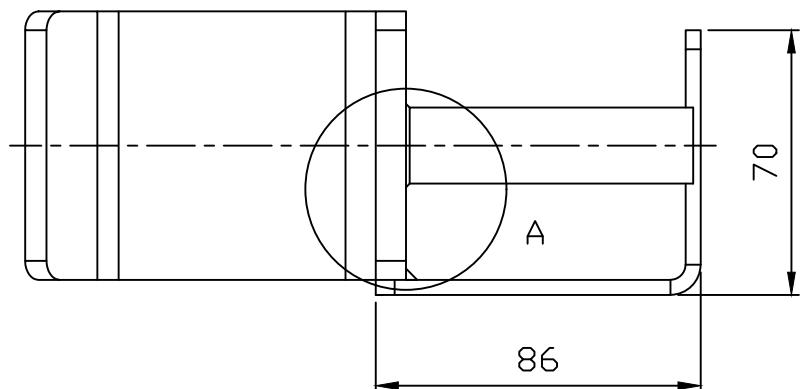
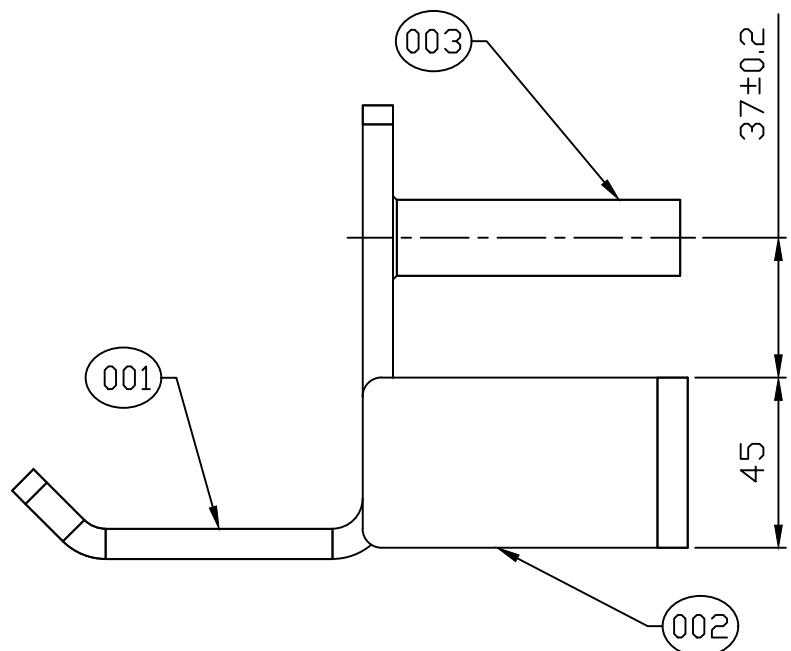
Hoja 5/5

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	PETICIONARIO: E.E.I. Universidad de Vigo
RACK	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
FECHA	PLANO
17/08/2021	BASE DIPS

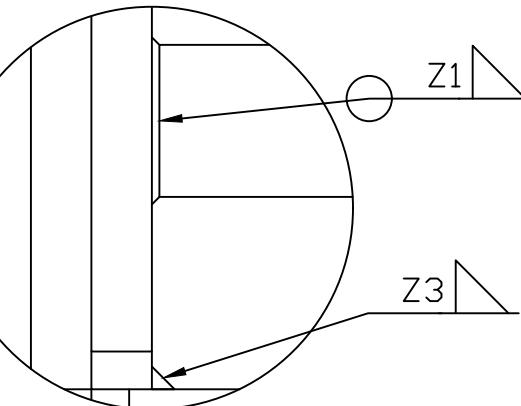
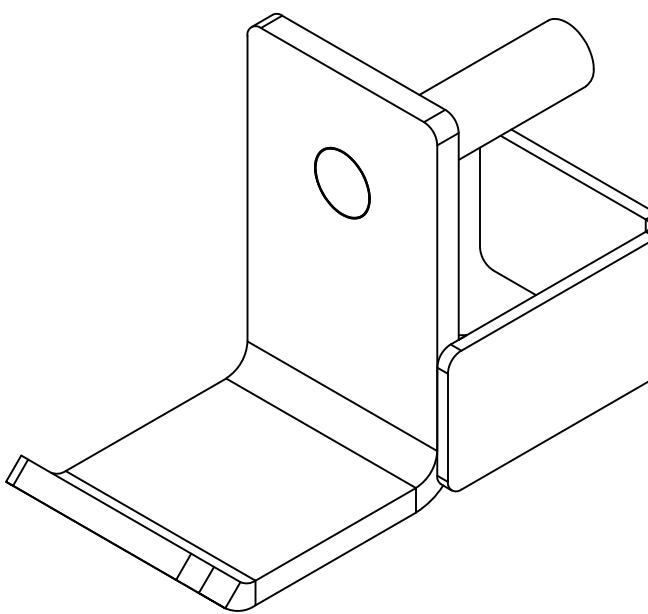
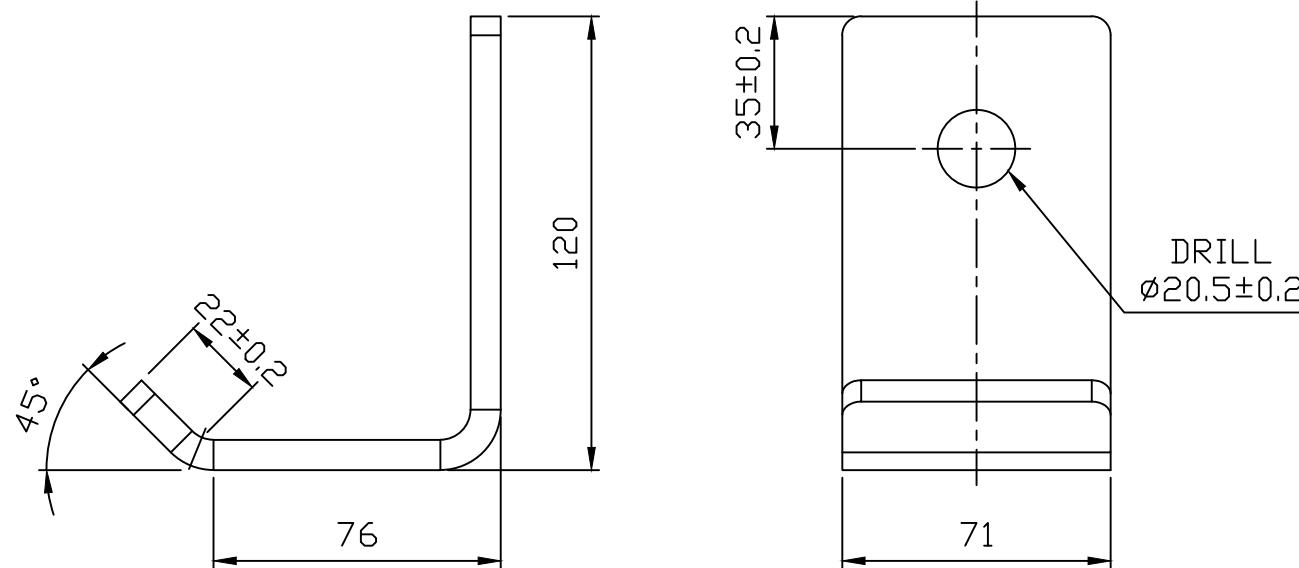
ESCALA	1:3
Nº DE PLANO	1028



Universidad de Vigo

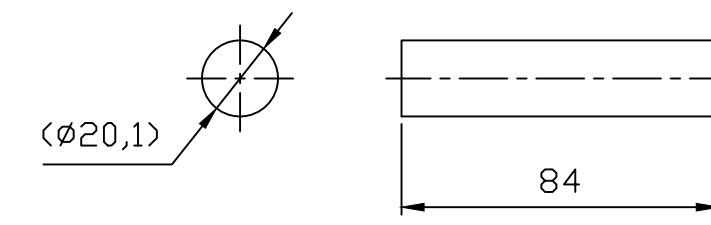


DETALLE ITEM 001



DETALLE A  
ESCALA 1:1

DETALLE ITEM 003



Notas:

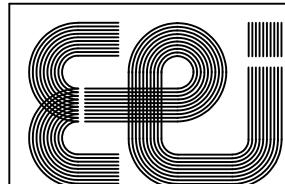
1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001 y 002 R=5mm

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa plegada e8 (láser)	S235JR
002	1	Chapa e4 (láser)	S235JR
003	1	Tubo macizo Ø20.1	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	RACK
FECHA	17/08/2021

PETICIONARIO:	E.E.I. Universidad de Vigo
SITUACIÓN:	Ubicación del proyecto Población. Provincia
PLANO	

JCUP IZQUIERDO	
ESCALA	1:2
Nº DE PLANO	1029



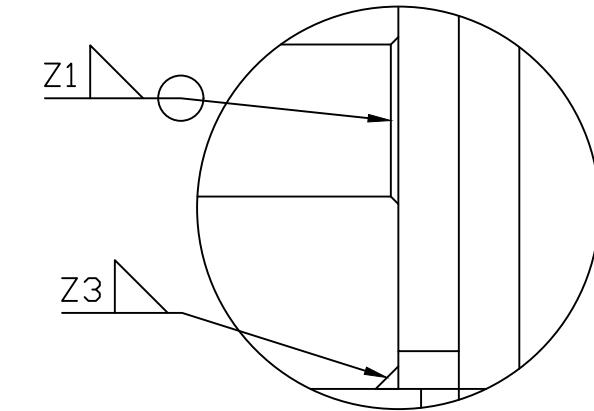
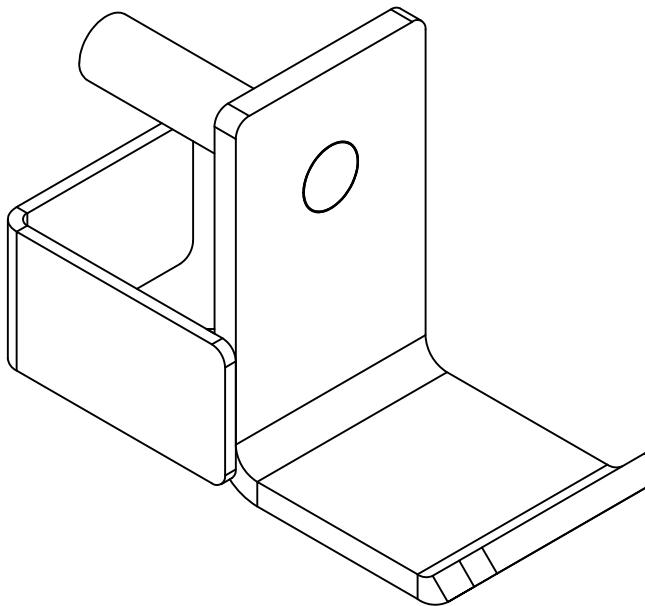
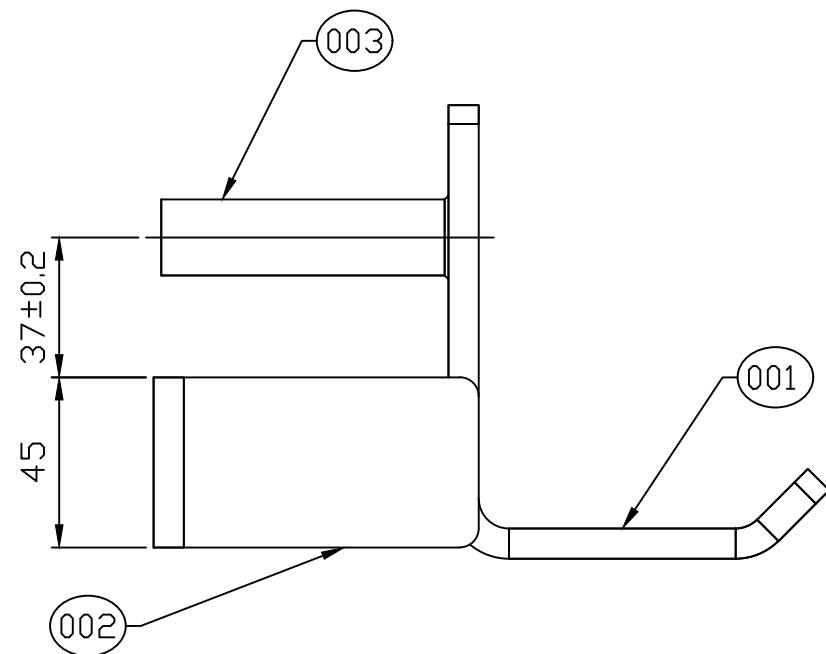
Universidad de Vigo

ESCALA

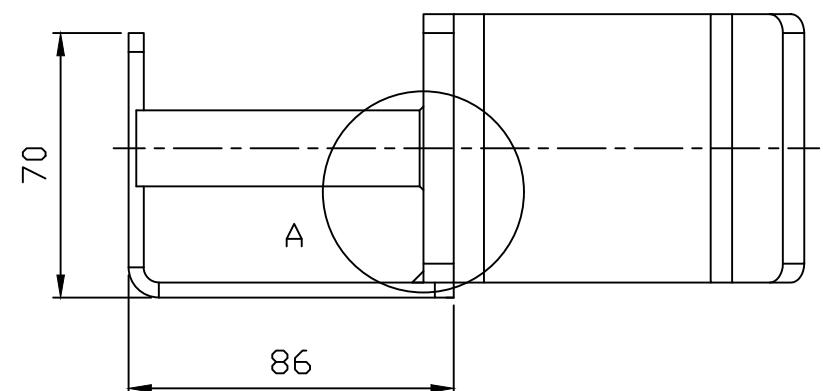
1:2

Nº DE PLANO

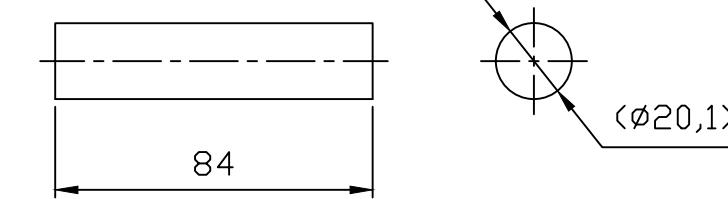
1029



DETALLE A  
ESCALA 1:1



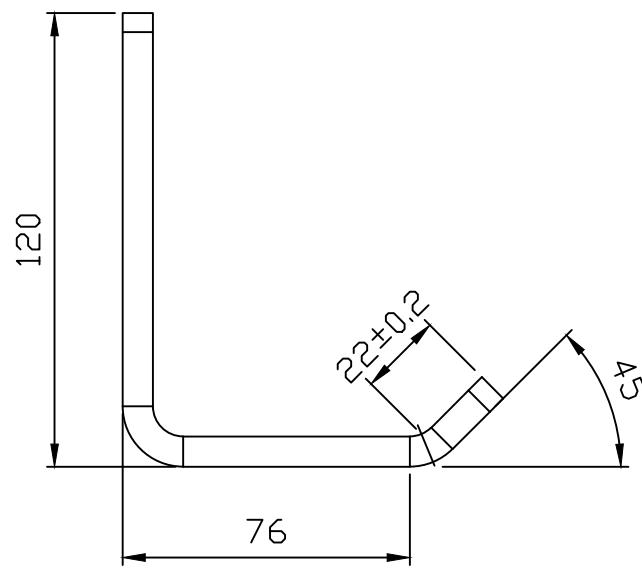
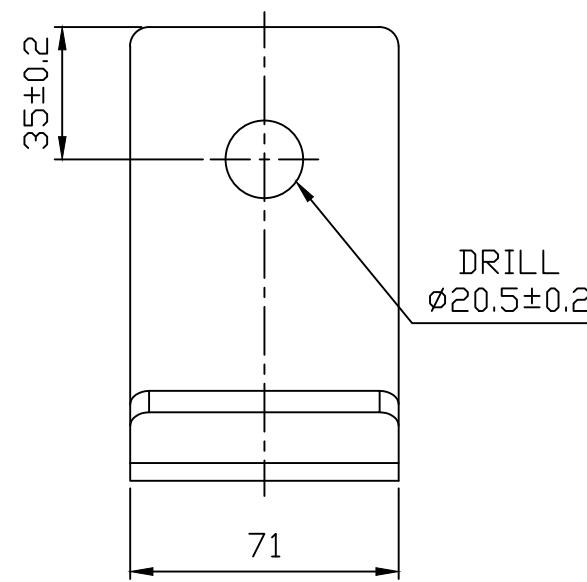
DETALLE ITEM 003



Notas:

1. Sin mecanizar, corte por láser
2. Matar todas las aristas
3. Radios de redondeo item 001 y 002 R=5mm

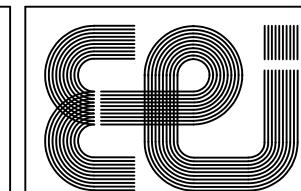
DETALLE ITEM 001



ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
001	1	Chapa plegada e8 (láser)	S235JR
002	1	Chapa e4 (láser)	S235JR
003	1	Tubo macizo Ø20.1	S235JR

INGENIERO	PROYECTO
Sergio Moldes Alvarez	Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento multifunción para uso doméstico
REFERENCIA	E.E.I. Universidad de Vigo
FECHA	SITUACIÓN: Ubicación del proyecto Población. Provincia
17/08/2021	PLANO

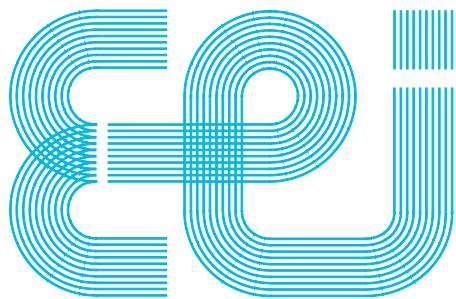
JCUP DERECHO
ESCALA
1:2



Universidad de Vigo

ESCALA  
1:2

Nº DE PLANO  
1030



Escuela de Ingeniería Industrial

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento  
multifunción para uso doméstico*

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Documento**

**PLIEGO DE CONDICIONES**

**UniversidadeVigo**

---

## **CONTENIDO**

Contenido .....	0
1 Disposiciones generales .....	1
1.1 Orden de prioridad:.....	1
1.2 Objetivo: .....	1
1.3 Condiciones generales:.....	1
1.4 Reglamentación y normativa:.....	1
1.4.1 Normativa general:.....	1
1.4.2 Normativa específica:.....	1
1.4.3 Normativa planos: .....	1
1.4.4 Materiales:.....	1
2 Pruebas y ensayos .....	2
3 Garantía de suministros.....	3

## 1 DISPOSICIONES GENERALES

### 1.1 Orden de prioridad:

Las condiciones descritas en este pliego de documentos serán prioritarias en caso de contradicción entre el pliego de condiciones y la memoria o el pliego de condiciones y los Planos.

### 1.2 Objetivo:

El propósito de estos términos y condiciones es establecer todos los requisitos técnicos, económicos y legales que puedan afectar la relación entre el propietario y el contratista al momento de implementar este proyecto. Esto evita múltiples interpretaciones y elimina la posibilidad de una ejecución incorrecta del proyecto.

### 1.3 Condiciones generales:

- Se aplica una garantía de repuestos y mantenimiento al cliente para un período de dos años desde la adquisición del producto.
- El sistema está diseñado para unas condiciones de cargas concretas, no se garantiza la efectividad en condiciones de trabajo diferentes a las especificadas.
- Todo mantenimiento de los equipos deberá ser realizado por personal cualificado.
- Todas las modificaciones realizadas al sistema durante el montaje o mantenimiento deberán estar recogidas en un documento adjunto al proyecto.

### 1.4 Reglamentación y normativa:

A continuación, se enumeran las diferentes normativas que deben cumplir la máquina y sus componentes.

#### *1.4.1 Normativa general:*

- Directiva 2001/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de diciembre de 2001, relativa a la seguridad general de los productos.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

#### *1.4.2 Normativa específica:*

- UNE-EN 913:2009. Equipos para gimnasia. Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo.

#### *1.4.3 Normativa planos:*

- UNE-1032:1982: Principios generales de representación.
- UNE-1039:1994: Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.
- UNE-EN ISO 6410-1:1996: Dibujos técnicos. Roscas y piezas roscadas. Parte 1: Convenios generales.
- UNE-EN ISO 6410-2:1996: Dibujos técnicos. Roscas y piezas roscadas. Parte 2: Insertos roscados.
- UNE-EN ISO 6410-3:1996: Dibujos técnicos. Roscas y piezas roscadas. Parte 3: Representación simplificada.

#### *1.4.4 Materiales:*

- UNE-EN 10025-2: 2004. Definición y clasificación de los tipos de acero.

TÍTULO DEL TRABAJO

NOMBRE Y APELLIDOS

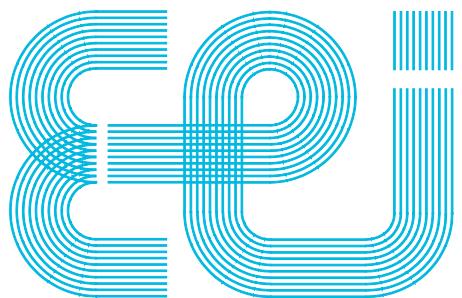
---

## **2 PRUEBAS Y ENSAYOS**

En este proyecto no es necesario realizar ensayos para comprobar las características y las propiedades mecánicas de los elementos comerciales y las materias primas, ya que son proporcionadas por los suministradores.

### **3 GARANTÍA DE SUMINISTROS**

- Los proveedores de los materiales de elementos constructivos han de asegurar que los materiales especificados en el documento PLANOS de este proyecto, nombrados con su correspondiente designación UNE, cumplen las propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas y de composición química requeridas.
- Si es necesario realizar una modificación del documento PLANOS para facilitar el suministro se debe comprobar primero su viabilidad en el entorno del proyecto y a continuación, modificar dicho documento.
- Cada documento PLANOS puede tener su respectivo proveedor para las necesidades materiales de elementos comerciales, que variarán según ofertas/costes o mayor viabilidad técnica, siempre y cuando se modifique el correspondiente documento.



Escuela de Ingeniería Industrial

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*Diseño y cálculo de una estructura de entrenamiento  
multifunción para uso doméstico.*

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Documento**

**PRESUPUESTO**

**UniversidadeVigo**

## CONTENIDO

Contenido .....	0
1 Costes de diseño.....	1
1.1 Costes de mano de obra .....	1
1.2 Costes de equipos empleados y software: .....	1
1.3 Costes totales de diseño:.....	1
2 Costes de materiales y fabricación.....	2
2.1 Estructura principal: .....	2
2.2 Sistema de remo: .....	3
2.3 Sistema de guiado:.....	4
2.4 Juego de Jcups: .....	5
2.5 Estación de dips: .....	6
2.6 Juego de soporte quitamiedos:.....	7
2.6.1 Juego de almacenamiento de barras:.....	8
2.7 Coste estructura completa de fabricación y materiales: .....	8
3 Presupuesto total de ejecución .....	9

## 1 COSTES DE DISEÑO

### 1.1 Costes de mano de obra

Actividades	Tiempo (h)	Coste (€/h)*	Total (€)
Análisis de mercado	10	15	150
Diseño del proyecto	200	15	3000
Optimización de diseño	20	15	300
Realización de planos	40	15	600
Redacción de documentación técnica	10	15	150
<b>Subtotal</b>			<b>4.200 €</b>

Tabla 1: Costes de mano de obra

\*El coste de la hora se supone para una persona en formación

### 1.2 Costes de equipos empleados y software:

En la tabla a continuación se engloban los costes por hardware y software usado. Algunos de los programas usados son bajo la licencia de estudiantes, por lo cual su precio será de 0€.

Denominación	Total (€)
SolidWorks 2019	105
AutoCad 2021	80
Ordenador de diseño	75
Microsoft Office 2020	30
<b>Subtotal</b>	<b>290 €</b>

Tabla 2: Costes de equipos y software

### 1.3 Costes totales de diseño:

Concepto	Total (€)
Costes de mano de obra	4.200
Costes de equipos empleados y software	290
<b>Subtotal</b>	<b>4.490 €</b>

Tabla 3: Costes totales de diseño

## 2 COSTES DE MATERIALES Y FABRICACIÓN

Para este apartado se junta el coste de materiales y elementos comerciales dividiéndose en varios grupos. Esto se hace debido a que en este proyecto se puede adquirir solo la estructura principal, algún accesorio o el pack completo.

La unidad utilizada para los tubos es en metros, mientras que para el resto es por unidad de producto.

### 2.1 Estructura principal:

Rack principal			
	Unidades	Precio unitario (€/ud)	Total
Tubo Ø70,3	21,78	20,00 €	435,60 €
Tubo Ø 48,3 e1,6	1,68	6,00 €	10,08 €
Tubo Ø 33,7 e2,5	1,1	6,00 €	6,60 €
DIN 931 M12x100mm	72	0,20 €	14,40 €
DIN 985 M12	72	0,15 €	10,80 €
DIN 125 M12	72	0,05 €	3,60 €
Chapa union suelo (e6)	12	8,00 €	96,00 €
Chapa escuadra (e6)	22	4,00 €	88,00 €
Chapa barra de dominadas (e6)	2	3,00 €	6,00 €
<b>Total Materiales</b>			<b>673,08 €</b>
	Tiempo (horas)	Precio hora (€/h)	Total
Soldadura	0,5	20,00 €	10,00 €
Pintura	4	20,00 €	80,00 €
<b>Total Fabricación</b>			<b>90,00 €</b>
<b>Total Materiales y Fabricación</b>			<b>763.08 €</b>

Tabla 4: Coste total estructura principal

## 2.2 Sistema de remo:

Remo			
	Unidades	Precio unitario (€/ud)	Total
<b>Chapa escuadra (e6)</b>	2	4,00 €	8,00 €
<b>Tubo Ø 15 (e1)</b>	0,134	4,00 €	0,54 €
<b>Tubo Ø 70,3</b>	0,5	20,00 €	10,00 €
<b>Chapa soporte tubo (e4)</b>	2	4,00 €	8,00 €
<b>Tubo Ø 55 (e1,5)</b>	0,16	6,00 €	0,96 €
<b>Chapa plegada (e4)</b>	1	5,00 €	5,00 €
<b>Bulón tope</b>	1	6,90 €	6,90 €
<b>DIN 931 M10x100mm</b>	2	0,15 €	0,30 €
<b>DIN 985 M10</b>	2	0,15 €	0,30 €
<b>DIN 125 M10</b>	8	0,05 €	0,40 €
<b>DIN 931 M12x100mm</b>	3	0,20 €	0,60 €
<b>DIN 985 M12</b>	3	0,15 €	0,45 €
<b>DIN 125 M12</b>	6	0,05 €	0,30 €
<b>Total Materiales</b>			<b>41,75 €</b>
	Tiempo (horas)	Precio hora (€/h)	Total
<b>Soldadura</b>	0,25	20,00 €	5,00 €
<b>Pintura</b>	0,5	20,00 €	10,00 €
<b>Total Fabricación</b>			<b>15,00 €</b>
<b>Total Materiales y Fabricación</b>			<b>56,75 €</b>

Tabla 5: Coste total sistema de remo

## 2.3 Sistema de guiado:

Remo			
	Unidades	Precio unitario (€/ud)	Total
<b>Pilar 70.3</b>	2,59	20,00 €	51,80 €
<b>Tubo Ø 18</b>	0,14	15,00 €	2,10 €
<b>Refuerzo superior (e4)</b>	2	6,00 €	12,00 €
<b>Tope recorrido (e6)</b>	2	1,00 €	2,00 €
<b>Soporte polea (e4)</b>	4	7,00 €	28,00 €
<b>Tubo Ø 30 e3</b>	0,035	15,00 €	0,53 €
<b>Tubo Ø 8</b>	0,038	10,00 €	0,38 €
<b>Pieza impresa</b>	1	0,10 €	0,10 €
<b>Tubo Ø 48,3 e2,5</b>	0,51	10,00 €	5,10 €
<b>Soportes discos (e8)</b>	3	15,00 €	45,00 €
<b>Tubo Ø 18</b>	0,041	10,00 €	0,41 €
<b>Chapa unión suelo (e6)</b>	2	8,00 €	16,00 €
<b>Chapa cartela (e4)</b>	2	6,00 €	12,00 €
<b>Chapa soporte (e6)</b>	2	8,00 €	16,00 €
<b>Sujeta cable</b>	4	5,95 €	23,80 €
<b>Bola freno nylon</b>	2	3,00 €	6,00 €
<b>Cable 4,8mm</b>	4	5,00 €	20,00 €
<b>Poleas</b>	2	6,00 €	12,00 €
<b>WS-10-40</b>	1,5	47,70 €	71,55 €
<b>WJ200UM-01-10</b>	4	4,98 €	19,92 €
<b>DIN 912 M6x20mm</b>	21	0,12 €	2,52 €
<b>DIN 5299 110</b>	2	4,00 €	8,00 €
<b>DIN 931 M12x100mm</b>	10	0,20 €	2,00 €
<b>DIN 985 M12</b>	10	0,15 €	1,50 €
<b>DIN 125 M12</b>	20	0,05 €	1,00 €
<b>DIN 931 M10x50mm</b>	2	0,15 €	0,30 €
<b>DIN 985 M10</b>	2	0,15 €	0,30 €

<b>DIN 125 M10</b>	12	0,05 €	0,60 €
<b>DIN 933 M10x20mm</b>	3	0,15 €	0,45 €
<b>Total Materiales</b>			<b>361,36 €</b>
	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Precio hora (€/h)</b>	<b>Total</b>
<b>Soldadura</b>	0,5	20,00 €	10,00 €
<b>Pintura</b>	0,75	20,00 €	15,00 €
<b>Total Fabricación</b>			<b>25,00 €</b>
<b>Total Materiales y Fabricación</b>			<b>386,36 €</b>

Tabla 6: Coste total sistema de guiado

## 2.4 Juego de Jcups:

Jcups			
	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario (€/ud)</b>	<b>Total</b>
<b>Chapa principal (e8)</b>	2	12,00 €	24,00 €
<b>Tubo Ø 20,1</b>	0,168	15,00 €	2,52 €
<b>Chapa tope (e4)</b>	2	6,00 €	12,00 €
<b>Total Materiales</b>			<b>38,52 €</b>
	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Precio hora (€/h)</b>	<b>Total</b>
<b>Soldadura</b>	0,17	20,00 €	6,00 €
<b>Pintura</b>	0,25	20,00 €	5,00 €
<b>Total Fabricación</b>			<b>11,00 €</b>
<b>Total Materiales y Fabricación</b>			<b>49.52 €</b>

Tabla 7: Coste total juego de Jcups

## 2.5 Estación de dips:

Estación de dips			
	Unidades	Precio unitario (€/ud)	Total
<b>Tubo Ø 50 e3</b>	1,02	25,00 €	25,50 €
<b>Tubo Ø 20,1</b>	0,088	15,00 €	1,32 €
<b>Chapa plegada (e4)</b>	1	22,00 €	22,00 €
<b>Cartela (e6)</b>	1	12,00 €	12,00 €
<b>Tubo 70*50*3</b>	0,52	20,00 €	10,40 €
<b>Tubo 70,3</b>	0,18	20,00 €	3,60 €
<b>Bulón tope</b>	1	6,90 €	6,90 €
<b>Total Materiales</b>			<b>81,72 €</b>
	Tiempo (horas)	Precio hora (€/h)	Total
<b>Soldadura</b>	0,5	20,00 €	10,00 €
<b>Pintura</b>	0,5	20,00 €	10,00 €
<b>Total Fabricación</b>			<b>20,00 €</b>
<b>Total Materiales y Fabricación</b>			<b>101,72 €</b>

Tabla 8: Coste estación de dips

## 2.6 Juego de soporte quitamiedos:

Soporte quitamiedos			
	Unidades	Precio unitario (€/ud)	Total
<b>Tubo 70,3</b>	1	20,00 €	20,00 €
<b>Tope (e3)</b>	2	5,00 €	10,00 €
<b>Chapa (e4)</b>	2	6,00 €	12,00 €
<b>Chapa plegada (e4)</b>	2	6,00 €	12,00 €
<b>Cartela (e6)</b>	2	15,00 €	30,00 €
<b>Tubo 20,1</b>	0,16	15,00 €	2,40 €
<b>Total Materiales</b>			<b>86,40 €</b>
	Tiempo (horas)	Precio hora (€/h)	Total
<b>Soldadura</b>	0,75	20,00 €	15,00 €
<b>Pintura</b>	0,5	20,00 €	10,00 €
<b>Total Fabricación</b>			<b>25,00 €</b>
<b>Total Materiales y Fabricación</b>			<b>111,40 €</b>

Tabla 9: Coste total juego de soporte quitamiedos

### 2.6.1 Juego de almacenamiento de barras:

Almacenamiento de discos			
	Unidades	Precio unitario (€/ud)	Total
<b>Tubo 55 (e1,5)</b>	0,42	15,00 €	6,30 €
<b>Chapa plegada (e3)</b>	2	6,00 €	12,00 €
<b>DIN 931 M12x100mm</b>	2	0,20 €	0,40 €
<b>DIN 985 M12</b>	2	0,15 €	0,30 €
<b>DIN 125 M12</b>	4	0,05 €	0,20 €
<b>Total Materiales</b>			<b>19,20 €</b>
	Tiempo (horas)	Precio hora (€/h)	Total
<b>Soldadura</b>	0,17	20,00 €	3,40 €
<b>Pintura</b>	0,25	20,00 €	5,00 €
<b>Total Fabricación</b>			<b>8,40 €</b>
<b>Total Materiales y Fabricación</b>			<b>27,60 €</b>

Tabla 10: Coste total juego de almacenamiento de barras

### 2.7 Coste estructura completa de fabricación y materiales:

Estructura completa	
<b>Estructura principal</b>	763,08 €
<b>Sistema de remo</b>	56,75 €
<b>Sistema de guiado</b>	386,36 €
<b>Juego de Jcups</b>	49,52 €
<b>Estación de dips</b>	101,72 €
<b>Juego de soportes quitamiedos</b>	111,40 €
<b>Juego de almacenamiento de barras</b>	27,60 €
<b>Total</b>	<b>1.496,43 €</b>

Tabla 11: Coste de fabricación y materiales de la estructura completa

### 3 PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN

En este apartado se suman los costes de ingeniería y los costes de fabricación obteniendo el presupuesto total. De cara a una posible salida a mercado se proyecta los costes de ingeniería para 20 máquinas, quedando el coste mínimo de la siguiente manera:

Estructura completa	
<b>Costes de ingeniería (20 estructuras)</b>	224,50 €
<b>Coste de fabricación y materiales</b>	1.496,43 €
<b>Costes totales</b>	<b>1.720,93 €</b>
<b>Margen comercial (20%)</b>	<b>344,19 €</b>
<b>Total</b>	<b>2.065,12 €</b>

Tabla 12: Costes totales de estructura completa