



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

**Máquina Smith 360°. Diseño de una máquina
de gimnasio multifuncional**

Autor:

Morales Iglesias, Nicolás

Tutor(es):

López del Río, Alberto

**Teoría de la Arquitectura y
Proyectos Arquitectónicos**

Valladolid, Julio 2025.

RESUMEN

El presente trabajo de fin de grado consiste en el diseño de una máquina de gimnasio multifuncional inspirada en la máquina Smith.

El producto final es el resultado de la investigación y comprensión de la biomecánica y de las máquinas de gimnasio presentes en el mercado, reuniendo el mayor número de alternativas de movimiento posibles en una sola máquina.

El proceso de diseño se ha basado en la creación de una máquina que sea ajustable a distintos usuarios y ejercicios, manteniendo la efectividad y la buena praxis de la hipertrofia.

La máquina Smith 360° es una opción profesional, atractiva e innovadora para un público que busque entrenar de manera cómoda y efectiva.

PALABRAS CLAVE

Máquina gimnasio | Smith | Multifuncional | Biomecánica |

ABSTRACT

This final degree project consists of the design of a multifunctional gym machine inspired by the Smith machine.

The final product is the result of research and understanding of biomechanics and the gym machines currently available on the market, bringing together the greatest number of possible movement alternatives in a single machine.

The design process has been based on creating a machine that is adjustable for different users and exercises, while maintaining effectiveness and proper hypertrophy practice.

The Smith 360° machine is a professional, attractive, and innovative option for users looking to train in a comfortable and effective way.

KEYWORDS

Gym machine | Smith | Multifunctional | Biomechanics |

CONTENIDOS

Memoria	10
Presupuesto	87
Planos	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Eugen Sandow levantando pesas de la época	19
Ilustración 2. Máquina Zander	20
Ilustración. 3 Músculos pectorales	23
Ilustración 4. Press de banca y aperturas de pecho	24
Ilustración 5. Músculos de la espalda.....	25
Ilustración 6. Remo con barra, peso muerto y jalón al pecho.....	26
Ilustración 7. Hombro y sus cabezas	27
Ilustración 8. Press militar y elevaciones laterales en polea.....	27
Ilustración 9. Bíceps Braquial.....	28
Ilustración 10. Curl de bíceps por delante y por detrás	29
Ilustración 11. Tríceps braquial.....	30
Ilustración 12. Extensión de codo y por encima de la cabeza	30
Ilustración 13. Cuádriceps.....	31
Ilustración 14. Sentadilla con barra y prensa.....	32
Ilustración 15. Glúteo	33
Ilustración 16. Hip thrust y prensa vertical.....	33
Ilustración 17. Isquiotibiales	34
Ilustración 18. Curl femoral de pie y peso muerto rumano	35
Ilustración 19. Aductores	36
Ilustración 20. Aducción en máquina.....	36
Ilustración 21. Gemelos	37
Ilustración 22. Elevación de talón con barra.....	38
Ilustración 23. Ultra Converging Chest Press	39
Ilustración 24. Technogym Pure Row.....	40
Ilustración 25. Technogym Multifuncional.....	41
Ilustración 26. Shoulder Press Panatta	42
Ilustración 27. Etenon Multifunction.....	43
Ilustración 28. Dual Functional-Multipower.....	43
Ilustración 29. Prodigy / Smart Arm.....	44
Ilustración 30. Biofeedback.....	45
Ilustración 31. Leg Press BioStrength.....	46
Ilustración 32. Tonal 2	46
Ilustración 33. Nautilus Multipower 3D / Freedom Rack	48
Ilustración 34. Croquis de la máquina con estructura cuadrada.....	49
Ilustración 35. Croquis de la máquina con estructura circular.....	50
Ilustración 36. Vista isométrica delantera de la máquina.....	52
Ilustración 37. Vista isométrica trasera de la máquina	53
Ilustración 38. Movimientos de la guía circular y la guía de la barra	54
Ilustración 39. Piezas de giro colocada	55
Ilustración 40. Cubierta sin tapa	56
Ilustración 41. Vista explosionada cubierta.	57
Ilustración 42. Patas y soporte de las patas soldadas a la cubierta	57

Ilustración 43. Pata montada	58
Ilustración 44. Piezas de giro atornilladas	59
Ilustración 45. Ancho de la máquina.....	60
Ilustración 46. Alto y largo de la máquina.....	60
Ilustración 47. Disposición de las posiciones de la guía.....	61
Ilustración 48. Comparación visual de los movimientos de los ejercicios.	62
Ilustración 49. Máquina de corte láser	64
Ilustración 50. Curvadora de 3 rodillos.....	64
Ilustración 51. Mecanizado en torno.....	65
Ilustración 52. Piezas de giro soldadas y montadas	66
Ilustración 53. Sección de las piezas de giro.....	66
Ilustración 54. Piezas de giro soldadas con la pieza de giro de la barra.....	67
Ilustración 55. Disposición de las patas	67
Ilustración 56. Para y cuelgadiscos soldados.	68
Ilustración 57. Pata montada.	68
Ilustración 58. Pata y soporte soldados	69
Ilustración 59. Cubierta, patas y soporte soldados.....	69
Ilustración 60. Vista de sección del rodillo	70
Ilustración 61. Piezas de giro montadas en la cubierta	71
Ilustración 62. Vista de sección colocación tapa de la cubierta ajustada.....	72
Ilustración 63. Barra con los enganches soldados.	72
Ilustración 64. Barra con las piezas de giro colocadas.	73
Ilustración 65. Barra montada.....	73
Ilustración 66. Pieza de unión soldada.....	74
Ilustración 67. Pieza de unión atornillada a la pata.....	74
Ilustración 68. Piezas de giro atornilladas.	75
Ilustración 69. Resultado de la tensión de Von Mises	76
Ilustración 70. Resultados del desplazamiento.....	77
Ilustración 71. Render de la máquina con fondo blanco.	78
Ilustración 72. Render de la máquina.....	79
Ilustración 73. Render máquina de frente.....	80
Ilustración 74. Render de integración lateral.	81
Ilustración 75. Render de integración de frente.....	82
Ilustración 76. Tabla de Costo de material.....	88
Ilustración 77. Tabla M.O.D.	88
Ilustración 78. Tabla del Puesto de trabajo.	89
Ilustración 79. Resultado del Coste del Puesto de Trabajo.	89
Ilustración 80. Resultado del Coste de Fabricación.	89
Ilustración 81. Resultado M.O.I.....	89
Ilustración 82. Resultado Cargas Sociales.	89
Ilustración 83. Resultado de los Gastos Generales.	90
Ilustración 84. Resultado del Costo Total de Fábrica.	90
Ilustración 85. Resultado del Beneficio Industrial.....	90

Ilustración 86. Resultado del Precio de Venta en Fábrica.	90
Ilustración 87. Resultado del Precio de Venta al Público.....	90

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Justificación del tema	13
2. Objetivos del producto.....	14
3. Introducción.....	15
3.1. Conceptos previos	15
3.2. Historia del entrenamiento y las máquinas de gimnasio	17
4. Estudio anatómico	23
5. Estudio de Mercado	39
5.1. Máquina comunes en los gimnasios comerciales	39
5.2. Máquinas con perfil profesional	41
5.3. Máquinas de perfil tecnológico	44
6. Proceso de diseño.....	48
6.1. Concepto	48
6.2. Ideas y diseños iniciales	49
6.3. Aspectos ergonómicos.....	50
7. Propuesta final	52
7.1. Diseño final	52
7.1.1. Descripción de la máquina	53
7.2. Justificación de las formas.....	60
7.2.1. Dimensiones del conjunto	60
7.2.2. Adaptabilidad.....	61
7.3. Materiales	62
7.4. Fabricación	63
7.5. Montaje	65
7.6. Análisis de resistencia.....	76
7.7. Catálogo fotográfico.....	78
8. Conclusiones y líneas futuras.....	83
9. Bibliografía	84
9.1. Páginas web	84
9.2. Libros	85

1. Justificación del tema

El presente documento corresponde al Trabajo de Fin de Grado del Grado de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto en la Universidad de Valladolid correspondiente al curso 2023-2024. Para la realización de este trabajo se hace uso de las competencias adquiridas durante los cuatro años que dura el Grado.

Este proyecto consiste en el diseño y desarrollo de una máquina de gimnasio multifunción e innovadora, que sea diferente a las ya existentes a la par que incluya los mejores ejercicios para cada grupo muscular.

El funcionamiento de las máquinas de ejercicios de entrenamiento de fuerza ha avanzado con el tiempo con la intención de hacer los ejercicios más efectivos, cómodos y seguros para los usuarios. A pesar de los progresos hacia la mejora, las máquinas multifuncionales actuales no logran proporcionar al usuario suficiente versatilidad, personalización y optimización biomecánica. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo crear una máquina que incorpore un diseño capaz de realizar los mejores ejercicios para cada grupo muscular dentro de una sola estructura compacta y funcional.

Las máquinas convencionales de múltiples propósitos suelen centrarse en la variedad de ejercicios que ofrecen. Si bien estas máquinas tienen múltiples opciones, la ejecución de los ejercicios a menudo no es óptima en lo que respecta a la activación muscular requerida y la prevención de lesiones.

La máquina Smith es un tipo de máquina de gimnasio que se compone de una barra guiada verticalmente sobre unos rieles metálicos. Su estructura permite realizar distintos tipos de ejercicios asegurando la ejecución correcta por su movimiento vertical limitado. Durante este proyecto se utilizará este modelo como referencia, de modo que se cree una máquina que cumpla con los objetivos que se presentarán más adelante.

Los métodos aplicados en este proyecto combinarán un estudio de las necesidades contemporáneas en el entrenamiento de fuerza, investigación sobre la biomecánica de los ejercicios más efectivos, un análisis de las máquinas existentes y sus deficiencias, el desarrollo de modelos 3D de prototipos, y pruebas ergonómicas y funcionales. Todo esto para garantizar que el diseño propuesto cumpla con los objetivos deseados de aprovechar una mejora en la funcionalidad de las máquinas de ejercicio modernas.

2. Objetivos del producto

El objetivo principal de este proyecto es diseñar y desarrollar una máquina de gimnasio multifunción innovadora, capaz de integrar los ejercicios más efectivos para cada grupo muscular en una estructura optimizada que ofrezca versatilidad, ergonomía y eficiencia en el entrenamiento de fuerza. Para ello, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Optimización del Entrenamiento

Diseñar una máquina que permita la ejecución de ejercicios basados en estudios de biomecánica y activación muscular, garantizando una mayor eficiencia en el desarrollo de cada grupo muscular.

2. Ergonomía y Seguridad

Implementar un sistema ajustable que se adapte a diferentes tipos de usuarios, reduciendo el riesgo de lesiones y mejorando la comodidad durante la ejecución de los ejercicios.

3. Innovación en el Diseño

Crear una máquina multifuncional con una estructura moderna y funcional, que integre soluciones mecánicas avanzadas para mejorar la experiencia del usuario.

4. Versatilidad y Personalización

Incorporar mecanismos de ajuste que permitan modificar el recorrido y la posición de los ejercicios, adaptándose a distintos niveles de condición física y objetivos de entrenamiento.

5. Optimización del Espacio

Diseñar una estructura compacta y eficiente que maximice el aprovechamiento del espacio disponible en gimnasios, hogares o centros deportivos, sin comprometer la variedad y calidad de los ejercicios.

6. Sostenibilidad y Durabilidad

Seleccionar materiales resistentes y sostenibles que garanticen una larga vida útil del producto, minimizando el impacto ambiental y optimizando su proceso de fabricación.

7. Facilidad de Uso

Diseñar un sistema intuitivo que facilite la transición entre ejercicios, reduciendo la necesidad de configuraciones complejas y mejorando la experiencia del usuario, tanto en entrenamientos individuales como guiados.

3. Introducción

3.1. Conceptos previos

En este apartado se definirán conceptos fundamentales y definiciones que serán clave y servirán de base para el desarrollo de la memoria. Estos términos son necesarios para tener una interpretación clara y concisa de los planteamientos propuestos posteriormente.

Hipertrofia muscular

La hipertrofia muscular es el aumento del tamaño de las fibras musculares, lo que se traduce en un incremento del volumen del músculo. Este crecimiento ocurre debido a la adición de sarcómeros, el aumento de proteínas contráctiles y la expansión de la matriz extracelular.

Existen tres mecanismos principales que explican la hipertrofia muscular:¹

1. Tensión mecánica: Se considera el factor más importante en la hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento. Los mecanosensores musculares detectan la carga aplicada al músculo y activan vías de señalización como la mTOR (mammalian target of rapamycin), la cual regula la síntesis de proteínas y el crecimiento celular.
2. Estrés metabólico: Se refiere a la acumulación de metabolitos como el lactato y la disminución del pH intramuscular debido al ejercicio. Este fenómeno promueve la liberación de hormonas anabólicas y mioquinas, así como la activación de factores de crecimiento que estimulan la síntesis proteica.
3. Daño muscular: Durante el entrenamiento de resistencia, se generan micro lesiones en las fibras musculares. Estas activan procesos inflamatorios y la proliferación de células satélite, que contribuyen a la regeneración del tejido y al crecimiento muscular.

Varios factores afectan el grado de hipertrofia que una persona puede experimentar, entre ellos:

- Intensidad y volumen del entrenamiento: Se ha demostrado que cargas moderadas a altas (alrededor del 65-85% del 1RM²) y un volumen adecuado de entrenamiento son clave para maximizar la respuesta hipertrófica.
- Nutrición: Un consumo adecuado de proteínas y calorías es esencial para el mantenimiento de un balance positivo de nitrógeno y la síntesis proteica muscular.

¹ (Schoenfeld, 2017, pp. 39-50).

² RM significa repetición máxima. Hace referencia al peso máximo que un usuario puede levantar en un ejercicio con una técnica adecuada a una sola repetición.

- Descanso y recuperación: El crecimiento muscular ocurre principalmente durante los períodos de descanso, donde las adaptaciones inducidas por el entrenamiento se consolidan.

Biomecánica³

La biomecánica es la ciencia que estudia cómo las fuerzas internas y externas afectan al cuerpo humano, analizando el movimiento, el equilibrio, la resistencia y la prevención de lesiones. En el ámbito del entrenamiento de fuerza, comprender la biomecánica permite optimizar los ejercicios para maximizar la ganancia muscular y reducir el riesgo de lesiones.

Aplicar la fuerza en la dirección correcta es esencial para mejorar la eficiencia del entrenamiento. Por ejemplo, en un press de banca con una trayectoria alineada correctamente no solo se maximiza la activación del pectoral, sino que también se reduce el estrés en las articulaciones y previene lesiones. Un conocimiento preciso de la biomecánica permite ajustar la técnica para aprovechar al máximo cada repetición.

El perfil de resistencia es otro factor clave. Saber en qué punto del movimiento un músculo es más fuerte o débil ayuda a seleccionar máquinas o ejercicios que ofrezcan una resistencia progresiva adecuada. Esto evita puntos de falla prematuros y garantiza una activación más efectiva del músculo durante todo el recorrido del ejercicio.

Finalmente, analizar el impacto de las máquinas en el entrenamiento permite ajustar su uso para maximizar el estímulo muscular.

Los principios clave de la biomecánica en el entrenamiento, son los siguientes:

1. Relación Longitud-Tensión: La capacidad de un músculo para generar fuerza depende de la posición de los filamentos de actina y miosina. Esto significa que ciertos ángulos en un ejercicio pueden favorecer la activación de distintas porciones musculares, optimizando el crecimiento.
2. Ángulo de Entrenamiento: Entrenar un músculo desde distintos ángulos es clave para una hipertrofia equilibrada. Modificar la dirección del movimiento permite trabajar diferentes fibras musculares dentro del mismo grupo muscular.
3. Plano de Movimiento: Existen tres planos fundamentales:
 - Sagital (movimientos adelante y atrás, como una sentadilla).
 - Frontal (movimientos laterales, como una elevación lateral de hombros).
 - Transversal (movimientos rotacionales, como un giro de torso con cable).

Trabajar en distintos planos garantiza una activación muscular más completa.

³ (Schoenfeld, 2017, pp. 125-129).

4. Anchura del Agarre o Posición de los Pies: La distancia entre las manos o los pies en un ejercicio afecta la activación muscular. Por ejemplo, un agarre más estrecho en el press de banca enfatiza los tríceps, mientras que uno más ancho activa más el pectoral.
5. Tipo de Ejercicio:
 - Ejercicios Multiarticulares: Involucran varias articulaciones y permiten levantar cargas más pesadas, siendo eficientes para el desarrollo global del cuerpo (ejemplo: sentadilla, peso muerto, press de banca).
 - Ejercicios Monoarticulares: Aíslan un grupo muscular específico, permitiendo un desarrollo más detallado (ejemplo: curl de bíceps, extensión de cuádriceps).

3.2. Historia del entrenamiento y las máquinas de gimnasio⁴

El entrenamiento de fuerza ha sido una práctica esencial en la historia de la humanidad, evolucionando desde el levantamiento de piedras en la antigüedad hasta el uso de sofisticadas máquinas en la actualidad. A lo largo del tiempo, las personas han desarrollado métodos y herramientas para mejorar su condición física, ya sea con fines atléticos, militares o por razones de salud. Esta evolución ha estado impulsada tanto por la necesidad de mejorar el rendimiento físico como por el deseo de optimizar la salud y la estética corporal. En este texto, exploraremos los orígenes del entrenamiento de fuerza, el desarrollo de los gimnasios y la invención de las máquinas de ejercicio, así como su impacto en la actualidad y el futuro del fitness.

Orígenes del Entrenamiento de Fuerza

Desde las primeras civilizaciones, los seres humanos han utilizado la fuerza física para la caza, la guerra y el trabajo diario. Diferentes culturas desarrollaron formas rudimentarias de entrenamiento de fuerza. En Egipto, China e India, se practicaban ejercicios de resistencia con el propio peso corporal y el uso de herramientas rudimentarias. En la India, el yoga incluía posturas que desafiaban la resistencia muscular y la flexibilidad, mientras que en China el entrenamiento con armas y la práctica de artes marciales eran formas comunes de desarrollar fuerza.

En la Antigua Grecia, el entrenamiento de fuerza estaba profundamente arraigado en la cultura. Los atletas olímpicos y los guerreros espartanos se sometían a intensos regímenes de entrenamiento que incluían levantamiento de piedras, arrastre de carros y ejercicios de resistencia con el propio cuerpo. Se utilizaban pesas rudimentarias llamadas "halteres",

⁴ Keleven. (2023, 23 de agosto). *History of weight training*. Keleven.

que eran bloques de piedra o metal diseñados para aumentar la resistencia en los movimientos de salto y levantamiento. Milón de Crotona, uno de los atletas más famosos de la época, popularizó el principio de sobrecarga progresiva al cargar un ternero en sus hombros desde su nacimiento hasta que creció convirtiéndose en un toro adulto.

Los romanos adoptaron muchas de estas prácticas, aplicándolas principalmente en la preparación militar. Los soldados entrenaban con espadas más pesadas que las de combate real para mejorar su resistencia y fuerza. Se construyeron gimnasios públicos en todo el Imperio Romano, donde los ciudadanos podían entrenar con pesas, practicar lucha y realizar ejercicios gimnásticos. Sin embargo, con la caída del Imperio Romano, la actividad física organizada decayó significativamente y, durante la Edad Media, el entrenamiento de fuerza se limitó principalmente a los caballeros y guerreros que practicaban con pesadas armaduras y armas.

La Evolución de los Gimnasios y el Entrenamiento de Fuerza

Durante el Renacimiento, el interés por el desarrollo del cuerpo humano resurgió gracias a la influencia del arte y la ciencia. Se empezaron a estudiar nuevamente los principios de la anatomía y la biomecánica, sentando las bases para el entrenamiento físico moderno. Sin embargo, fue en el siglo XIX cuando comenzaron a surgir los primeros gimnasios organizados.

Friedrich Ludwig Jahn, en Alemania, fue el pionero en la creación del primer gimnasio público a principios del siglo XIX. Jahn, conocido como el "padre de la gimnasia moderna", diseñó y promovió el uso de aparatos como las anillas, la barra fija y las paralelas, que aún hoy forman parte de la gimnasia deportiva. Su influencia llevó a la popularización del entrenamiento estructurado, que luego se expandió a otros países de Europa y América.

En la misma época, el levantamiento de pesas comenzó a ganar popularidad como deporte. En 1896, la halterofilia fue incluida en los primeros Juegos Olímpicos modernos, consolidando el levantamiento de pesas como una disciplina deportiva reconocida. Paralelamente, a finales del siglo XIX, Eugen Sandow, considerado el padre del culturismo moderno, promovió el desarrollo muscular no solo con fines funcionales sino también estéticos. Sandow organizó las primeras competiciones de fisicoculturismo y diseñó algunas de las primeras mancuernas y barras ajustables para entrenamiento.

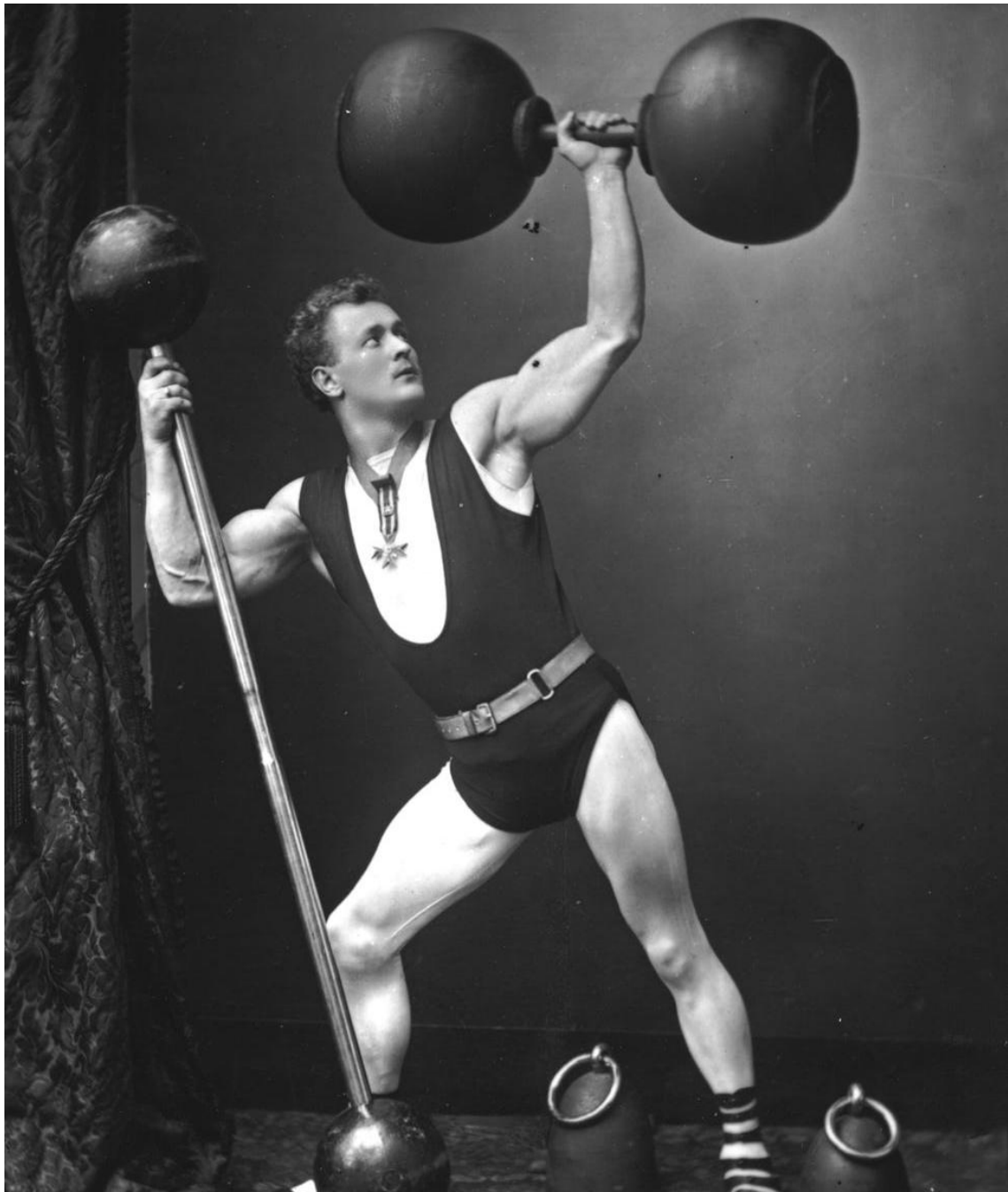


Ilustración 1. Eugen Sandow levantando pesas de la época

El siglo XX marcó la consolidación del entrenamiento de fuerza en la sociedad. Durante la década de 1930, se crearon los primeros gimnasios comerciales, y el culturismo comenzó a popularizarse gracias a figuras como Charles Atlas. En los años 50 y 60, Jack LaLanne promovió el entrenamiento de resistencia a través de la televisión, incentivando a las personas comunes a incorporar el ejercicio en su vida diaria. Con la llegada de los años 70 y la explosión del culturismo con Arnold Schwarzenegger y la película "Pumping Iron", los gimnasios se convirtieron en una tendencia mundial, consolidando el entrenamiento de fuerza como una parte esencial del fitness moderno.

El Surgimiento de las Máquinas de Gimnasio ⁵

El desarrollo de las máquinas de entrenamiento ha sido un proceso gradual que comenzó en el siglo XIX con los primeros intentos de mecanizar el ejercicio. Gustav Zander, un médico sueco, fue uno de los primeros en diseñar una serie de máquinas mecánicas a finales del siglo XIX. Estas máquinas permitían realizar ejercicios de resistencia con apoyo y estabilidad, lo que facilitaba el entrenamiento para personas con limitaciones físicas o médicas. Zander desarrolló más de cien máquinas distintas, muchas de ellas con mecanismos de poleas y resistencia ajustable, sentando las bases para las máquinas de ejercicio actuales.⁶

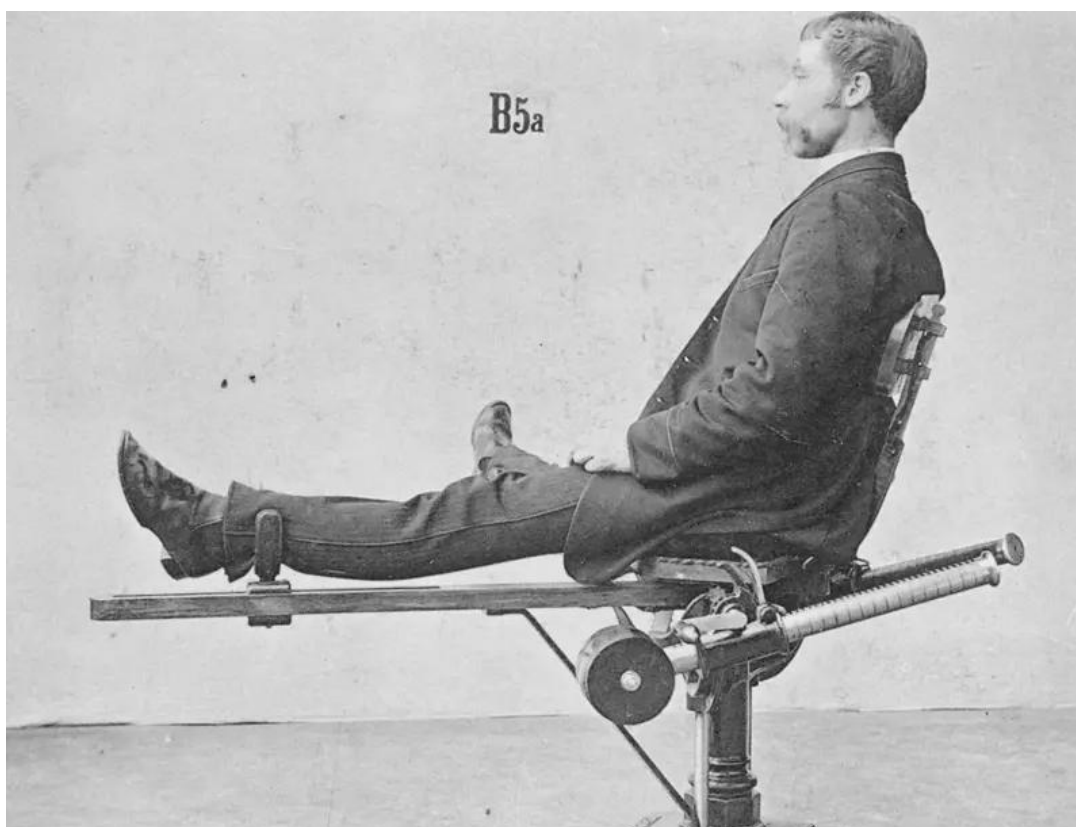


Ilustración 2. Máquina Zander

En la década de 1950, Jack LaLanne introdujo algunas de las primeras máquinas modernas, incluyendo la polea con cable y la máquina de extensión de piernas. LaLanne fue un pionero en hacer que el entrenamiento de fuerza fuera accesible para el público en general, promoviendo el uso de equipos que permitieran entrenar con mayor seguridad y control.

⁵ Health & Fitness. (s.f.). *The constant evolution of fitness equipment*. Health & Fitness.

⁶ BBC News Mundo. (2017, 7 de julio). *La evolución de la actividad física y el ejercicio a lo largo de la historia*. BBC.

Arthur Jones revolucionó la industria del fitness en los años 70 con la creación de las máquinas Nautilus. Su diseño incorporaba un sistema de levas que ajustaban la resistencia a lo largo del movimiento, proporcionando una carga más efectiva y segura para el músculo en cada repetición. Esto permitió un entrenamiento más eficiente y redujo la necesidad de un conocimiento avanzado para realizar los ejercicios correctamente. Nautilus fue clave en la expansión del entrenamiento de fuerza en gimnasios comerciales, ya que permitía a personas sin experiencia entrenar de manera segura y efectiva.

En 1989, Gary Jones, hijo de Arthur Jones, creó las máquinas Hammer Strength, diseñadas específicamente para replicar el movimiento natural del cuerpo. Estas máquinas utilizaban un sistema de carga de discos en lugar de placas selectorizadas⁷, lo que ofrecía una experiencia más cercana al levantamiento de pesas libres, pero con la estabilidad y control de una máquina. Hammer Strength se convirtió en una referencia en la industria del fitness, siendo ampliamente utilizada en gimnasios profesionales y centros de entrenamiento de alto rendimiento.

Máquinas de Gimnasio en la Actualidad

Hoy en día, el desarrollo de las máquinas de gimnasio se ha enfocado en la optimización de la biomecánica, con el objetivo de ofrecer un entrenamiento más natural y seguro para el usuario. Las máquinas modernas han sido diseñadas para respetar el movimiento natural del cuerpo, permitiendo una activación muscular más efectiva y reduciendo el riesgo de lesiones.

Las máquinas de última generación, como las fabricadas por Panatta, Prime Fitness o Etenon, han sido diseñadas para ajustarse a la estructura anatómica del usuario y optimizar la trayectoria del movimiento. A diferencia de las máquinas tradicionales con cables y sistemas de resistencia variable, estos equipos trabajan con palancas y puntos de apoyo que replican fielmente la biomecánica del entrenamiento con pesas libres, ofreciendo una experiencia más controlada pero igualmente desafiante.

Otro aspecto fundamental en las máquinas de gimnasio actuales es la posibilidad de personalización. La mayoría de los modelos cuentan con ajustes ergonómicos que permiten adaptar la máquina a diferentes tamaños y tipos de cuerpos, asegurando que cada usuario pueda realizar el ejercicio con la máxima eficiencia y sin comprometer su postura. Además, algunas incorporan mecanismos de carga convergente y divergente, permitiendo que el movimiento se asemeje más a los patrones de activación muscular naturales del cuerpo humano.

⁷ Placas selectorizadas: tipo de máquinas de resistencia que utiliza placas apiladas como carga y se ajusta mediante un pasador o perno.

En los últimos años, el diseño de las máquinas de gimnasio también ha evolucionado para permitir una mayor libertad de movimiento. Muchas incluyen sistemas de carga de discos en lugar de placas selectorizadas, lo que permite una resistencia más personalizada y progresiva. Este enfoque ha sido adoptado en equipos, que buscan ofrecer la sensación del levantamiento de pesas libres con la estabilidad y seguridad de una máquina.

Además, el auge de la biomecánica en el fitness ha llevado a la incorporación de tecnologías que mejoran la ejecución de los ejercicios. Algunas máquinas incluyen sistemas de asistencia variable que permiten mantener una tensión constante en el músculo a lo largo de toda la fase del movimiento, optimizando el estímulo de la fibra muscular. Estas innovaciones han sido clave para que los atletas y culturistas puedan entrenar de manera más eficiente sin comprometer sus articulaciones.

Conclusión

El entrenamiento de fuerza ha evolucionado enormemente desde sus orígenes. Desde el levantamiento de piedras en la antigüedad hasta las máquinas avanzadas de hoy, la búsqueda de mejorar la fuerza y la condición física ha sido una constante en la historia humana. Con cada avance en tecnología y biomecánica, el entrenamiento de fuerza sigue perfeccionándose, permitiendo a más personas alcanzar sus objetivos de manera segura y eficiente.

4. Estudio anatómico

En este estudio se busca analizar la anatomía y biomecánica muscular para identificar los mejores métodos de entrenamiento para cada grupo muscular.

Pectoral⁸

Los músculos pectorales se sitúan en la región torácica del cuerpo y desempeñan un papel esencial en la movilidad y funcionalidad del tren superior. Dentro de este grupo encontramos el pectoral mayor, que es el músculo principal del pecho, y el pectoral menor, que es menos visible, aunque cumple funciones importantes como la estabilización del omóplato.

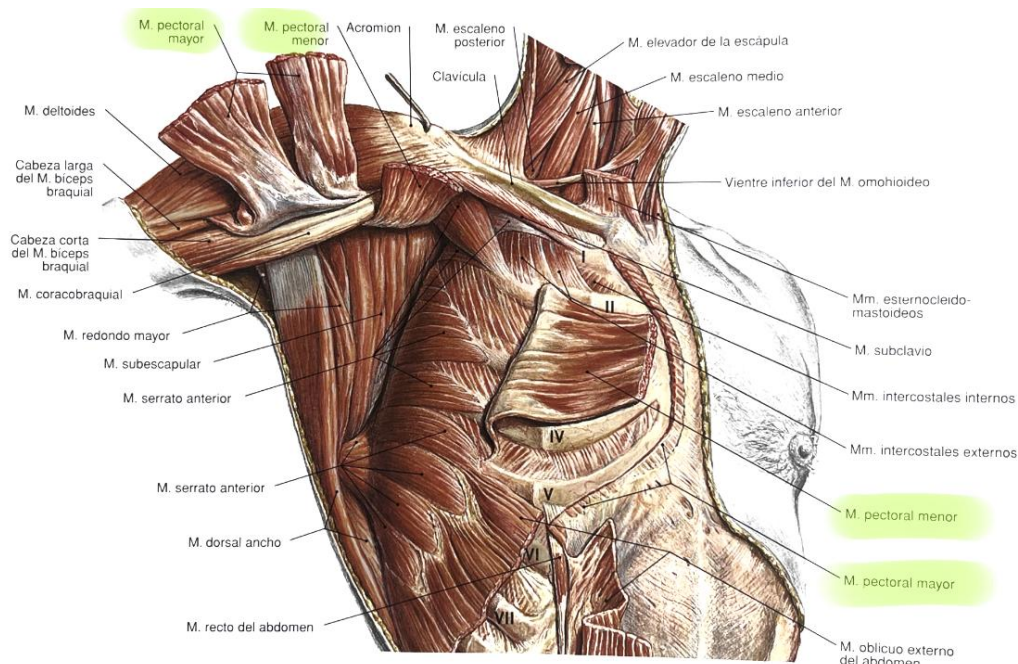


Ilustración. 3 Músculos pectorales

El pectoral mayor está compuesto por dos cabezas (puntos donde el tendón se adhiere al esqueleto), esternoclavicular y esternocostal o también conocidas de forma coloquial como cabeza superior e inferior respectivamente.

Para optimizar el crecimiento muscular, es fundamental tener conocimiento sobre cómo trabaja y recibe estímulo este grupo muscular. Los dos movimientos principales mediante los que el pecho recibe estímulo son el empuje básico conocido comúnmente como “press” y las aperturas. El press realiza un movimiento en el que los brazos pasan de una posición con el codo flexionado a 90° a una posición totalmente estirada. Por otro lado, las aperturas se realizan estirando los brazos lateralmente y buscando juntar las palmas. A través de estos dos movimientos se pueden incluir múltiples variantes trabajando con diferentes inclinaciones, el uso de banco, barra, poleas, etc. El trabajo con distintas inclinaciones nos permitirá ejercitar en mayor o menor medida las distintas cabezas.

⁸ (Putz & Pabst, 2006, p. 39)

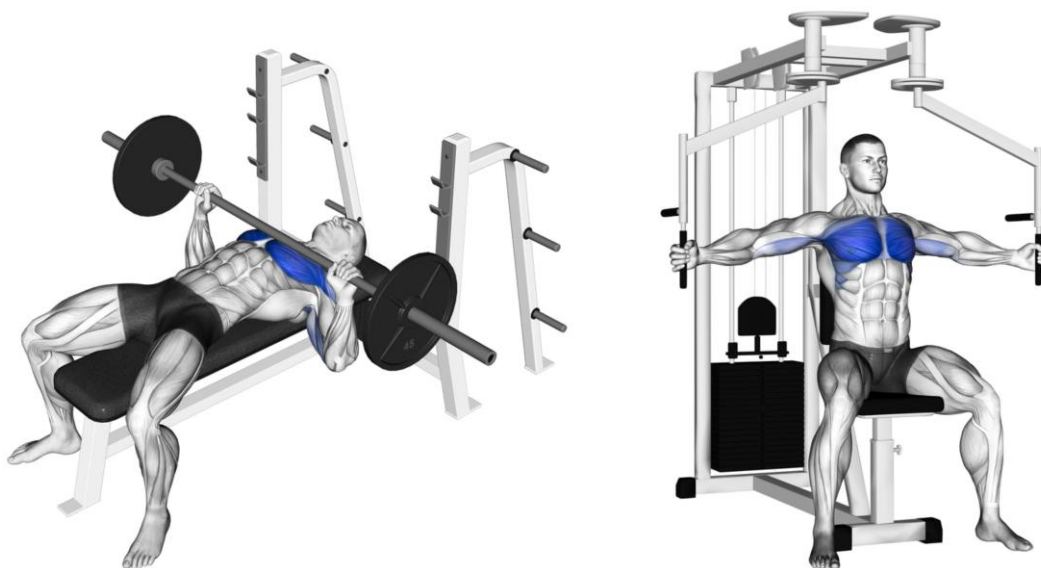


Ilustración 4. Press de banca y aperturas de pecho

A la hora de realizar ejercicios de pecho es importante tener en cuenta la posición del pecho, para ello es importante mantener los omóplatos retraídos y elevar ligeramente el pecho. Otro punto a tener en cuenta es la importancia del rango de movimiento. El estiramiento bajo carga es clave para la hipertrofia del pectoral, por lo que bajar lo máximo posible en un press y abrir lo máximo posible el recorrido en las aperturas, resultará beneficioso para la creación de masa muscular.

Espalda⁹

La espalda es una de las regiones musculares más complejas de nuestro cuerpo, debido a que se compone de varios grupos musculares interconectados. Podemos dividir la espalda en tres regiones:

1. Espalda superior: Compuesta por el trapecio (superior, medio e inferior), romboides, infraespinoso y redondo menor. Estos músculos son clave para la retracción y depresión escapular, así como para la estabilidad del hombro.
2. Dorsales: Incluyen el dorsal y el redondo mayor. Su función principal es la aducción y abducción del húmero, lo que contribuye a la apariencia ancha de la espalda y mejora la estética del torso.
3. Espalda baja: Engloba los erectores espinales y lumbar. Son esenciales para la estabilidad de la columna y la resistencia en levantamientos pesados.

⁹ (Putz & Pabst, 2006, pp. 22-23)

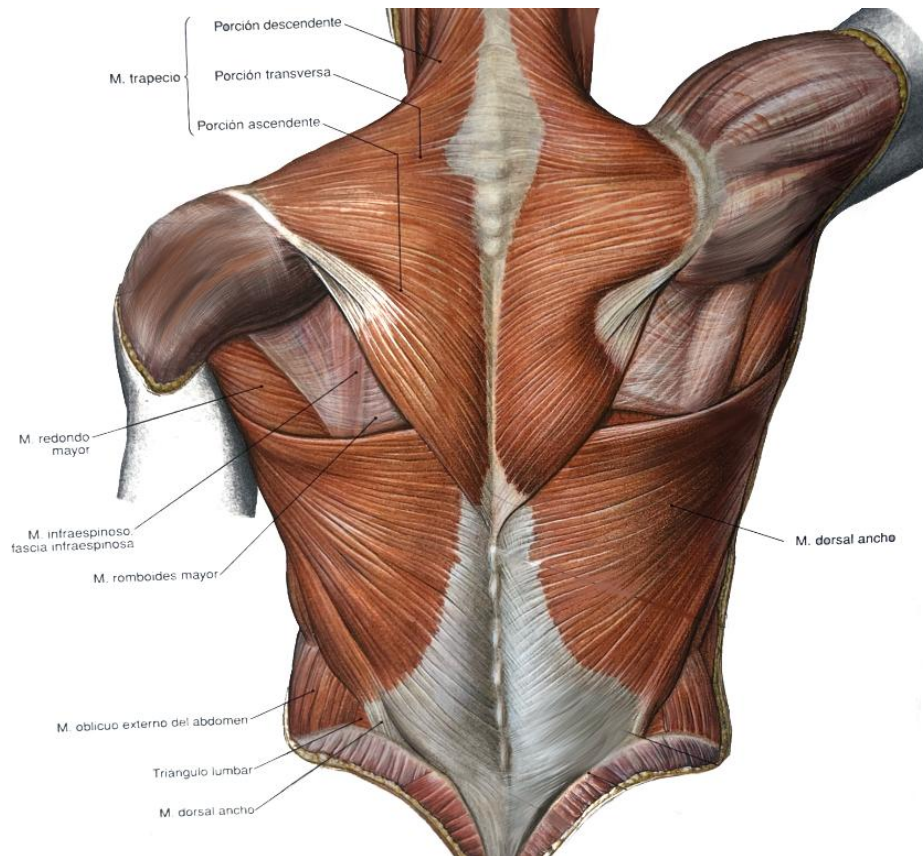


Ilustración 5. Músculos de la espalda

El ejercicio básico para tener una espalda con un desarrollo completo es el remo. Se llama así debido al símil en el movimiento con el deporte. Consiste en realizar un tirón hacia tu cuerpo. A través de este ejercicio obtendremos múltiples alternativas que nos permitirán trabajar toda la espalda en su conjunto, en las cuales podremos variar agarre (prono¹⁰, supino¹¹ y neutro¹²), inclinación y altura. Además del remo, hay otros ejercicios que permiten un menor número de variantes, pero pueden resultar interesante para el desarrollo de la espalda. El “jalón” al pecho es un ejercicio que se realiza mediante polea colocada encima de ti en el cual se realiza un tirón hacia el pecho. En este ejercicio se trabaja el dorsal ancho y las únicas variantes que permite son los agarres. Por último, el peso muerto busca un enfoque en la espalda baja, aunque trabaja la espalda como conjunto y puede involucrar también los isquiotibiales.

¹⁰ El agarre prono es una técnica de agarre en la que teniendo en cuenta la posición indicada, las palmas de las manos están orientadas hacia tu propio cuerpo.

¹¹ El agarre supino es una técnica de agarre en la que las palmas de las manos están orientadas en posición contraria al cuerpo.

¹² El agarre neutro consiste en colocar las manos mirándose entre sí.



Ilustración 6. Remo con barra, peso muerto y jalón al pecho

Para ejecutar cualquier ejercicio de espalda es importante mantener la espalda recta sin curvar para evitar lesiones.

Hombro¹³

El hombro o deltoides es uno de los más móviles y complejos del cuerpo, pero también uno de los más propensos a lesiones. Las funciones principales del deltoides son la aducción, abducción rotación lateral y el soporte del peso del miembro superior. Este músculo se diferencia en tres cabezas que se conocen coloquialmente como cabeza frontal (azul), cabeza lateral (naranja), cabeza posterior (verde).

¹³ (Putz & Pabst, 2006, p. 40)

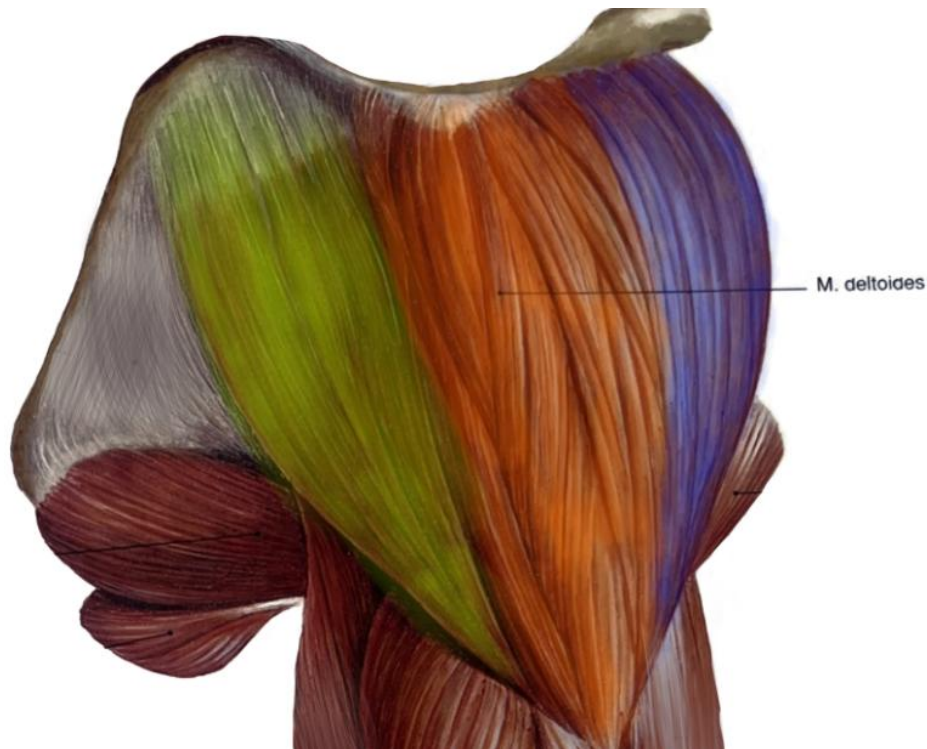


Ilustración 7. Hombro y sus cabezas

Para entrenar este músculo podremos separar los ejercicios por cabezas, ya que cada una de ellas trabaja en mayor medida. A pesar de ello, existe un ejercicio en el que trabaja el deltoides de forma general y se considera el ejercicio por excelencia de hombro, se trata del press militar, que consiste en realizar un empuje vertical por encima de la cabeza. Si lo que queremos es trabajar la cabeza frontal debemos realizar un movimiento de elevaciones frontales. Si se busca enfocar el trabajo en la cabeza lateral debemos realizar un movimiento de elevaciones laterales. Por último, para la cabeza posterior realizaremos un remo alto de modo que el enfoque vaya al deltoides posterior y espalda alta.

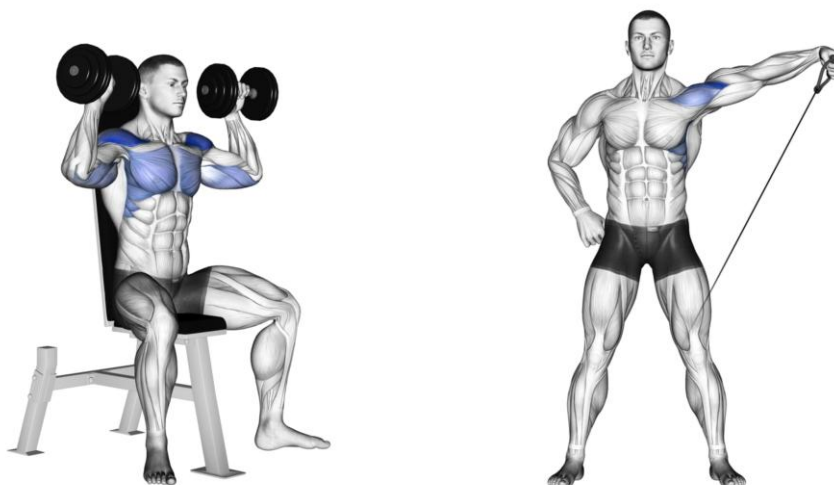


Ilustración 8. Press militar y elevaciones laterales en polea

Bíceps¹⁴

El bíceps braquial es uno de los principales músculos del brazo ubicado en la parte anterior del húmero. Su nombre proviene del latín y hace referencia al hecho de que posee dos cabezas que se fusionan en un único cuerpo distal:

1. Cabeza larga: Se origina en el tubérculo supraglenoideo de la escápula.
2. Cabeza corta: Se origina en la apófisis coracoides de la escápula.

Ambas cabezas se unen a un gran vientre muscular en el lado anterior del húmero y se insertan en la tuberosidad radial. Las funciones principales del bíceps son la flexión del codo y la supinación del antebrazo, aunque también trabaja, en menor medida, en la flexión del hombro.

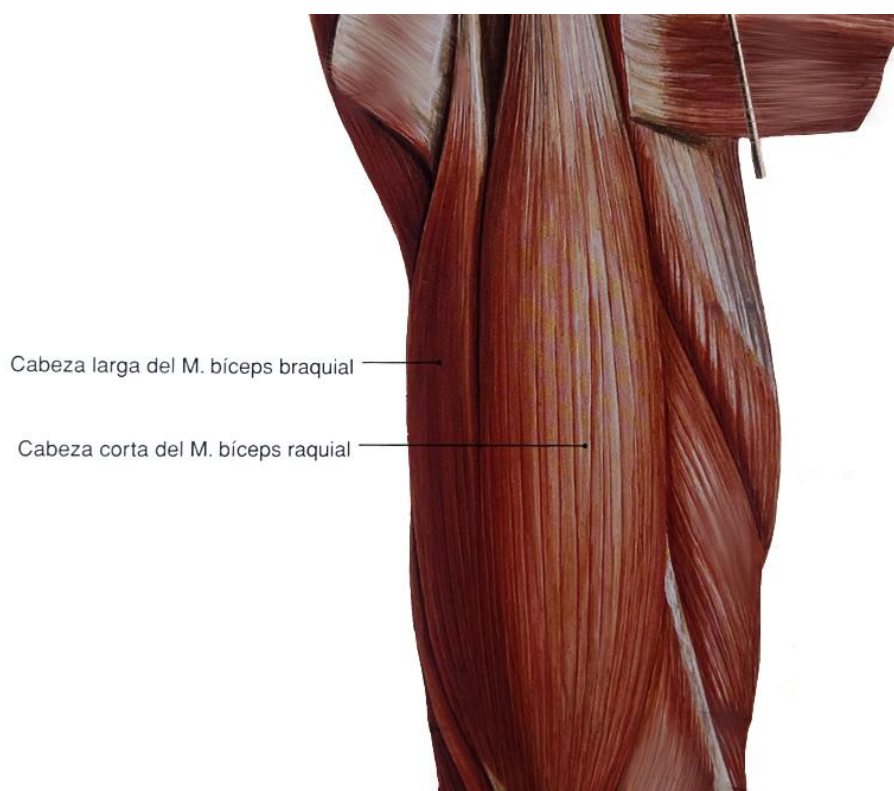


Ilustración 9. Bíceps Braquial

Al supinar y flexionar el codo trabajamos el bíceps al completo, aunque existen variantes que nos ayuda a enfocar el trabajo en una de las dos cabezas. Si utilizamos un agarre más abierto y/o mantenemos el codo por detrás del cuerpo llevando los brazos hacia atrás, se hará mayor estímulo en la cabeza larga que en la corta. Por otro lado, si se utiliza un agarre más cerrado y/o mantenemos el codo por delante del cuerpo estimularemos más la cabeza corta.

¹⁴ (Putz & Pabst, 2006, p. 41)

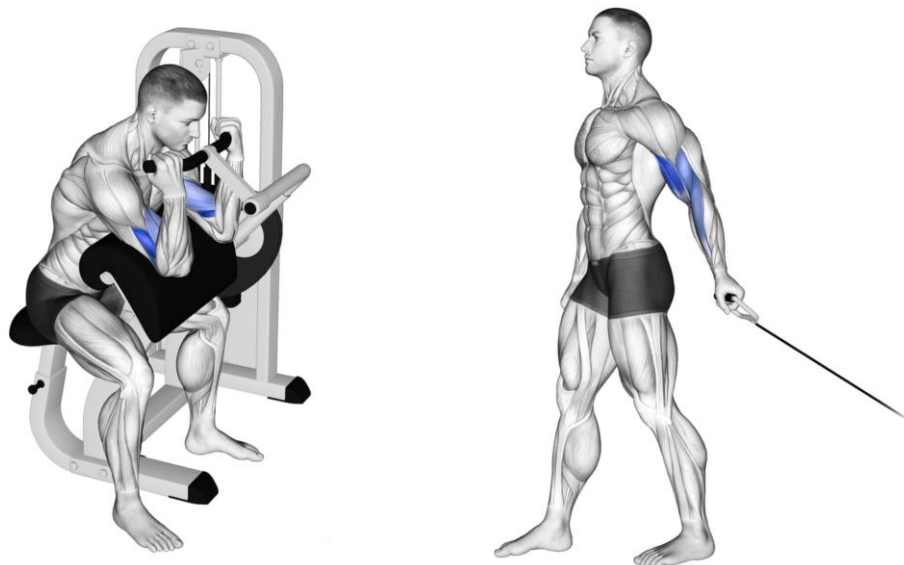


Ilustración 10. Curl de bíceps por delante y por detrás

Por último, es importante evitar el balanceo del brazo al hacer los ejercicios intentando que el movimiento sea únicamente la flexión del codo. Apoyar los brazos en alguna superficie puede ayudar a evitar estos movimientos.

Tríceps¹⁵

El tríceps braquial es un músculo ubicado en la parte posterior del brazo y constituye aproximadamente dos tercios de la masa muscular del mismo. Al igual que el bíceps su nombre hace referencia al número de cabezas que tiene el músculo:

1. Cabeza larga: Es la única cabeza que cruza la articulación del hombro.
2. Cabeza lateral: Es la cabeza más fuerte y aporta volumen y fuerza al brazo.
3. Cabeza medial: Está ubicada debajo de la cabeza larga y la lateral, y es más activa en movimientos de resistencia baja o moderada.

¹⁵ (Putz & Pabst, 2006, p. 42)

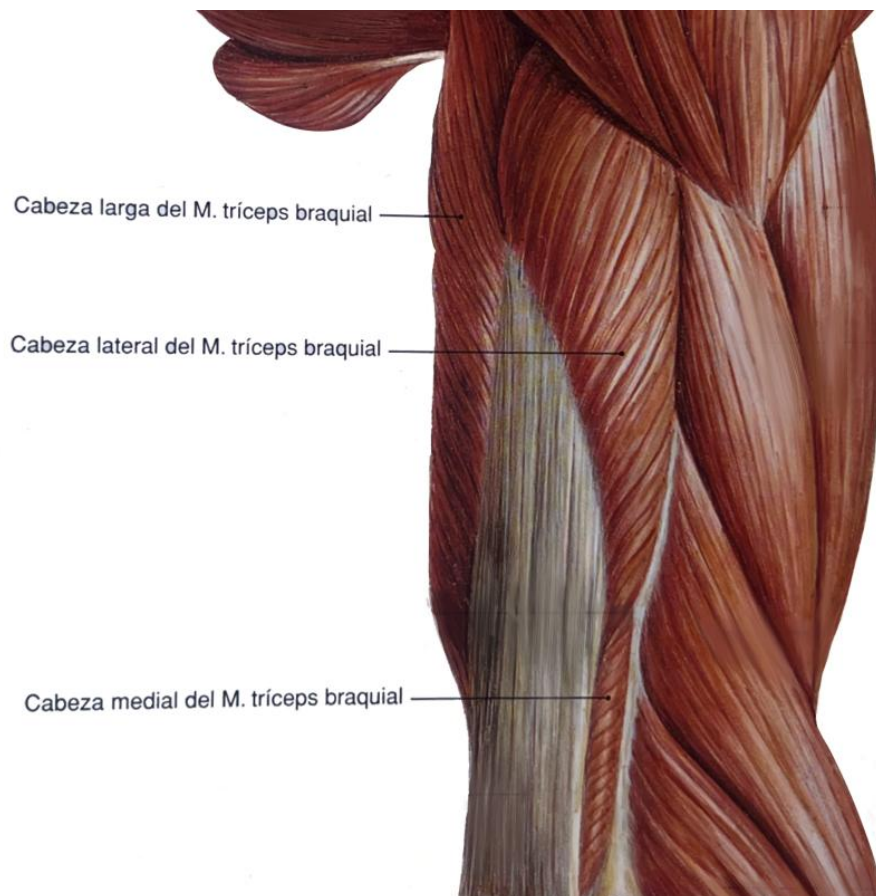


Ilustración 11. Tríceps braquial

El movimiento que permite este músculo es estirar el brazo, principalmente. Al realizar la extensión del codo en diferentes ángulos podremos trabajar las distintas cabezas del tríceps. Cuando realizamos los ejercicios por encima de la cabeza se trabaja más la cabeza larga. En el resto de los empujes o extensiones del codo se trabaja la cabeza lateral y medial.

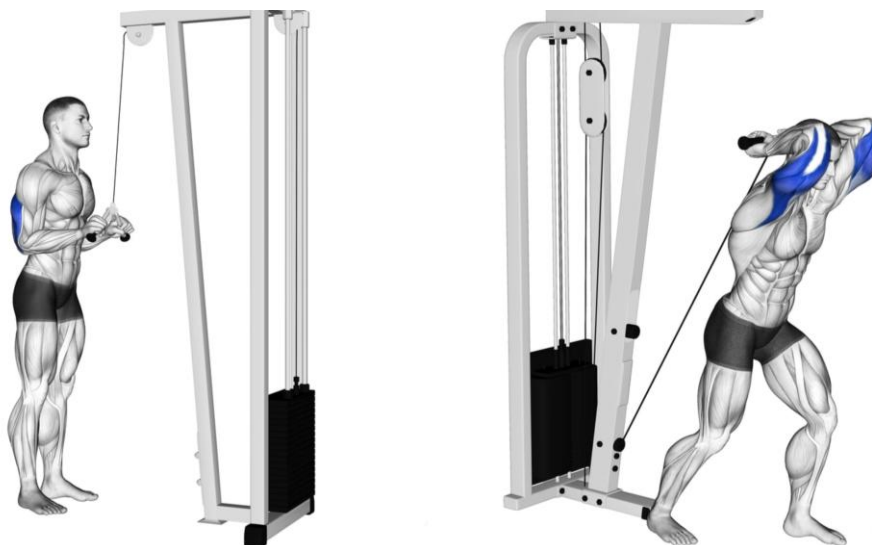


Ilustración 12. Extensión de codo y por encima de la cabeza

Cuádriceps¹⁶

El músculo cuádriceps femoral constituye la mayor parte de la masa muscular anterior del muslo y es considerado el músculo más fuerte del cuerpo. Este músculo es fundamental para la extensión de la rodilla y la flexión de la articulación coxofemoral. Sus partes son:

1. Vasto lateral: Se encuentra en la parte externa del muslo.
2. Vasto medial: Se ubica en la parte interior del muslo.
3. Vasto Intermedio: Está entre el vasto lateral y medial, debajo del recto femoral.
4. Recto femoral: Es el único de los cuatro que cruza la articulación de la cadera y está compuesto de la cabeza recta y cabeza refleja.

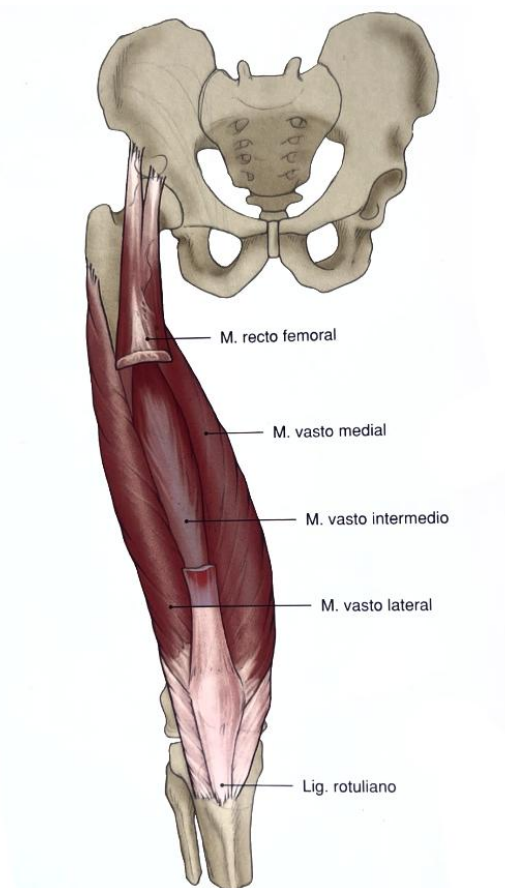


Ilustración 13. Cuádriceps

¹⁶ (Putz & Pabst, 2006, p. 59)

Principalmente para fortalecer el este músculo se busca la extensión de rodilla y el empuje con piernas. En el primero, se busca el levantamiento de rodilla estirada en posición sedente y no permite muchas variaciones, aunque sea un excelente ejercicio para focalizar únicamente el cuádriceps. El empuje de piernas es un ejercicio que permite un gran abanico de posibilidades: sentadillas, prensa de pierna, zancadas, etc. Es importante recalcar que en los ejercicios de empuje con piernas también trabajan otros músculos como los glúteos o los isquiotibiales, por lo que ajustar los pies de modo que estén los más bajos o hacia atrás posible nos ayudarán a aumentar la activación del cuádriceps y reducir la participación del resto de músculos.

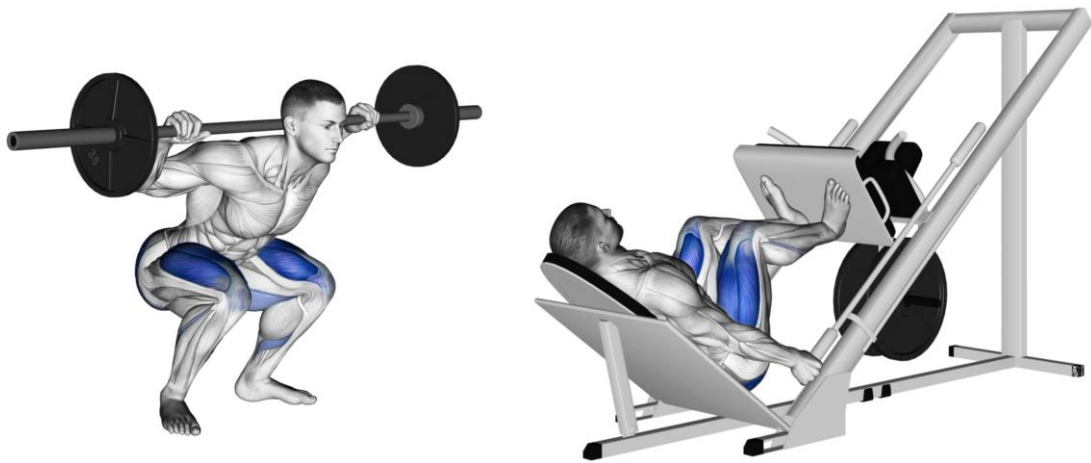


Ilustración 14. Sentadilla con barra y prensa

Glúteo¹⁷

Los músculos de la región glútea están formados por cuatro músculos que se encargan de la extensión, rotación y abducción de la articulación coxofemoral y también de la estabilidad en la extensión de la articulación de la rodilla. Los músculos del glúteo son:

1. Glúteo mayor: Es el que da relieve a la región y cubre casi por completo al resto de músculos de este grupo.
2. Glúteo medio: Sobresale ligeramente en dirección craneal y ventral y, a su vez, cubre el glúteo menor.
3. Glúteo menor: es el más pequeño y profundo de los glúteos.
4. Piriforme: Pequeño y profundo que ayuda a la rotación de la cadera.

¹⁷ (Putz & Pabst, 2006, p. 57)

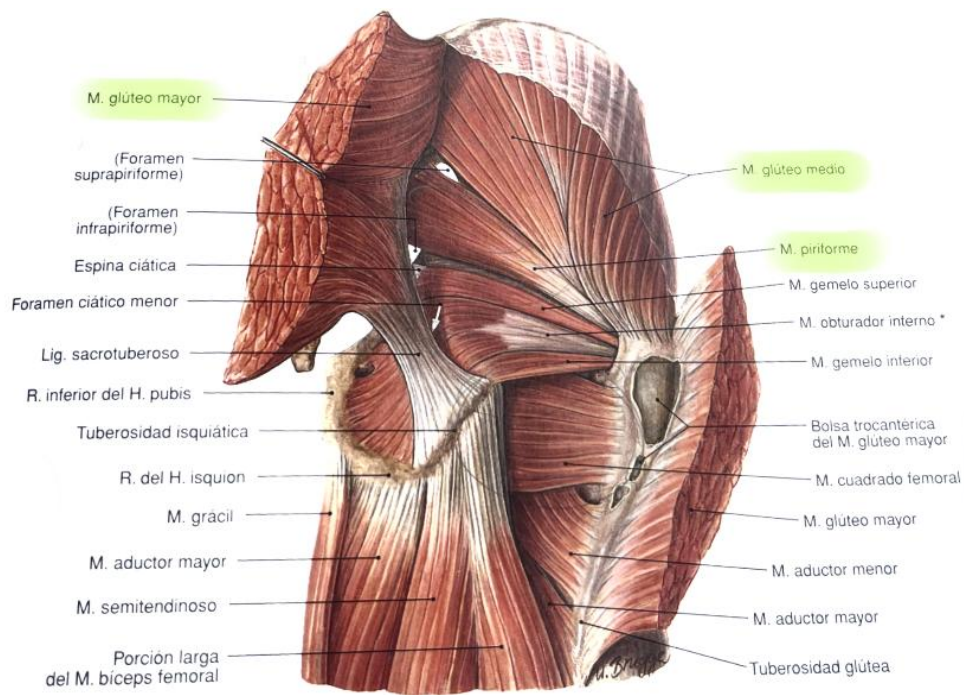


Ilustración 15. Glúteo

Para trabajar el glúteo podremos realizar ejercicios de empuje de piernas, colocando las piernas abiertas, elevaciones de cadera y aperturas de cadera. El segundo ejercicio se realiza apoyando la parte superior de la espalda en un banco, colocando el peso sobre la pelvis y mediante una flexión de la rodilla se busca empujar alineando el cuerpo con la cadera.

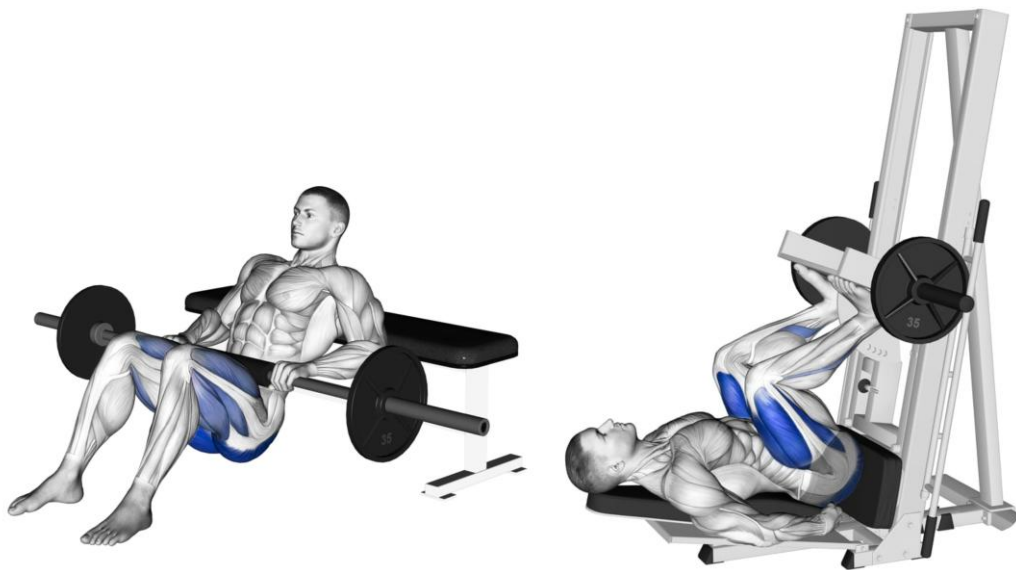


Ilustración 16. Hip thrust y prensa vertical

Isquiotibiales¹⁸

Son un grupo de tres músculos ubicados en la parte posterior del muslo que se encargan de la extensión, rotación y aducción de la articulación coxofemoral y también de la flexión y rotación de la articulación de la rodilla. Los músculos que componen los isquiotibiales son:

1. Bíceps femoral: Se encuentra en la parte externa del muslo y se compone de la cabeza larga y la cabeza corta.
2. Semitendinoso: En el centro del muslo posterior, ligeramente medial.
3. Semimembranoso: En la parte interna y profunda del muslo.

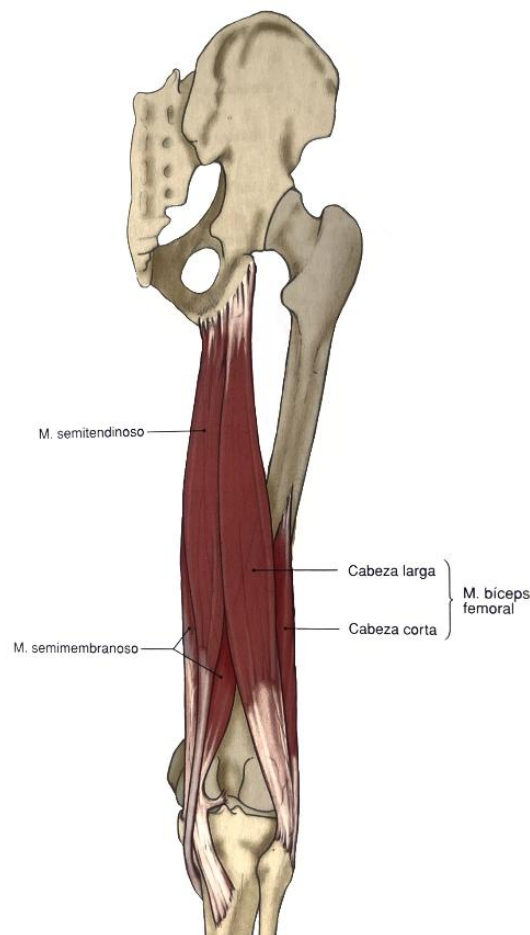


Ilustración 17. Isquiotibiales

¹⁸ (Putz & Pabst, 2006, p. 61)

Podemos trabajar la zona isquiotibial mediante la flexión de rodilla, el empuje con piernas, la extensión de cadera y estiramiento. La flexión de rodilla es el ejercicio en el que mayor enfoque se consigue dar al músculo y se hace principalmente sentado o tumbado. Colocando los pies de modo que estén los más altos o hacia adelante posible nos ayudarán a aumentar la activación de los isquios. Este músculo también trabaja mediante el estiramiento y la extensión de cadera, por lo que el peso muerto rumano, es un gran ejercicio. Para ejecutarlo de manera correcta debemos sostener peso en nuestras manos y dejar caer el peso hacia adelante manteniendo la espalda recta para luego subir, el objetivo es mantener las rodillas estiradas empujar la cadera hacia atrás.

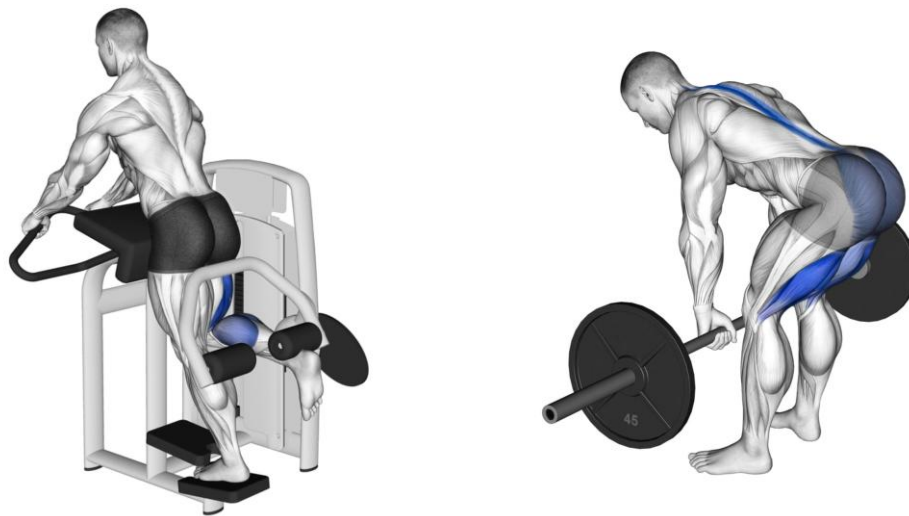


Ilustración 18. Curl femoral de pie y peso muerto rumano

Aductores¹⁹

Los aductores son los músculos mediales del muslo, cuya función principal es aducir la pierna. También participan en la estabilidad de la pelvis y en movimientos como la flexión y extensión de la cadera y rodilla. Son los siguientes:

1. Aductor mayor: Es el más grande y potente del grupo.
2. Aductor largo
3. Aductor corto
4. Grácil: Es el único músculo que participa en movimientos de la rodilla.
5. Pectíneo

¹⁹ (Putz & Pabst, 2006, p. 60)

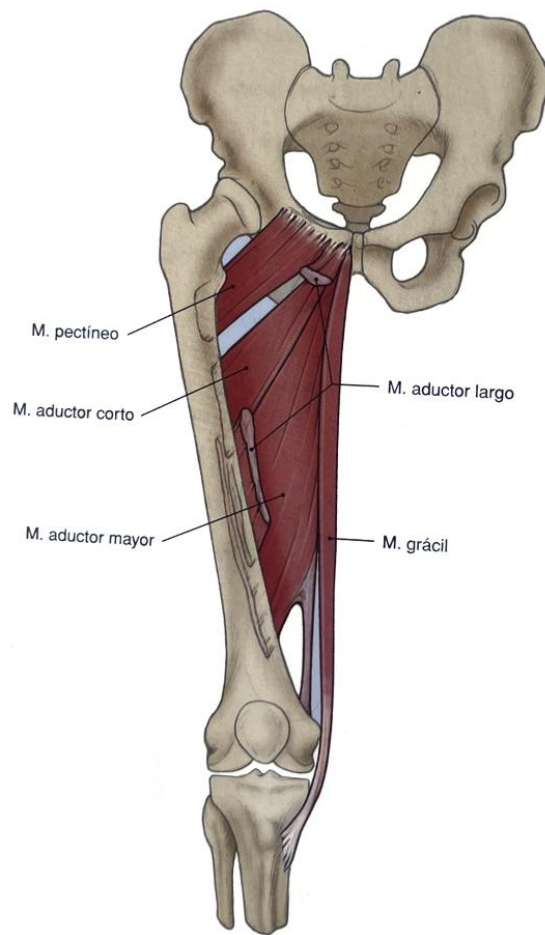


Ilustración 19. Aductores

El ejercicio estrella es la aducción de caderas, aunque hay otros ejercicios que no sean específicos para el músculo en el cual recibe estímulo, aunque sea mínimo.



Ilustración 20. Aducción en máquina

Gemelos²⁰

También conocidos como gastrocnemios son los músculos principales de la parte posterior de la pierna junto al sóleo y el plantar. Se divide en dos cabezas, la medial y la lateral, cuyas funciones son la flexión plantar y supinación del tobillo, y la flexión de la rodilla, aunque en menor medida.

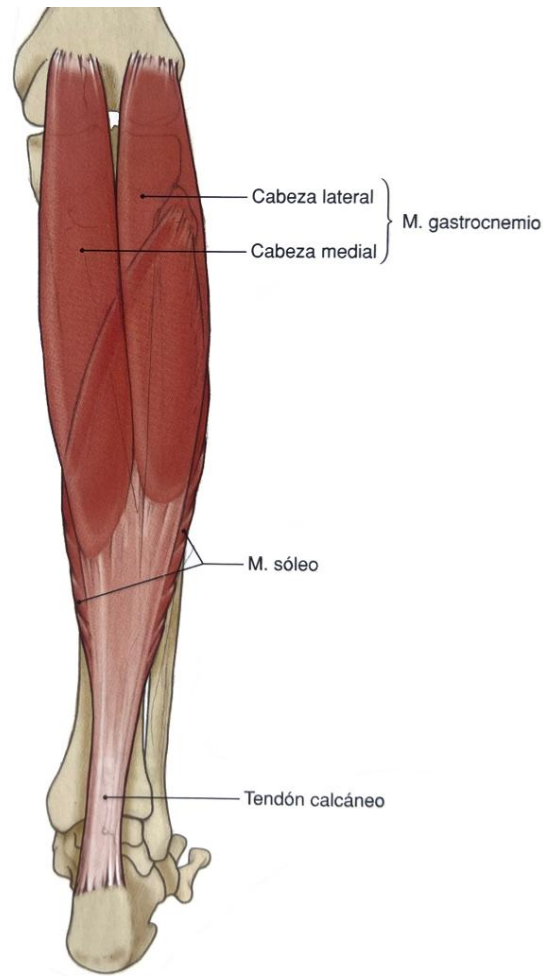


Ilustración 21. Gemelos

El único ejercicio para trabajar los gemelos es la elevación del talón, aunque se puede realizar de pie, sentado, en prensa, etc.

²⁰ (Putz & Pabst, 2006, p. 63)



Ilustración 22. Elevación de talón con barra

5. Estudio de Mercado

El estudio que se presenta a continuación analiza la demanda, tendencias y alternativas que ofrece el mercado de las máquinas de gimnasio.

5.1. Máquinas comunes en los gimnasios comerciales

Matrix

Matrix Fitness es una de las marcas líderes en la industria de las máquinas de gimnasio convirtiéndose en una de las más habituales de encontrarse especialmente en gimnasios comerciales. Esta marca cuenta con una línea de productos para gimnasio y para domicilio, incluyendo máquinas de estación única y multiestación.

Las principales características de sus máquinas de estación única es que son máquinas muy sencillas y de fácil uso, permitiendo realizar movimientos controlados y ergonómicos. El peso se ajusta con placas selectorizadas lo cual permite mayor comodidad a la hora de preparar el ejercicio. Estas máquinas son, por lo mencionado anteriormente, perfectas para usuarios principiantes.



Ilustración 23. Ultra Converging Chest Press

En cuanto a sus máquinas multiestación, se trata de máquinas de poleas en los cuales se combinan distintos tamaños y posiciones, pero no destacan por incluir alternativas a las poleas como veremos más adelante en otras marcas.

Technogym

Technogym es otra marca para destacar en la industria del fitness. Hoy en día resulta difícil no encontrar un gimnasio que no cuente con material de esta marca, ya que ofrece no se especializa en un tipo de máquinas, como veremos en algunas de las otras mencionadas, sino que trabaja con máquinas de placas selectorizadas, equipos con carga de discos, máquinas multifuncionales y una línea de máquina con una tecnología innovadora, que analizaremos en otro apartado más adelante.

Las máquinas de placas selectorizadas de Technogym son muy similares a las que hemos analizada de Matrix en las que destaca la sencillez y son, por ello, perfectas para usuarios principiantes.

La línea de equipos de carga de discos resulta más interesante analizar. Estas máquinas están diseñadas para usuarios medios y avanzados, en las que destaca más la biomecánica, aunque sin llegar al nivel detalle de las que veremos más adelante. El hecho de poder cargar discos permite mayor libertad a la hora de escoger pesos para realizar los ejercicios. A pesar de ser máquinas de nivel más avanzado resultan muy intuitivas y fácil de utilizar.



Ilustración 24. Technogym Pure Row

Una alternativa distinta de máquina multifuncional es la que propone Technogym, acumulando un alto número de ejercicios para placas selectorizadas. A pesar de ello, es difícil en esta máquina realizar más ejercicios que los que dispone, por lo que puede ser una buena alternativa para combinar con otras máquinas, pero no como la única ya que está bastante limitada.



Ilustración 25. Technogym Multifuncional

5.2. Máquinas con perfil profesional

Panatta

Panatta es una reconocida marca italiana especializada en la fabricación de máquinas y equipamiento de gimnasio. Esta empresa se ha consolidado como una de las principales referencias en la industria del entrenamiento de fuerza, destacando por su calidad, diseño ergonómico y enfoque en el rendimiento biomecánico.

Si analizamos a fondo sus máquinas podemos apreciar la alta precisión biomecánica que ofrecen. Cada equipo está diseñado para replicar el movimiento natural del cuerpo, permitiendo una ejecución eficiente y segura de los ejercicios. Por ejemplo, a continuación, se muestra una imagen de lo que sería la máquina de press de hombro de Panatta. En este modelo podemos apreciar que las guías del peso están ligeramente inclinadas hacia el centro de la máquina. Esto se debe a que, aunque nosotros pensemos que el movimiento natural es puramente vertical, no es así.



Ilustración 26. Shoulder Press Panatta

Todas las máquinas cuentan con ajustes ergonómicos personalizables, permitiendo a cualquier usuario una posición cómoda y óptima para realizar correctamente el ejercicio.

Otro factor para tener en cuenta de las máquinas de Panatta, es que trabajan con peso libre, es decir, añadiendo discos de peso. Siendo estas mucho más efectivas en la activación de los músculos, ajustes de peso más específicos, mayor capacidad de carga y mayor sensación de entrenamiento.

Etenon

Etenon Fitness es una marca española también muy reconocida y que sigue una línea muy similar Panatta, basándose en la biomecánica, ergonomía y calidad.

En este caso, para no resultar redundante analizaremos 2 modelos de máquinas multifunción que la marca.

En primer lugar, se puede apreciar una estructura la cual se basa en el juego de poleas con placas selectorizadas, lo cual permite una gran variedad de ejercicios a pesar de que no se pueden desplazar lo que daría lugar a un mayor número de ángulos y variedad. La estructura lleva acoplada una serie de bancos y disposiciones para ejercicios concretos como el jalón al pecho. Para terminar, se puede apreciar que el esqueleto de la estructura cuenta con un gran número de agujeros, los cuales permiten colocar accesorios a diferentes alturas. Esto permite acoplar sujeciones para barras entre otras cosas.



Ilustración 27. Etenon Multifunction

En segundo lugar, la máquina que se muestra a continuación cuenta con bastantes similitudes, pero a su vez diferencias con respecto a la anterior. La presencia de poleas se mantiene, pero en este modelo permite el movimiento de estas en el eje vertical. También, nos encontramos con una Multipower o Smith (se le llama así a la barra con guía) lo cual da mucha versatilidad a la máquina y hace que no sean necesarios acoples para barras libres. A diferencia del anterior el banco habría que comprarlo aparte, aunque esto puede ser beneficioso ya que, al no ir unido a la estructura, su movimiento en los distintos ejercicios puede dar lugar a un mayor número de ejercicios y alternativas. El tamaño es similar y acoplable prácticamente en cualquier rincón.



Ilustración 28. Dual Functional-Multipower

Prime Fitness USA

Esta marca americana destaca por un brazo que permite regular la resistencia en máquinas de peso libre. Este brazo se incluye en gran parte de sus máquinas y se vende por separado como acople a máquinas multifunción.



Ilustración 29. Prodigy / Smart Arm

Este brazo permite ajustar la carga para realizar mayor o menor trabajo a lo largo del rango de movimiento del ejercicio. Si se coloca mayor peso arriba se realizará mayor trabajo en el alargamiento del ejercicio, si se coloca mayor peso abajo se realizará mayor trabajo en el acortamiento del ejercicio y en la sección del medio sería como en los ejercicios convencionales.

5.3. Máquinas de perfil tecnológico

Technogym BioStrength

La línea BioStrength de Technogym representa una innovación significativa en el ámbito del entrenamiento de fuerza para optimizar los resultados de los usuarios. Este tipo de máquinas han sido diseñadas para que el perfil de fuerza se adapte a cada individuo. Además, cada máquina cuenta con una pantalla en la que se puede configurar los datos del usuario y se muestra una guía de cómo se debe realizar el ejercicio según la configuración indicada, a modo de videojuego.



Ilustración 30. Biofeedback

La avanzada tecnología con la que cuenta esta línea de máquinas es su aspecto más destacable. La capacidad de ajustar la resistencia en tiempo real según la fuerza del usuario permite un entrenamiento mucho más eficiente. También se debe destacar su facilidad de uso a pesar del alto nivel tecnológico, que se consigue debido a su intuitiva interfaz lo que permite que sea perfecto para personas que se estén iniciando en el entrenamiento de fuerza.

Sin embargo, algunas veces esta dependencia de la tecnología puede resultar perjudicial. Al estar pendiente de las pantallas e intentar cumplir con la guía mostrada en esta, se puede reducir la conexión mente-músculo provocando una menor activación del músculo. Esto unido al alto coste de las BioStrength ha provocado que no termine de integrarse en los gimnasios.



Ilustración 31. Leg Press BioStrength

Tonal

Es una empresa de tecnología fitness fundada en 2015 en San Francisco con el objetivo de revolucionar el entrenamiento en casa.

El modelo que vamos a analizar es Tonal 2, la reciente mejora del primer modelo de la marca. Se trata de un equipo que combina resistencia digital, inteligencia artificial y una interfaz intuitiva para proporcionar un entrenamiento personalizado y efectivo. Su diseño es elegante y minimalista y permite realizar una amplia variedad de ejercicios con la incorporación de múltiples accesorios, ocupando un espacio reducido.

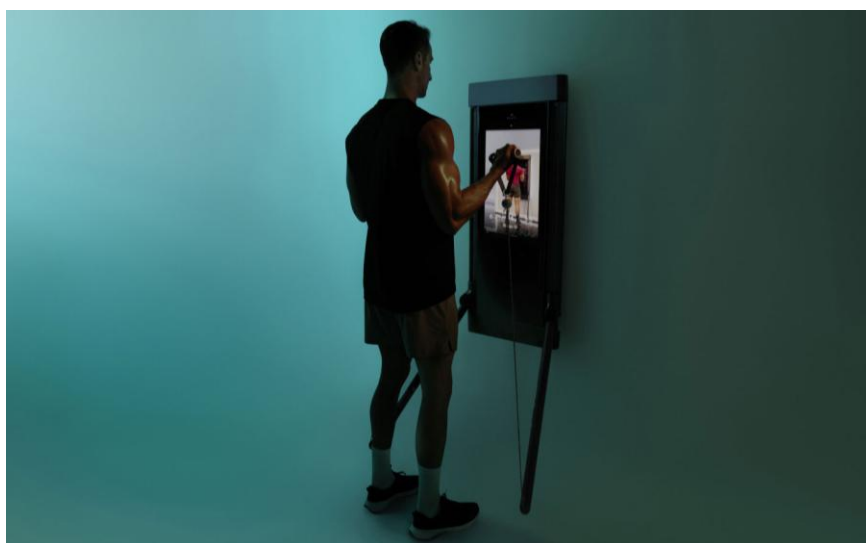


Ilustración 32. Tonal 2

Su estructura se monta sobre la pared y consta de dos brazos ajustables reforzados que son los que permiten estabilidad y versatilidad en los ejercicios. La máquina ofrece una resistencia digital máxima de 250 libras (113,4 Kg).

Su sistema inteligente permite ajusta automáticamente el peso en función del desempeño del usuario, adaptándose en tiempo real para maximizar la eficiencia del ejercicio. Además, incorpora una cámara de alta resolución con Smart View, capaz de analizar 500 puntos de datos por segundo para corregir la postura y mejorar la técnica. Entre sus innovaciones destacan los Drop Sets Inteligentes, que reducen la carga progresivamente según la fatiga muscular, y el modo Aero HIIT, que combina fuerza y cardio en una sola sesión.

Uno de los mayores beneficios es el entrenamiento personalizado con IA ya que proporciona una experiencia mucho más eficiente que la que podría realizar un usuario por su cuenta en cualquier otro tipo de máquina que no cuente con este sistema. Además, también es importante destacar la gran variedad de ejercicios que se pueden realizar ocupando tan poco espacio, algo que no es normal de ver en máquinas multifuncionales.

Por otro lado, depender de una suscripción mensual para los entrenamientos guiados y funciones avanzadas puede ser un factor negativo, ya que al tratarse de una máquina de que trabaja por cables no existe guía ninguna lo que provocaría no conseguir enfocar el trabajo en el músculo o incluso la aparición de molestias y lesiones. Otro punto negativo es el valor máximo de resistencia digital al que puede llegar la máquina, siendo insuficiente para según qué tipo de ejercicios o para usuarios de perfil avanzado.

6. Proceso de diseño

A través de los análisis previos, anatómico y estudio del mercado, se identifica una oportunidad de innovación en el desarrollo de una máquina de gimnasio multifunción, que no por ello pierda el enfoque en la eficiencia del movimiento y la biomecánica.

6.1. Concepto

El concepto inicial nace a través del análisis de la máquina Nautilus Multipower 3D. Esta máquina destaca porque permite el movimiento de la barra, no solo en el sentido vertical, sino también horizontalmente dentro de la jaula, lo que da una mayor libertad de movimiento para el usuario, pero manteniendo el sistema guiado en la barra para poder realizar un mejor movimiento de los ejercicios.



Ilustración 33. Nautilus Multipower 3D / Freedom Rack

A partir del funcionamiento de esta máquina nace la siguiente pregunta. ¿Qué pasaría si se consigue mover la barra en distintos ángulos? Si se lograra mover la barra en distintos ángulos, se abriría la posibilidad de diversificar los ejercicios disponibles en la máquina. Esto permitiría trabajar diferentes grupos musculares con mayor precisión y adaptar los movimientos a las necesidades específicas de cada usuario.

Además, modificar el ángulo de la barra podría influir en la resistencia ejercida por la máquina, ofreciendo distintos niveles de intensidad y variaciones en la biomecánica del ejercicio. Esto no solo haría el entrenamiento más dinámico, sino que también contribuiría a una mejor adaptación a diferentes niveles de condición física.

6.2. Ideas y diseños iniciales

Las primeras ideas contemplan mantener la estructura cuadrada. Al mover la posición de la barra en el eje superior o inferior se puede conseguir nuevas posiciones de la barra pudiendo variar su posición en 90° (desde los 45° hasta los 135°).

A pesar de conseguir adoptar una gran variedad de posiciones, surgen algunos inconvenientes o posibles mejoras que llevan a pensar en otros diseños o ideas. La primera es obvia, ya que a pesar de ser un rango de movimiento amplio el que se consigue con este modelo, la realidad es que al llegar a los 180° de movimiento de la barra se consigue un mayor número de movimientos y, por ello, de ejercicios y variantes. En segundo lugar, al tener una estructura cuadrada, si se quiere conseguir este movimiento la guía de la barra debería “crecer” y “decrecer”, ya que al generar diagonales la medida de la guía es mayor que si la guía se encuentra vertical, tal y como se muestra en la imagen.

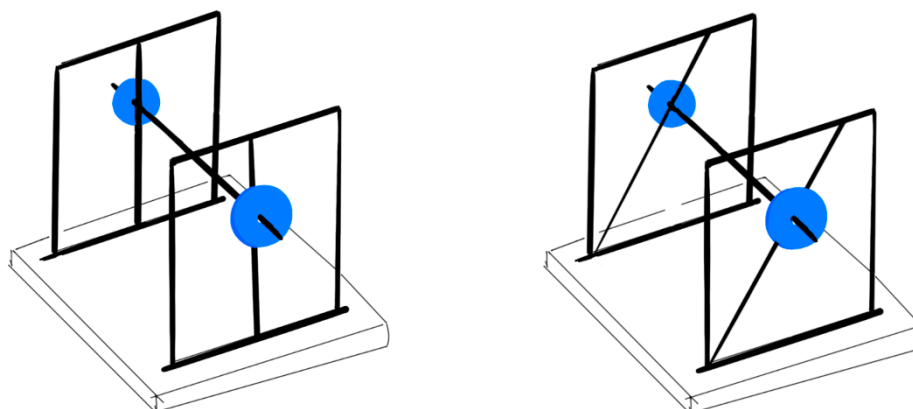


Ilustración 34. Croquis de la máquina con estructura cuadrada

Por otro lado, si cambiamos la estructura cuadrada por una estructura circular de la guía lograremos un gran número de beneficios con respecto al modelo anterior. La guía circular permite un rango completo de movimiento en las diferentes direcciones, siendo la posición horizontal de la barra la única dirección en la que no se podría trabajar con la máquina, debido a que al no tener inclinación la gravedad no actúa. En segundo lugar, este sistema soluciona el problema del cambio de tamaño de la barra evitando así futuros problemas a la hora de diseñar la máquina en mayor profundidad.

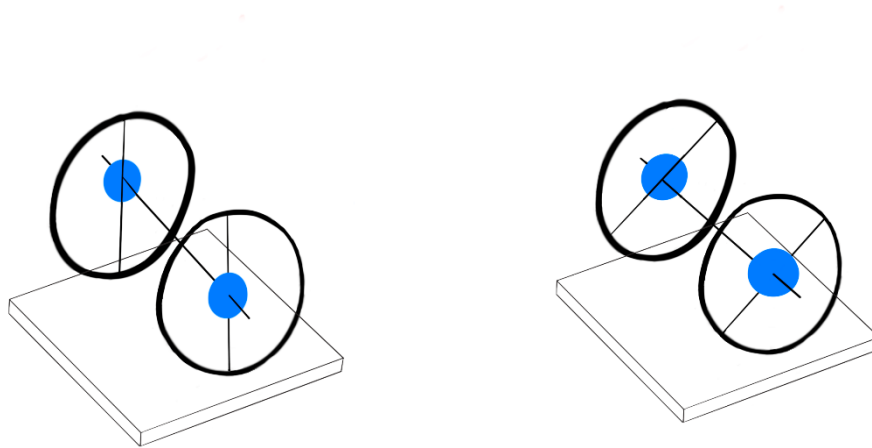


Ilustración 35. Croquis de la máquina con estructura circular

6.3. Aspectos ergonómicos

Los aspectos ergonómicos que se tratarán en el proceso de diseños iniciales e ideas serán las dimensiones generales del concepto que se desarrollará de forma más extensa en el siguiente apartado.

La medida de mayor importancia en este concepto será la altura de la máquina, debido a que será la que permita que el mayor número de usuarios pueda realizar sin ningún tipo de problema cualquier ejercicio. Al ser una variante de una máquina Smith no tendremos problemas para que usuarios de menor medida puedan realizar todo tipo de ejercicios ya que cuenta con ajustes durante todo el recorrido de la barra. Por otro lado, los usuarios cuya altura sobrepase las dimensiones habituales podrían tener problemas de ejecución de ejercicios, es por ello por lo que cuanto más se ajusten las medidas de las máquinas mayor será el rango de usuarios que puede utilizar la máquina. Si ponemos un caso de una altura poco común, alrededor de los 2 m, y analizamos qué ejercicios pueden suponer mayor problema de ergonomía podremos adaptar el tamaño de la máquina sin que esta tenga medidas exageradas ni se quede inadaptada.

Los principales problemas para los usuarios de estas alturas aparecen en los ejercicios en los que durante su recorrido hay una posición de pie y lo más estirado posible. Por lo cual, la sentadilla o elevación de talón de pie son algunos que debemos analizar. En ambos ejercicios la barra irá colocada en el trapecio y hombros del usuario, es por ello por lo que no debemos usar como referencia los 2 m. La cabeza humana mide aproximadamente un 13% del cuerpo humano, aunque puede variar dependiendo de la etnia, el sexo y la edad. Para el caso que supusimos, nos quedaría una cabeza de 26 cm que nos ayuda a establecer una nueva medida. La distancia promedio de los hombros a la parte superior de la cabeza es de 1,5 veces la medida de la cabeza, obteniendo una medida de 39 cm. Conociendo estas medidas se puede indicar la altura a la que irá colocada la barra en un usuario de 2 m de pie, que será de aproximadamente 1,61 m. Debemos tener en cuenta que para algunos ejercicios como la elevación de talón de pie, no solo la elevación supone que la barra tenga que llegar a una altura mayor sino que muchas veces se utilizan accesorios como soportes en el suelo que permitan un mayor rango de recorrido. Supondremos que el soporte es de unos 20 cm y que la elevación de talón en un usuario de esas dimensiones es de 12 cm aproximadamente. Esto nos da una altura final de 1,93 m por lo que la altura de la máquina debe ser cercana a los 2 m.

7. Propuesta final

7.1. Diseño final

El diseño final de la máquina está formado por una guía circular que permite el movimiento en 360° de la barra guiada. Se estima que la máquina permite realizar alrededor de 40 ejercicios sin tener en cuenta sus variaciones de inclinaciones y alternativas en cada tipo de ejercicio que nos llevaría a una selección de más de 80 ejercicios.

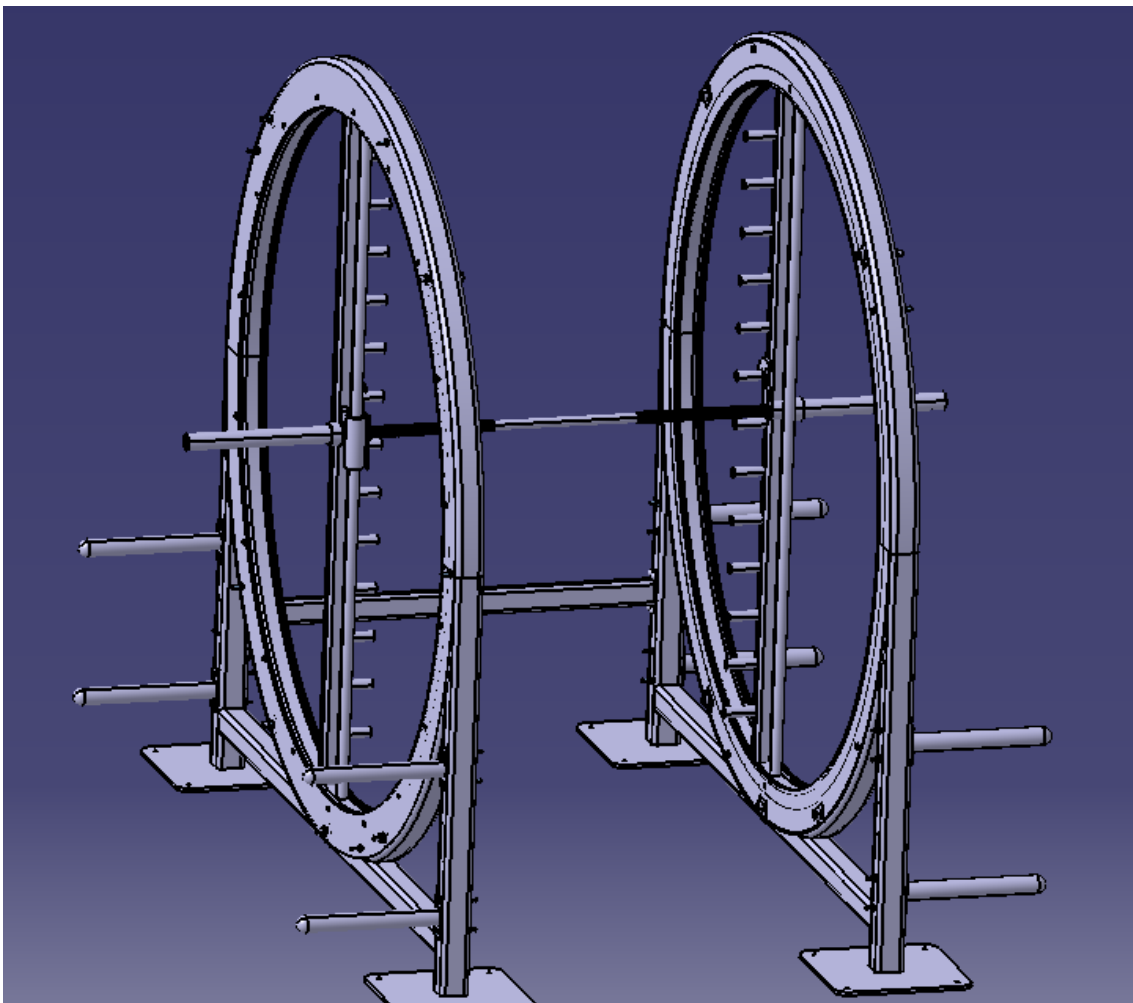


Ilustración 36. Vista isométrica delantera de la máquina.

El funcionamiento de la máquina es muy sencillo. Únicamente se deberán tener en cuenta dos factores previos a su uso. El primero y más importante es la inclinación de la barra para el ejercicio que se va a hacer. Para cambiar la inclinación simplemente habrá que girar la guía de la barra hasta la inclinación deseada y utilizar el eje de bloqueo para evitar el movimiento de giro. En segundo lugar, debemos de tener en cuenta a qué altura colocar la barra a lo largo de la guía, de modo que al realizar el ejercicio resulte cómoda su posición. Cuando sepamos la altura, utilizaremos el sistema de bloqueo de la barra, que consiste en un movimiento de giro de la barra de modo que el gancho que está soldado a esta se enganche a uno de los ejes de la barra de frenado. Una vez que tenemos la máquina en posición, podremos cargar la barra de peso en cada lateral de la barra y realizar el ejercicio que hayamos preparado. Es importante poner la misma cantidad de peso en cada lado de la barra de modo que haya una mejor distribución del mismo peso. Para cambiar de ejercicio es importante que la máquina no tenga peso en la barra, ya que puede resultar difícil el cambio de posición y podría resultar en problemas de seguridad.

7.1.1. Descripción de la máquina

La máquina está formada por dos bloques de piezas iguales dispuestos simétricamente el uno del otro y, unidos tanto por la barra de gimnasio como por una pieza de unión a la que van atornilladas.

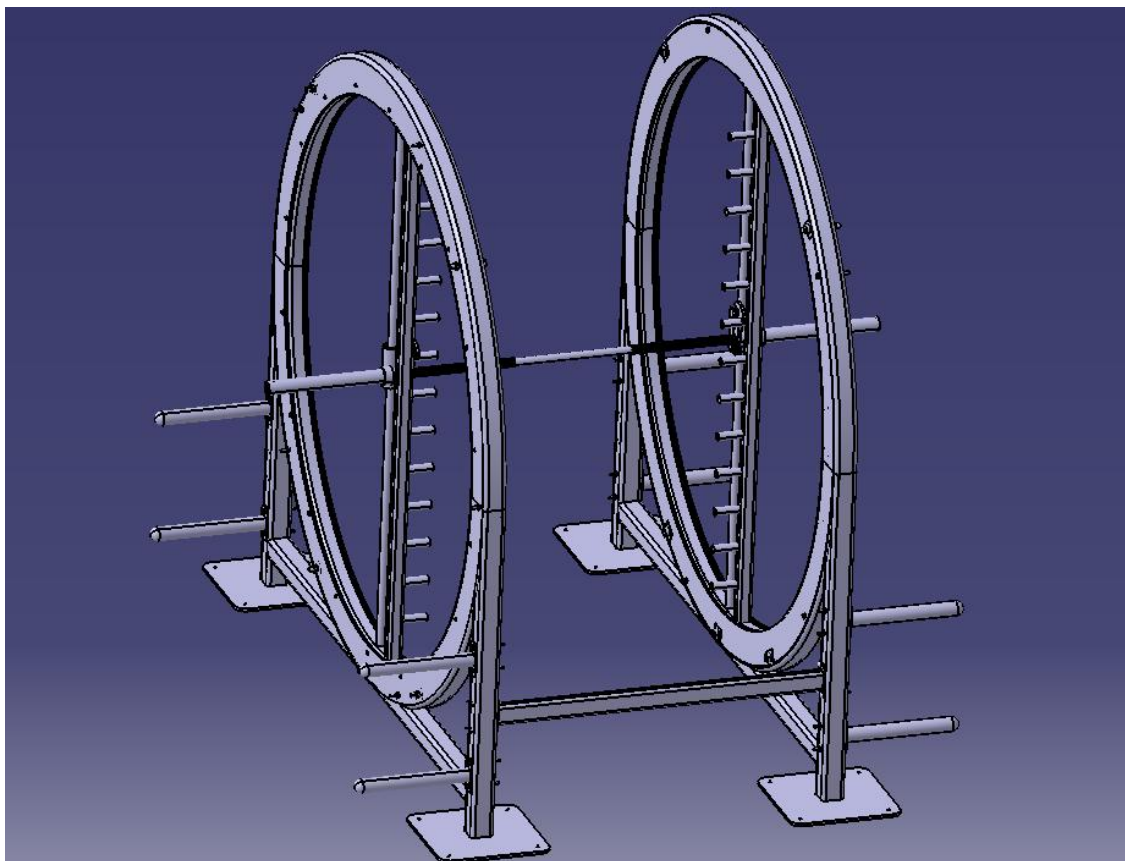


Ilustración 37. Vista isométrica trasera de la máquina

Para entender la máquina empezaremos por explicar la composición y el funcionamiento del bloque de piezas que forman los laterales. Lo laterales están formados por las piezas de giro soldadas, cubierta, patas y soporte de las patas.

Las piezas de giro soldadas son las piezas que girarán para permitir que la guía se incline. Estas piezas que van soldadas son la guía de la barra, la barra de frenado y guía interior circular. La guía de la barra permite el movimiento longitudinal de la barra. La barra de frenado permite detener la barra mientras no está en uso. La guía interior circular gira de modo que, al ir soldada, hace que gire la guía.

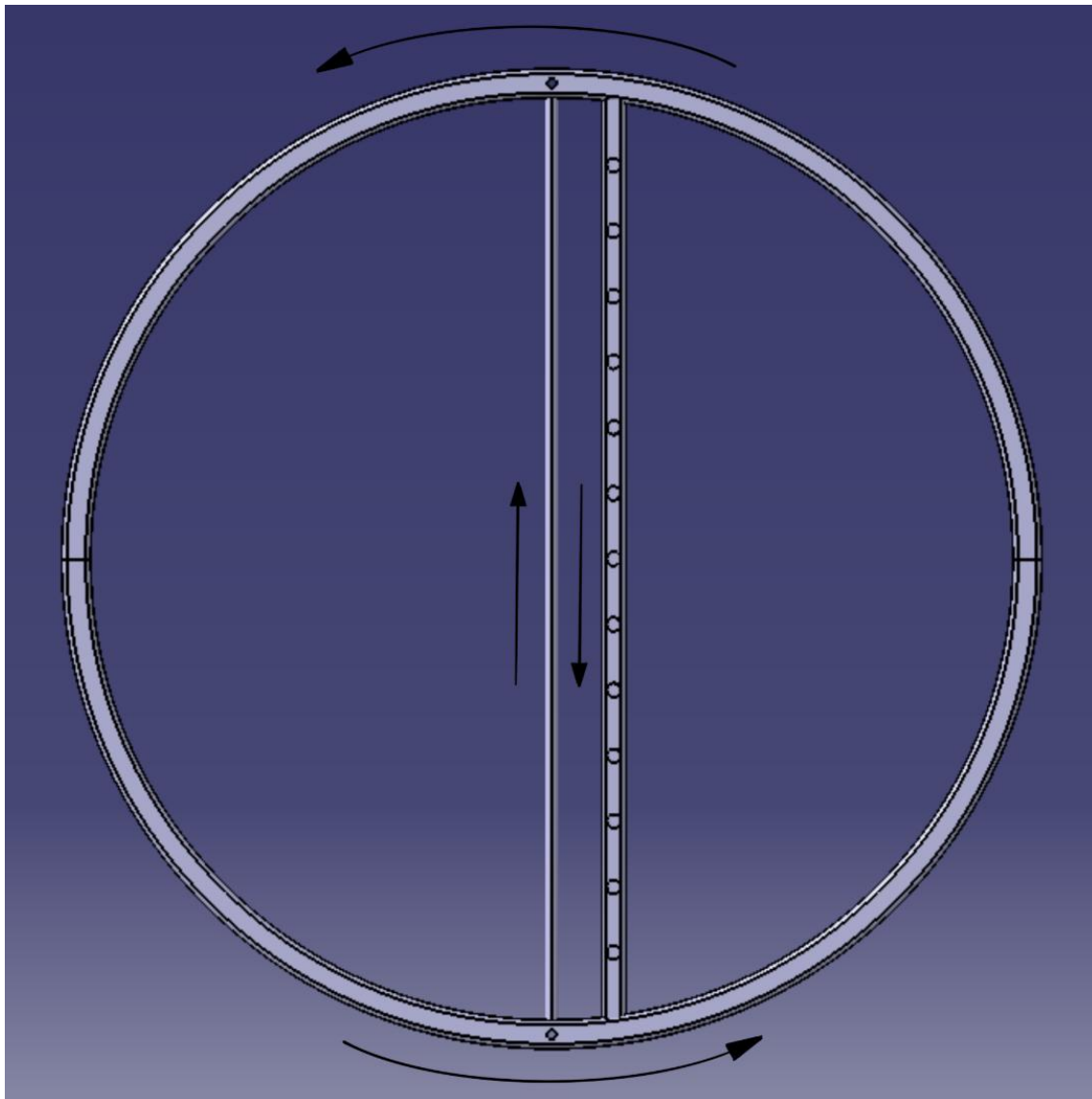


Ilustración 38. Movimientos de la guía circular y la guía de la barra

Las piezas de giro soldadas van en el interior de la cubierta, que actúa como rodamiento y permite su giro.

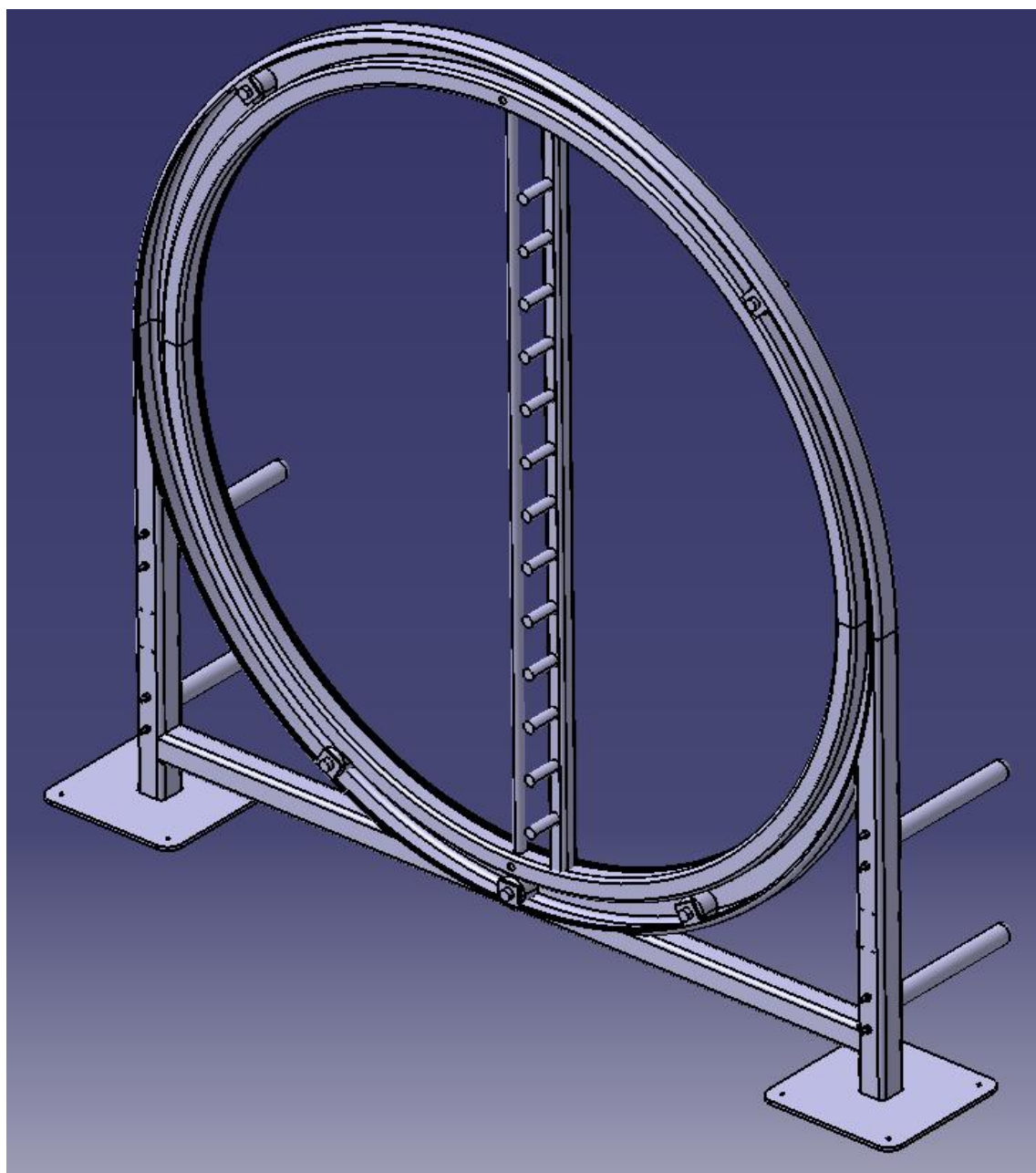


Ilustración 39. Piezas de giro colocada

La cubierta montada se forma de la propia cubierta, la tapa, las guías de centrado y los rodillos. La cubierta es la pieza que aguanta el peso de la barra y que permite el giro y bloqueo de las piezas de giro mediante sus cinco rodillos posicionados estratégicamente y agujeros que establecen las inclinaciones de la máquina. Los rodillos van colocados en la cubierta gracias a sus dientes, sin la necesidad de tener la tapa puesta.

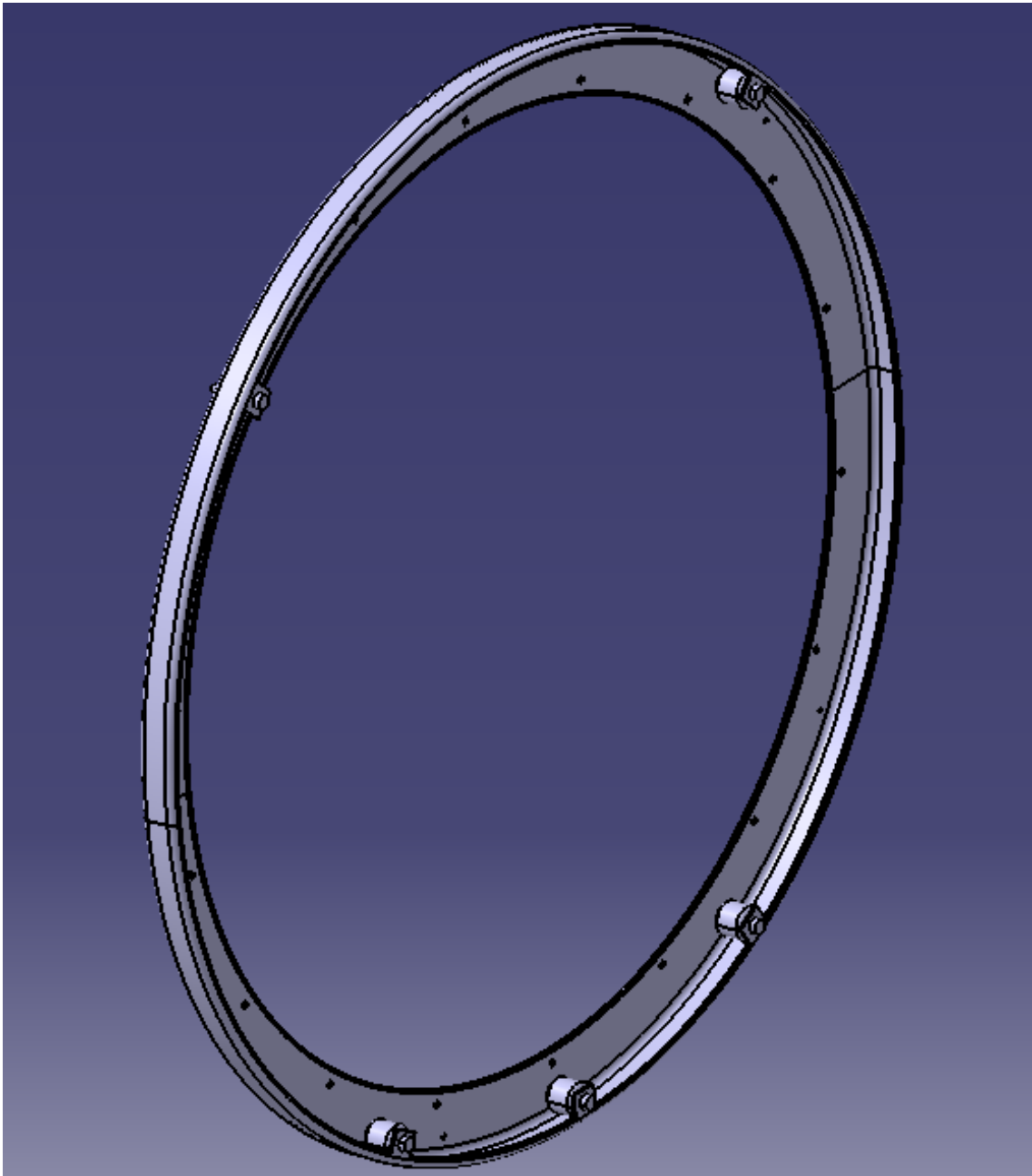


Ilustración 40. Cubierta sin tapa

La tapa es un mecanismo que sirve para el montaje y desmontaje de las piezas de giro, en caso de averías se podría trabajar el problema únicamente quitando la tapa. En la tapa y en la cubierta van pegadas las guías de centrado, son unas piezas plásticas que ayudarán a evitar el movimiento lateral de las piezas de giro.

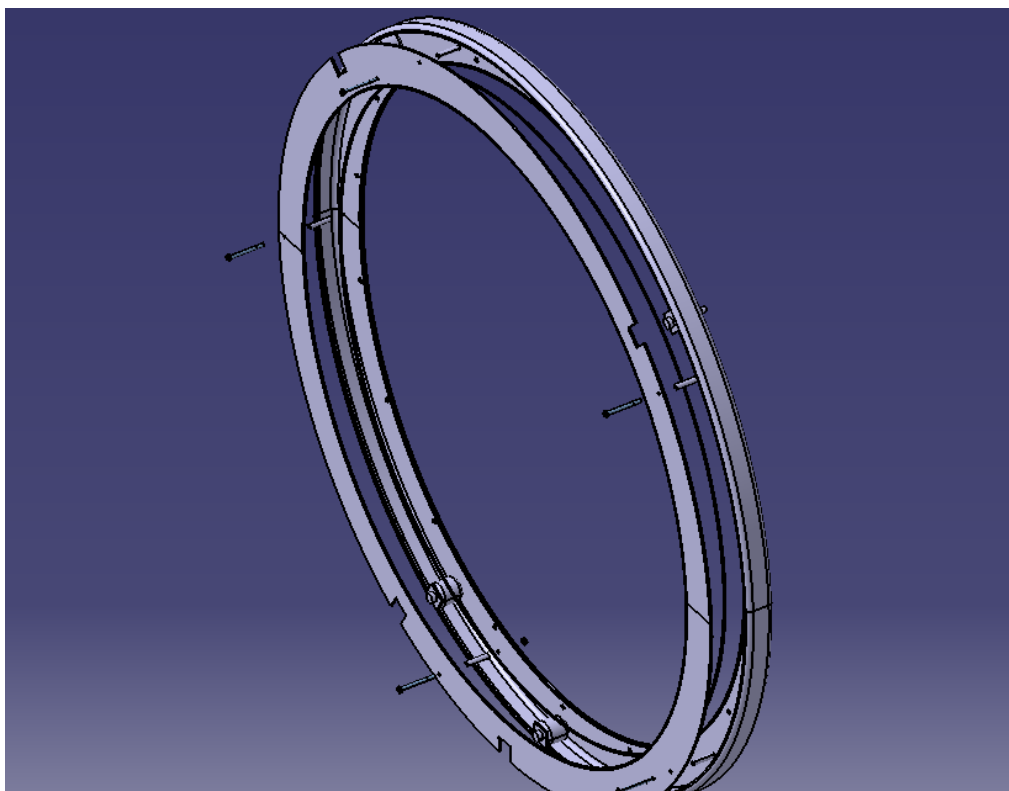


Ilustración 41. Vista explosionada cubierta.

A la cubierta irán soldadas las patas y el soporte de las patas que irán a su vez soldados entre sí. Estas piezas permitirán una buena distribución del peso y la estabilidad de la máquina.

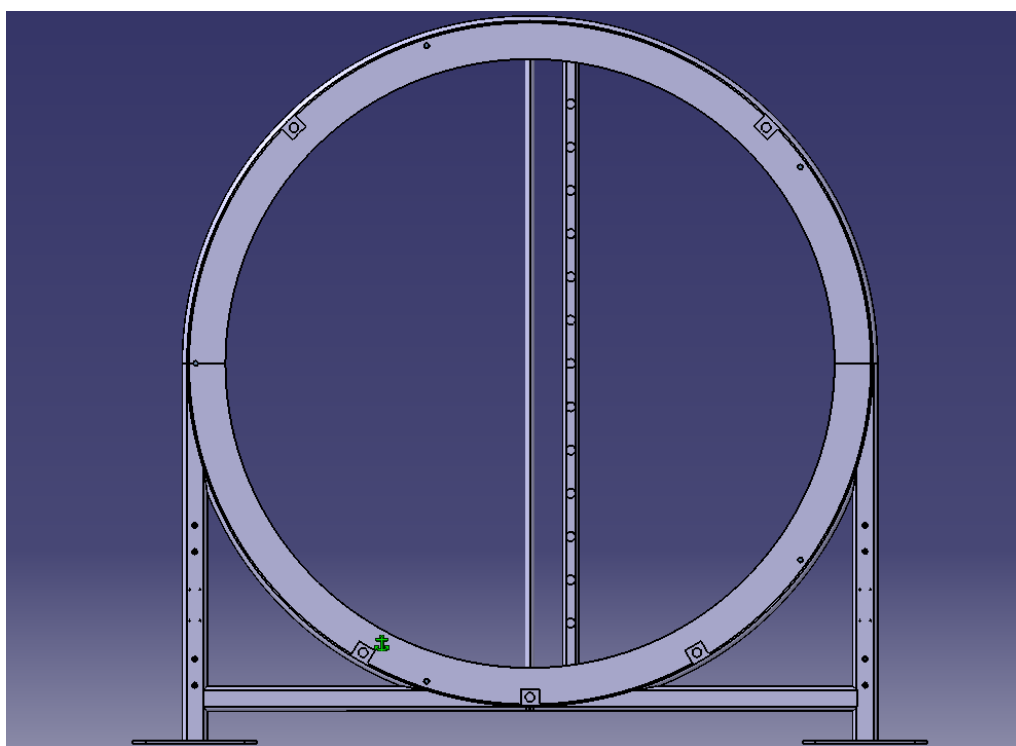


Ilustración 42. Patas y soporte de las patas soldadas a la cubierta

La pata montada está formada por la propia pata, los cuelgadiscos que van atornillados a la pata y el apoyo de las patas que va soldado y da estabilidad a la máquina. El apoyo de la pata permite la sujección al suelo para generar aún más seguridad, pero no es algo necesario para garantizar un buen uso de la máquina.

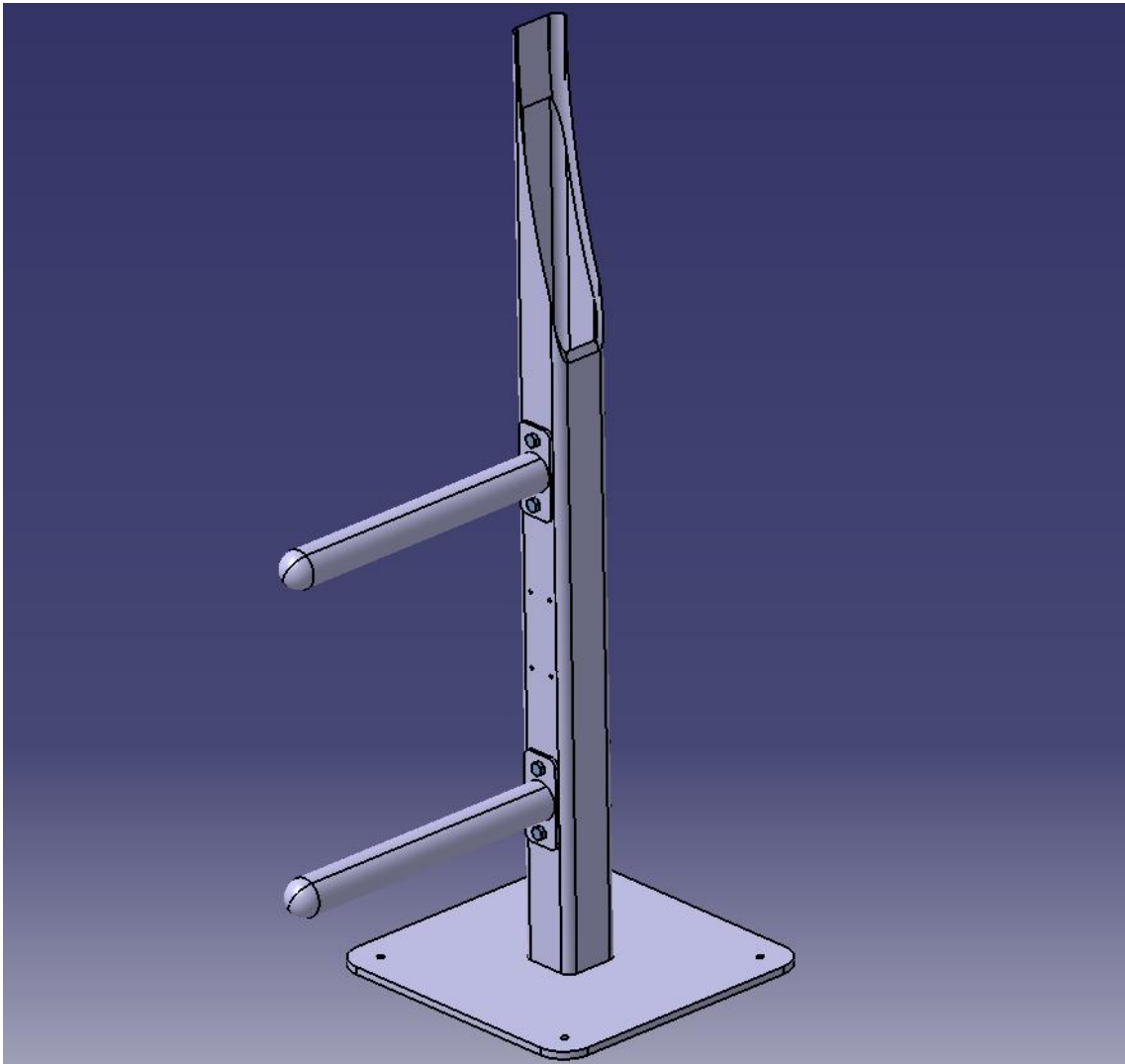


Ilustración 43. Pata montada

Por otro lado, la unión de la barra a cada uno de los laterales se hace mediante dos piezas cilíndricas atornilladas que tienen rodamientos en su interior. Una de ellas permite que la barra gire y la podamos enganchar en la barra de frenado. La segunda es la que se mueve longitudinalmente por la guía.

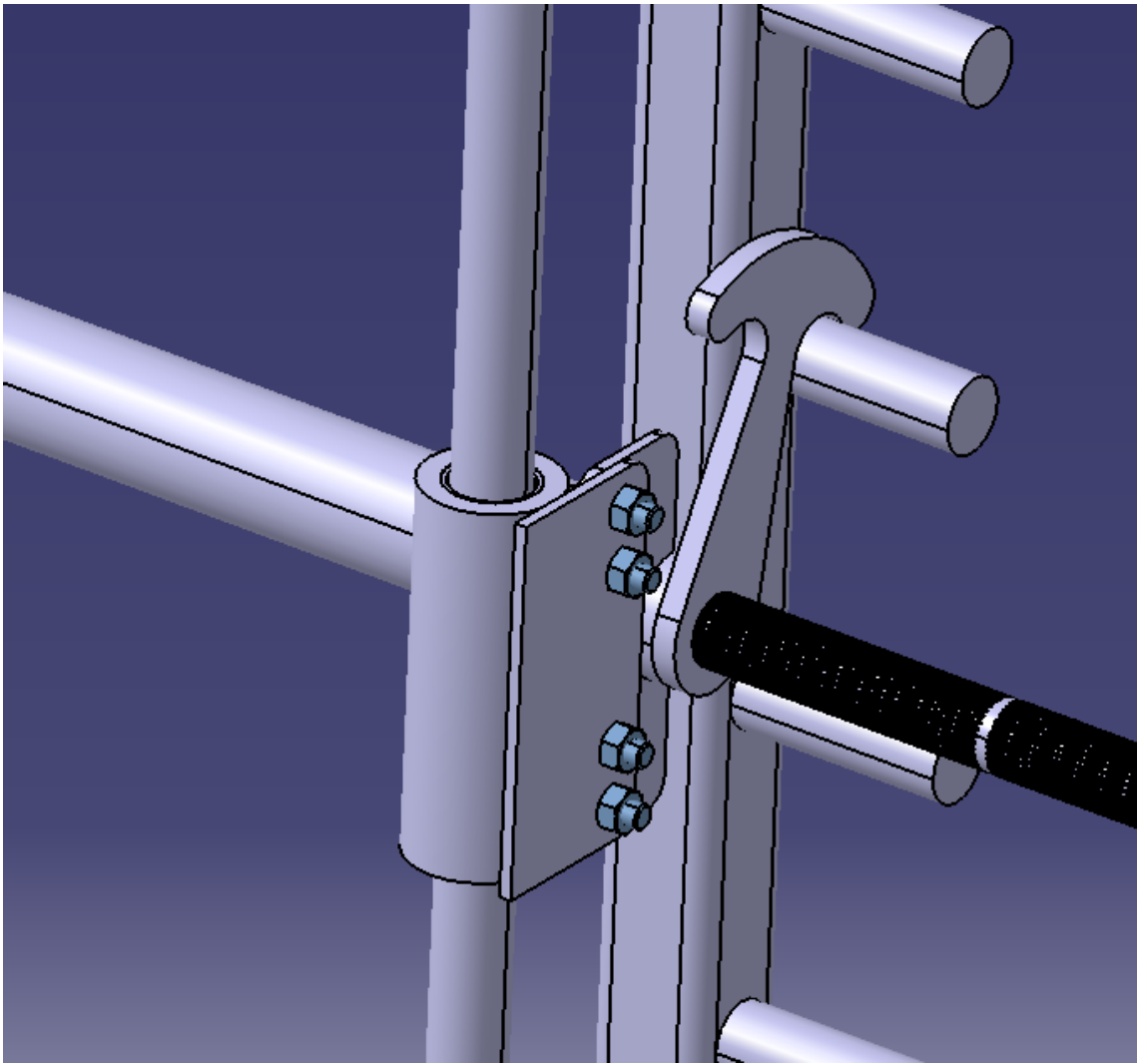


Ilustración 44. Piezas de giro atornilladas

7.2. Justificación de las formas

7.2.1. Dimensiones del conjunto

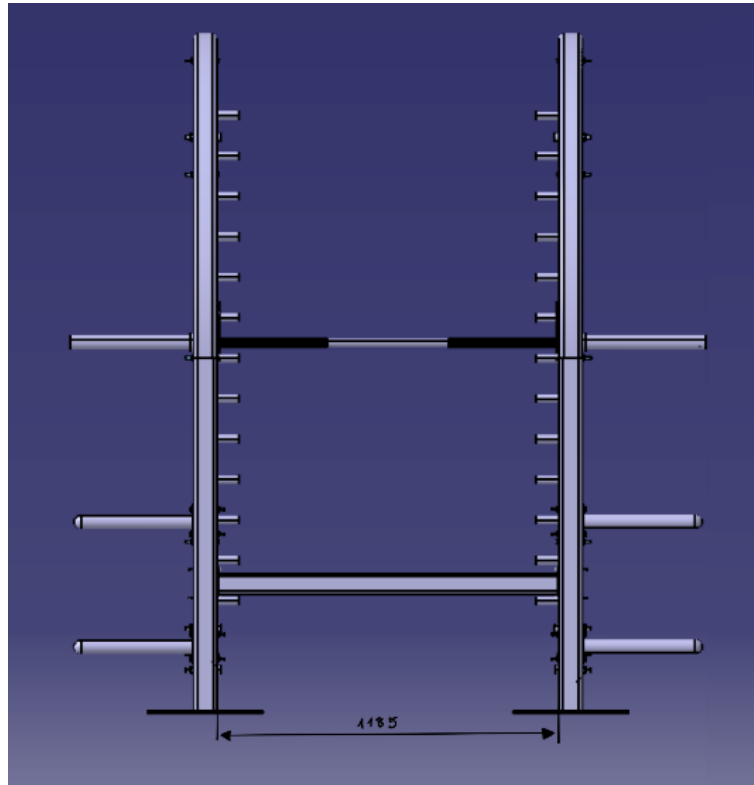


Ilustración 45. Ancho de la máquina.

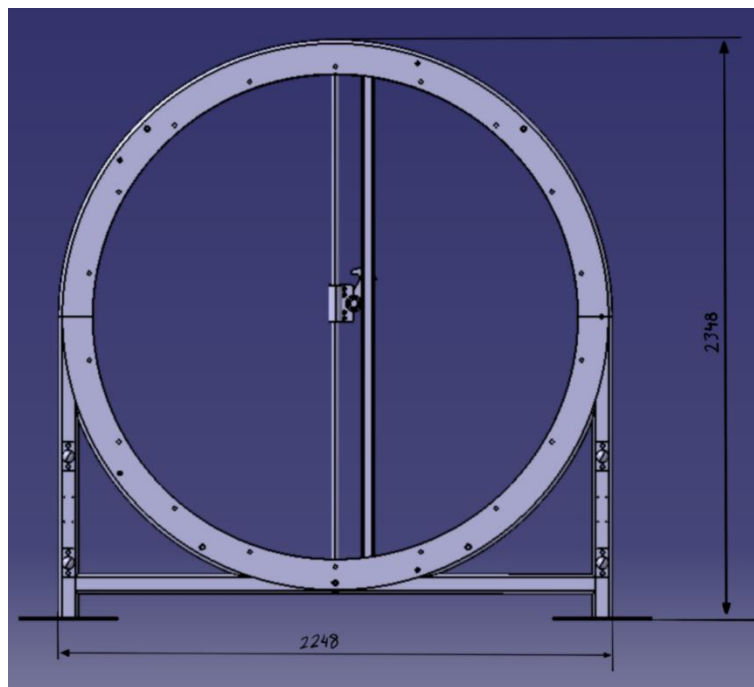


Ilustración 46. Alto y largo de la máquina.

7.2.2. Adaptabilidad

La máquina permite cambiar la inclinación de la posición de la barra cada 20 grados. Esto no solo permite una amplia variedad de ejercicios, sino que nos permite hacer movimientos iguales, pero con diferentes inclinaciones, lo que posibilita trabajar con distintas resistencias. El hecho de trabajar con distintas resistencias no solo beneficia que el propio usuario tenga distintos recursos para estimular el músculo de distintas formas, sino que también permite al principiante evolucionar de mejor forma.

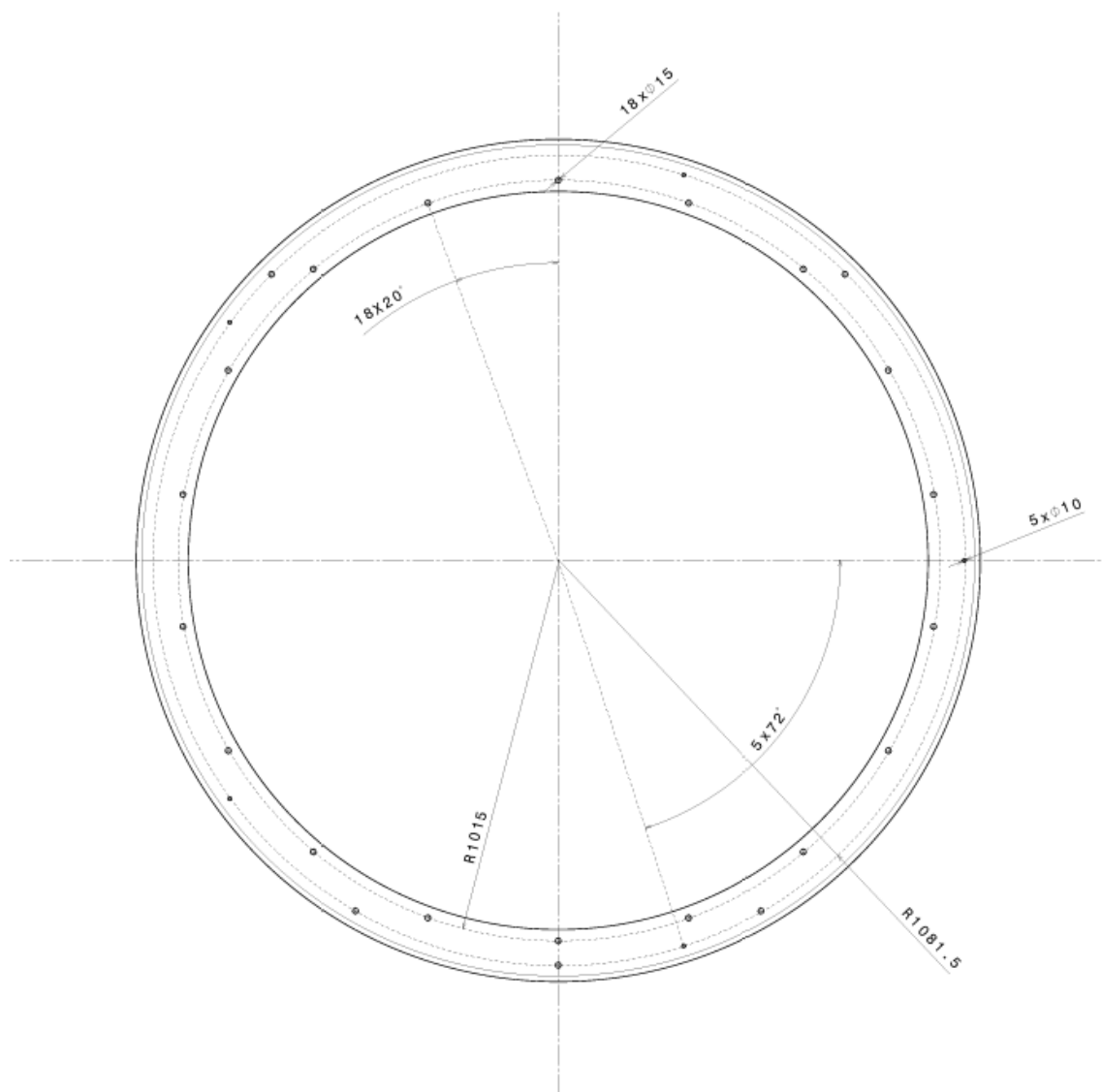


Ilustración 47. Disposición de las posiciones de la guía

Para entender mejor esta cuestión, pondremos el ejemplo del press de banca. En este ejercicio, se usa un banco en el que el usuario se acuesta y empuja la barra formando un ángulo aproximado de 90 grados con los brazos estirados. Para un usuario que se esté iniciando puede resultar difícil mejorar en este ejercicio, en cambio si inclinamos la barra y el banco 20 grados seguimos teniendo el mismo movimiento. La diferencia entre ambos ejercicios es que en el “clásico” la guía de la barra estaría colocada verticalmente lo que supone que la barra caiga por la gravedad, en el segundo ejercicio la barra está un poco inclinada por lo que la gravedad no actúa de igual manera siendo la resistencia menor al peso real de la barra.

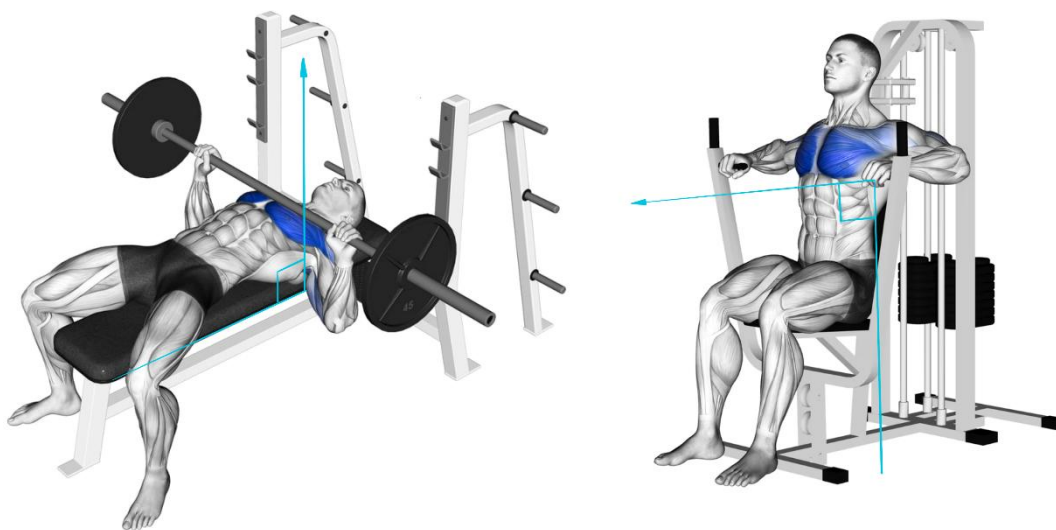


Ilustración 48. Comparación visual de los movimientos de los ejercicios.

Es por ello importante entender de cara al uso, que esta máquina permite una gran adaptabilidad de ejercicios distintos, pero también iguales con distintas resistencias.

7.3. Materiales

La máquina estará fabricada principalmente en acero Q235, un material muy utilizado en estructuras y máquinas de gimnasio debido a su excelente combinación de resistencia, maleabilidad y soldabilidad. El acero Q235 se compone aproximadamente 99,85% de hierro y 0,15% de carbono, por lo que es un tipo de acero al carbono. Ofrece una alta durabilidad y capacidad de soportar cargas pesadas, lo que garantiza estabilidad y seguridad a la hora de realizar entrenamientos exigentes y de gran peso. Además, este tipo de acero tiene buena resistencia a la deformación y permite acabados de alta calidad, lo que asegura una estructura de larga vida útil.

El acero Q235 llevará un galvanizado para proteger el material de la corrosión y la oxidación, alargando su vida útil. El galvanizado consiste en recubrir el acero con una capa de zinc que actuará como barrera protectora del acero base. Además, se utilizará pintura en polvo para darle color y aumentar la resistencia ofrecida por el galvanizado.

Por otro lado, la barra y el cuelgadiscos estarán fabricados en acero inoxidable. Este material destaca por su resistencia a la corrosión y al desgaste, ideal para componentes que tienen contacto directo y constante con el usuario y con los discos. El acero inoxidable no solo aporta una apariencia más pulida y estética, sino que también asegura un mantenimiento más sencillo, evitando la formación de óxido y asegurando un desempeño óptimo a lo largo del tiempo.

La máquina dispone también de piezas plásticas ABS, un tipo de plástico que se caracteriza por su gran resistencia al impacto, que servirán para evitar golpes entre piezas.

En conjunto, estos materiales harán que la máquina sea robusta, confiable y preparada para resistir el uso exigido en un entrenamiento.

7.4. Fabricación

Durante el proceso de fabricación se utilizarán diferentes sistemas de mecanizado de piezas. Siendo las de principal uso el corte láser, deformación plástica por curvado, torneado y soldadura, aunque alguna pieza puede necesitar algún otro sistema de mecanizado.

El mecanizado por corte láser es un proceso que consiste en concentrar un haz de luz láser de alta potencia sobre el material, fundiéndolo y evaporándolo con precisión extrema. Para facilitar el corte, se inyecta un gas, que ayuda a expulsar el material fundido y mejor la calidad del borde. Por todo ello, permite realizar cortes precisos, limpios (sin rebabas), rápidos y reduciendo el desperdicio de material. El acero Q235 responde de manera óptima al corte láser gracias a su baja aleación y buena conductividad térmica, lo que asegura un resultado de alta calidad. Este proceso se usaría para piezas de corte de chapa como el apoyo de las patas, el soporte para atornillar los cuelgadiscos, el soporte para atornillar las piezas de unión, etc y para realizar los agujeros de las piezas que lo necesiten. Además, también se podría utilizar para dar la forma circular a la pata y el soporte de la pata por donde van soldadas a la cubierta, ya que es una geometría compleja de realizar por otro tipo de corte.

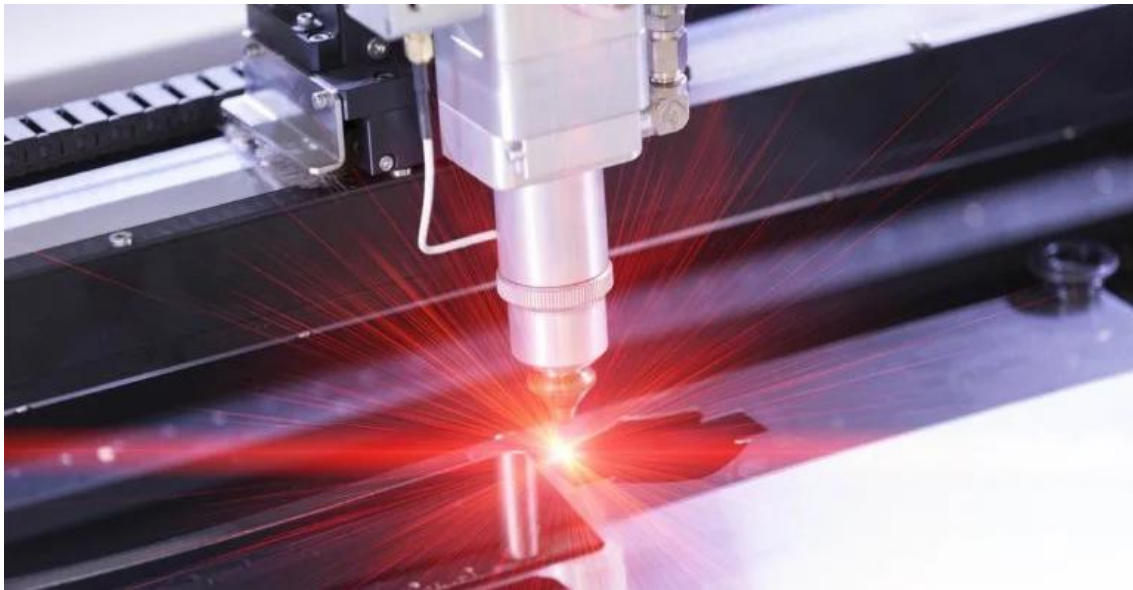


Ilustración 49. Máquina de corte láser

El curvado de perfiles es un proceso utilizado para dar forma curva y que se puede realizar mediante distintas máquinas. En este caso, se utilizará una curvadora de rodillos, esta máquina permite dar la forma buscada mediante un proceso de deformación progresivo, ejercida por los tres rodillos dispuestos en forma piramidal. Se basa en el principio de doblado en frío, lo que permite conservar las propiedades del material sin necesidad del calentamiento previo. Este tipo de máquinas es ideal para trabajo de gran tamaño y radios amplios. La máquina se utilizará para dar la forma circular a las piezas de la cubierta y a la guía interior de giro.



Ilustración 50. Curvadora de 3 rodillos

El torneado es un tipo de mecanizado por arranque de viruta que se utiliza para dar forma mediante la eliminación controlada de material. En este proceso la pieza gira sobre sí misma mientras una herramienta de corte fija avanza longitudinal o transversalmente. Este tipo de mecanizado se utilizará para la barra, los cuelgadiscos y los rodillos del sistema de giro.

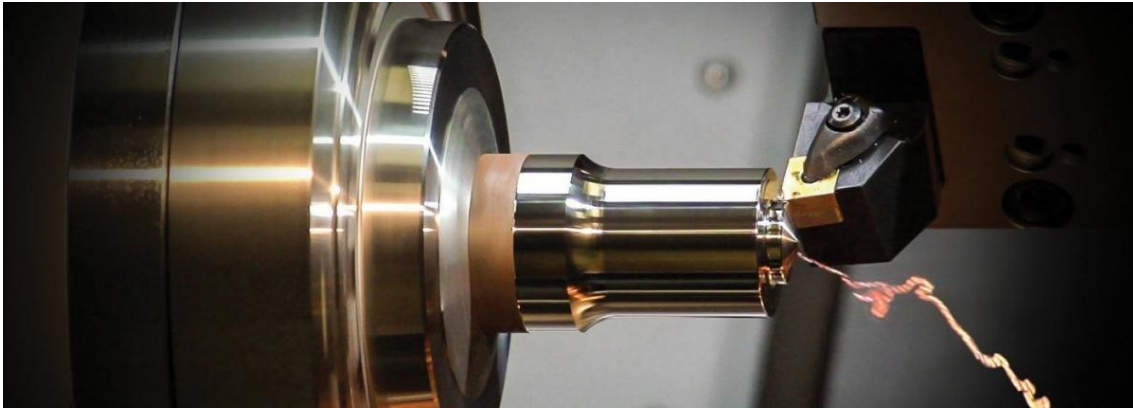


Ilustración 51. Mecanizado en torno

Por último, la soldadura será un proceso muy usado durante la fabricación de la máquina, ya que nos permitirá realizar un montaje sólido y seguro. Además, el acero Q235 proporciona una excelente soldabilidad, lo que significa que puede unirse fácilmente con métodos de soldadura comunes.

7.5. Montaje

En el proceso de montaje diferenciaremos dos situaciones: montaje en fábrica y montaje en el lugar de entrega del producto.

Para el montaje en fábrica debemos dejar montados los laterales y la barra, por separado. De este modo, el montaje en el lugar de entrega consistirá únicamente en la unión de los laterales por la pieza de unión y el montaje de la barra en la máquina.

Para el montaje del bloque de piezas laterales, seguiremos un orden similar al usado para la descripción de la máquina. En primer lugar, debemos dejar montadas tanto dos piezas de giro de la barra como dos piezas de la guía (una de cada por cada lado de la máquina), en ambas piezas se sigue un proceso similar de montaje. Debemos soldar la pieza cilíndrica a la placa de atornillado en ambos casos tal y como se muestra en las imágenes.

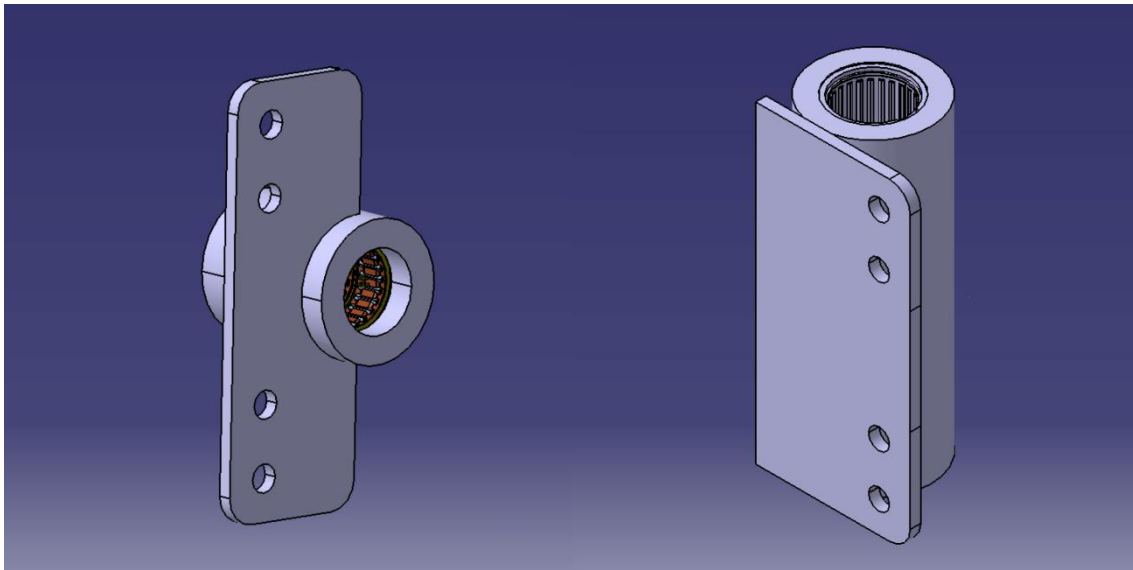


Ilustración 52. Piezas de giro soldadas y montadas

Una vez soldadas las piezas procedemos a su montaje, en el cual debemos meter los rodamientos en el agujero de la pieza y bloquear su movimiento con los anillos elásticos interiores. La pieza de giro de la barra cuenta con 4 rodamientos y la pieza de giro de la guía cuenta con 2 rodamientos.

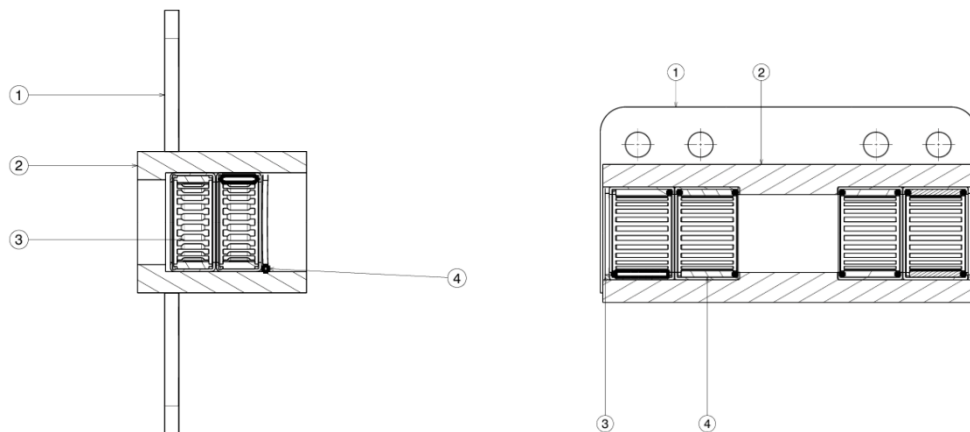


Ilustración 53. Sección de las piezas de giro.

A continuación, debemos hacer la unión de las piezas de giro soldadas y la pieza de giro de la guía. Para ello, debemos colocar en la guía la pieza de giro de la guía, de modo que, tras soldar la guía a la guía circular interior, la pieza de giro se pueda mover longitudinalmente por esta.

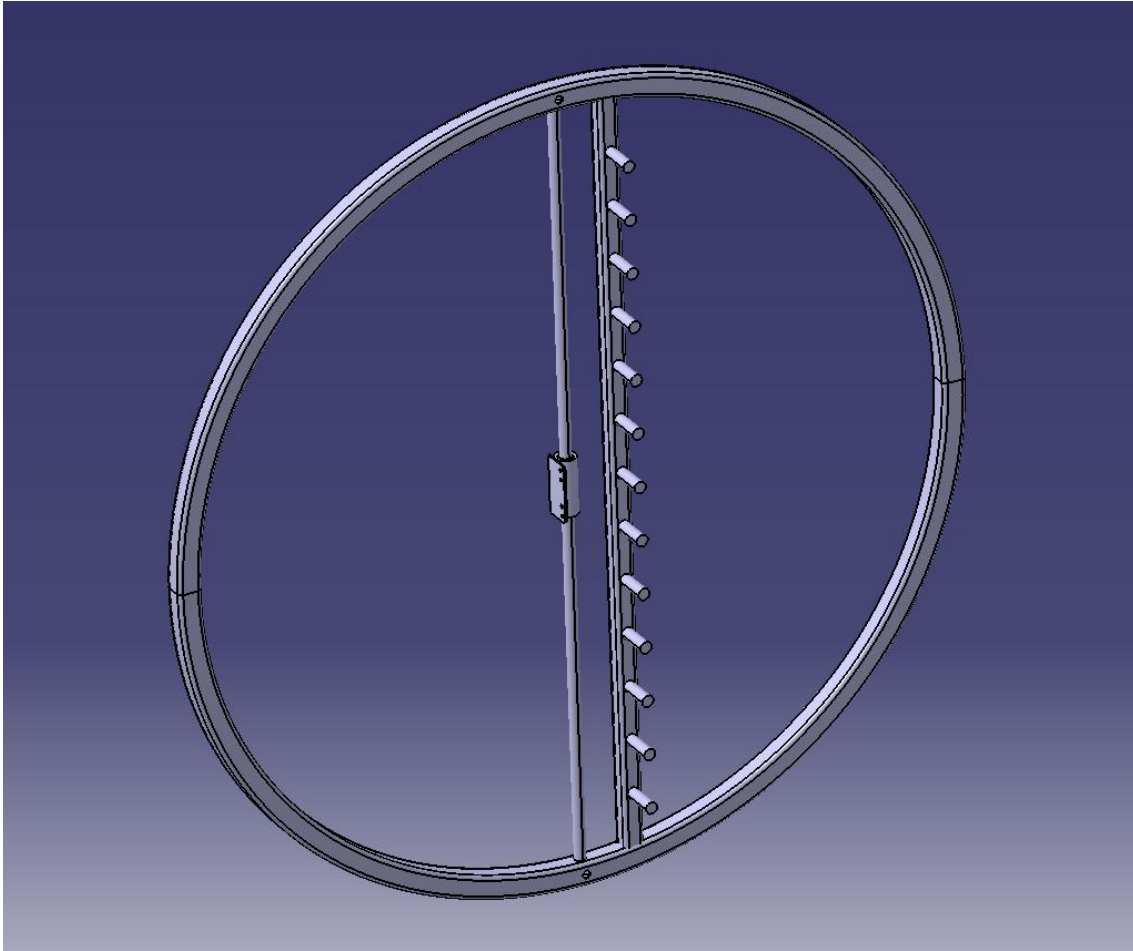


Ilustración 54. Piezas de giro soldadas con la pieza de giro de la barra

Por otro lado, procedemos a montar las 4 patas. Para el montaje de las patas es importante tener en cuenta que los cuelga discos tendrán disposiciones distintas de dos en dos, es decir, las dos patas de cada lateral tendrán distinta disposición y en el conjunto habrá dos patas dispuestas de una forma y las otras dos dispuestas de otra forma. Los cuelga discos van colocados hacia el otro lado, de modo que en ambos casos quede hacia el exterior de la máquina.

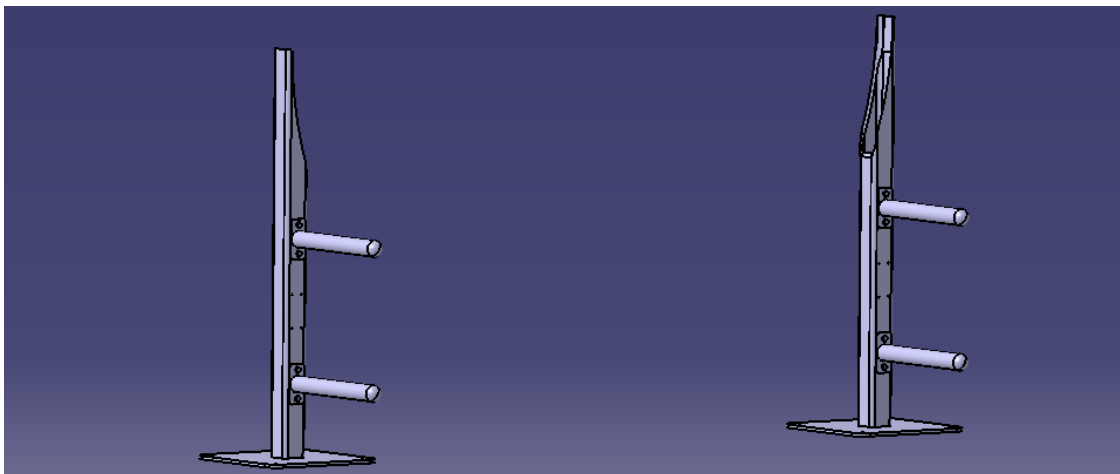


Ilustración 55. Disposición de las patas

En primer lugar, soldaremos la pata al apoyo y los cuelgadiscos al soporte del cuelgadiscos (dos cuelgadiscos por pata).

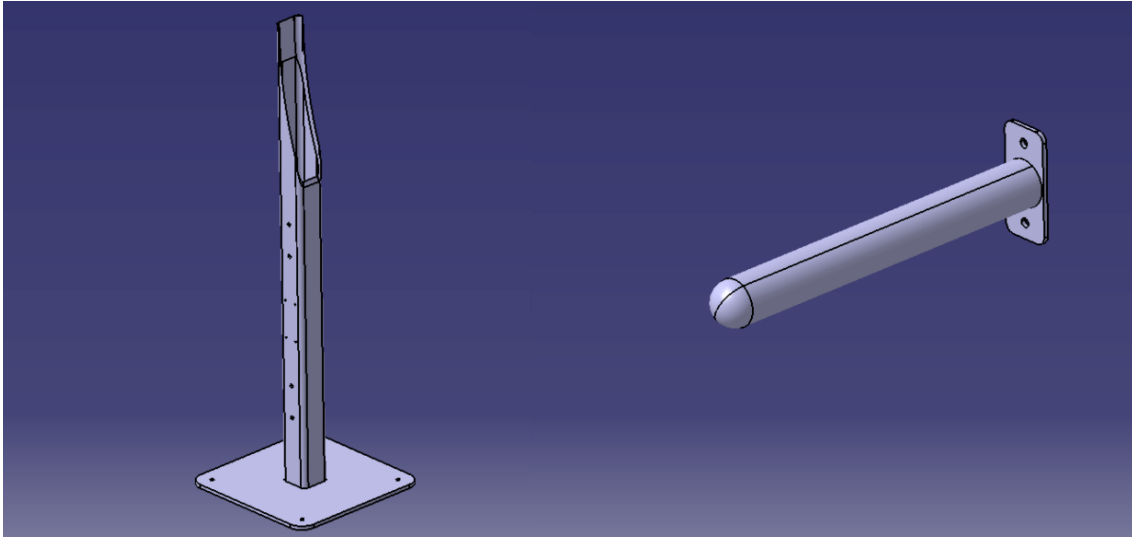


Ilustración 56. Pata y cuelgadiscos soldados.

Soldadas las piezas procederemos a atornillar dos cuelgadiscos a cada pata.

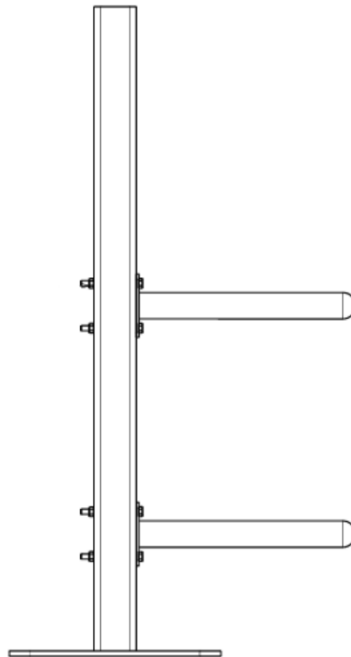


Ilustración 57. Pata montada.

Cuando tengamos montada cada una de las patas procedemos a soldar el soporte de la pata a la pata (un soporte por pata). La pieza siempre irá soldada hacia el interior de la máquina, siempre hacia el lado que hace curva la pata, tal y como se muestra la imagen.

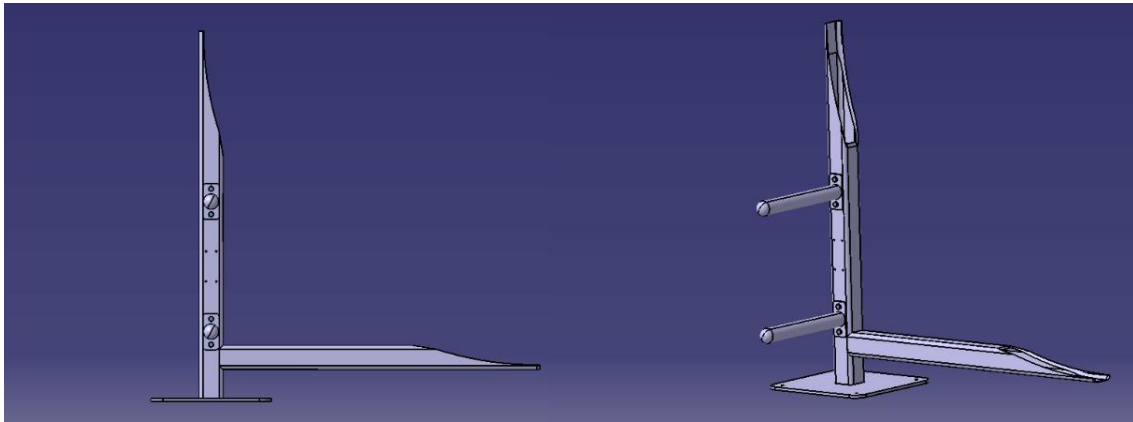


Ilustración 58. Pata y soporte soldados

A continuación, soldaremos la pata y el soporte de la pata a la cubierta (dos por cada cubierta) de modo que las patas soporten la cubierta y se pueda proceder al montaje de su interior. Es importante recalcar que los cuelgadiscos deben quedar hacia el exterior de la máquina y la tapa de la cubierta hacia el interior.

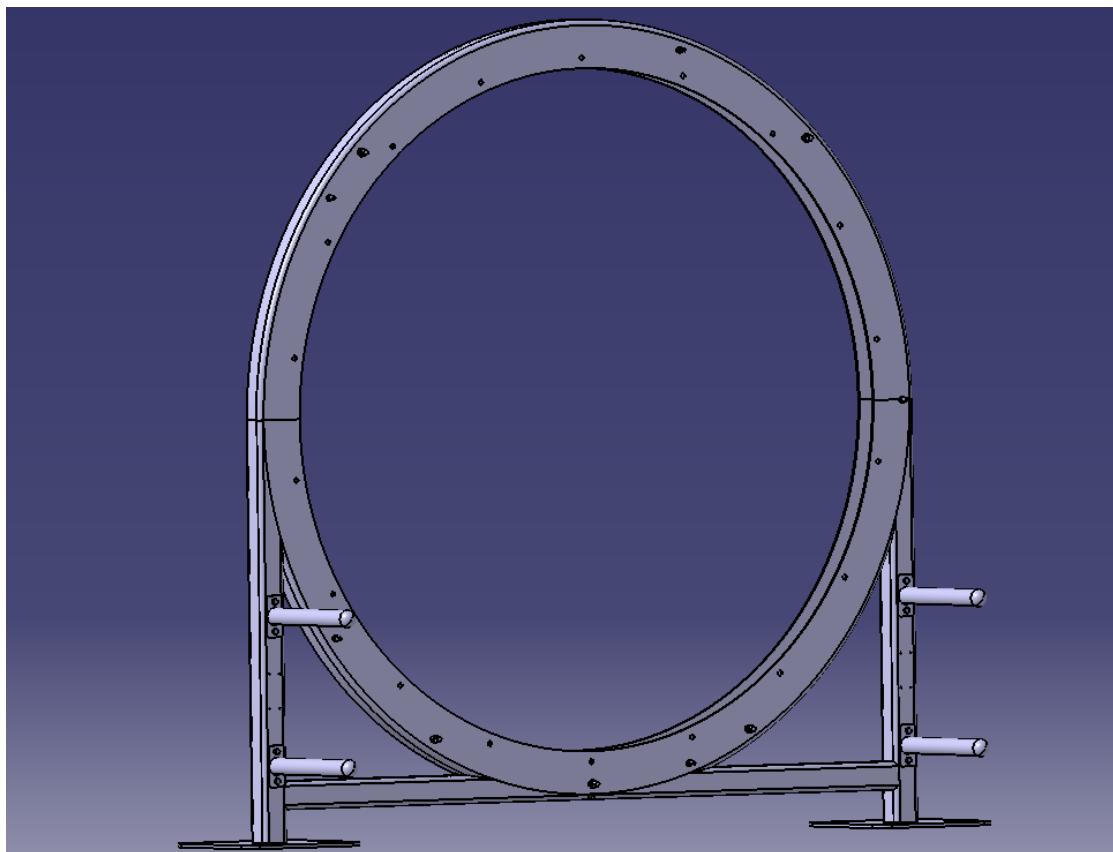


Ilustración 59. Cubierta, patas y soporte soldados.

Para montar la cubierta empezaremos por el montaje de las guías de centrado en la propia cubierta y en la tapa (una guía de centrado en cada pieza). Estas irán pegadas por los que simplemente debemos colocarlas con delicadeza para que queden en la posición correcta.

Luego montaremos los cinco rodillos en los “dientes” de la cubierta. Tendremos un eje pasante que sujetará y permitirá el giro del rodillo. Este eje irá fijado por una tuerca.

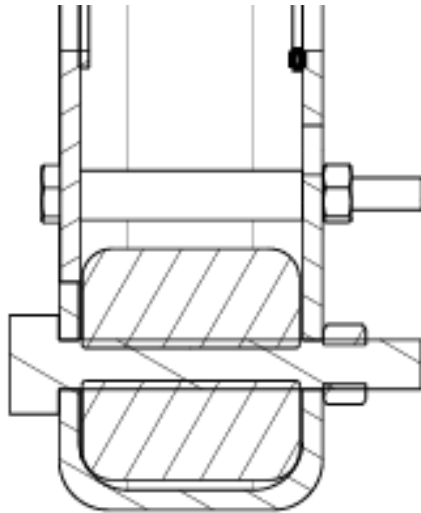


Ilustración 60. Vista de sección del rodillo

Montados los rodillos ya podremos montar las piezas de giro soldadas en el interior de la máquina. Es importante tener en cuenta la disposición de las piezas. Se puede tener como referencia dos factores para saber que se están colocando bien. Primero debemos fijarnos en que la barra de frenado que en el mismo sentido que la tapa, tal y como se muestra en la imagen. Segundo debemos fijarnos que los laterales quedan simétricos, es decir que la barra de frenado queda en ambos laterales del mismo lado ya que sino no funcionará el sistema.

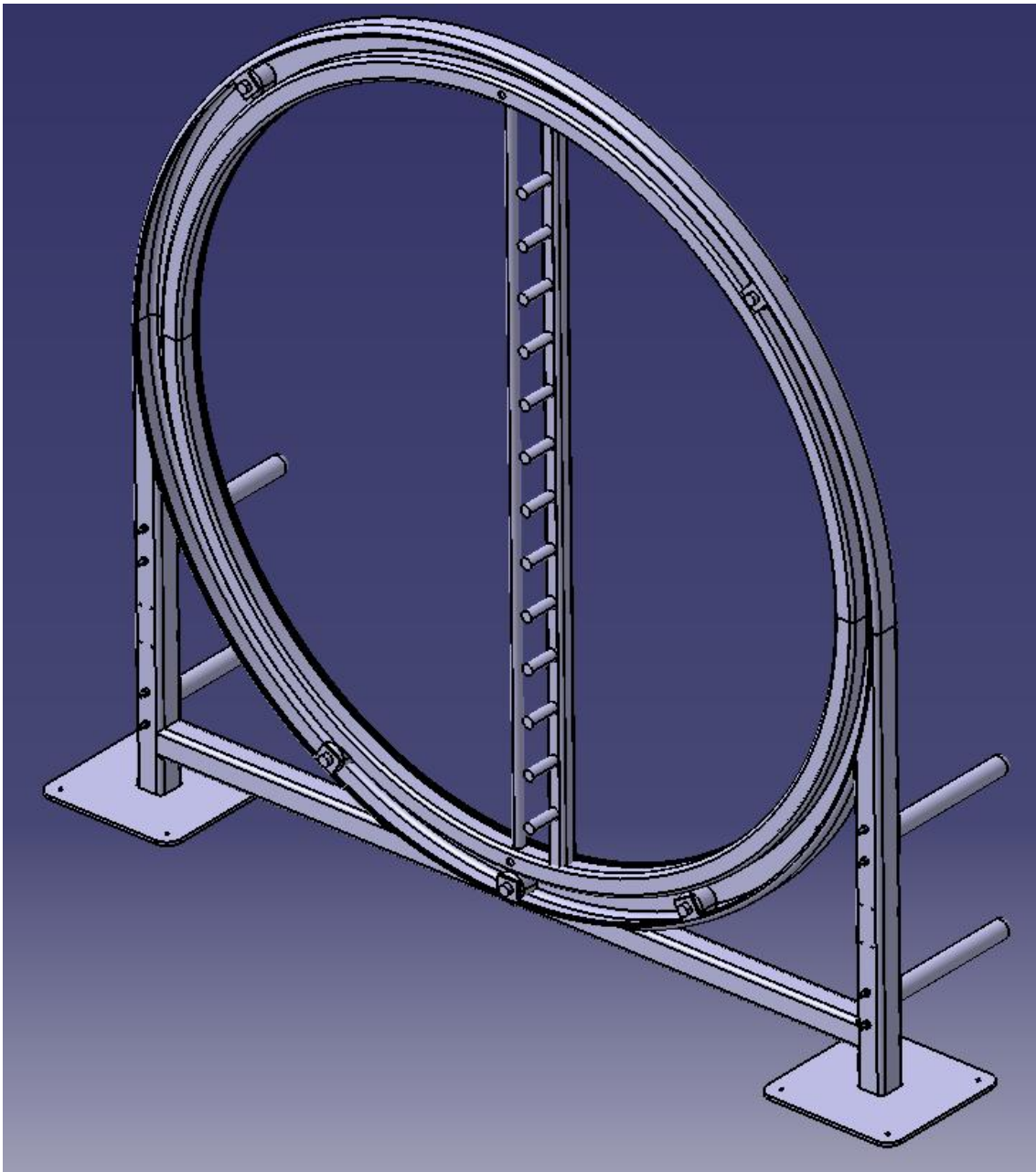


Ilustración 61. Piezas de giro montadas en la cubierta

Colocado el sistema de giro ya podremos colocar la tapa dejando los laterales terminados. Para ello necesitamos, un eje pasante, una pieza cilíndrica que sirve para posicionar la tapa y una tuerca, en cada uno de los cinco agujeros de la tapa.

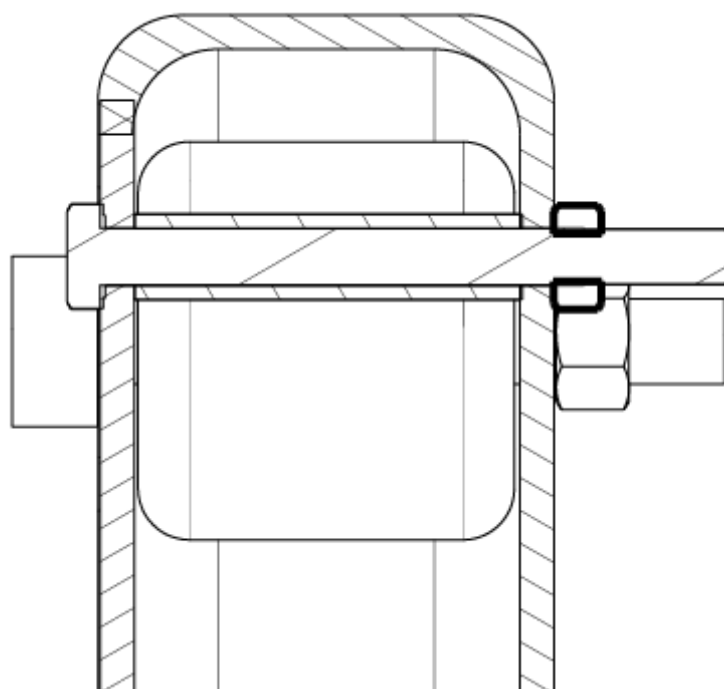


Ilustración 62. Vista de sección colocación tapa de la cubierta ajustada.

Terminados los laterales procedemos al montaje de la barra que es muy sencillo, aunque puede variar según el tipo de barra utilizada. Lo principal y que no cambia aun eligiendo otra barra es soldar los enganches que harán el frenado.

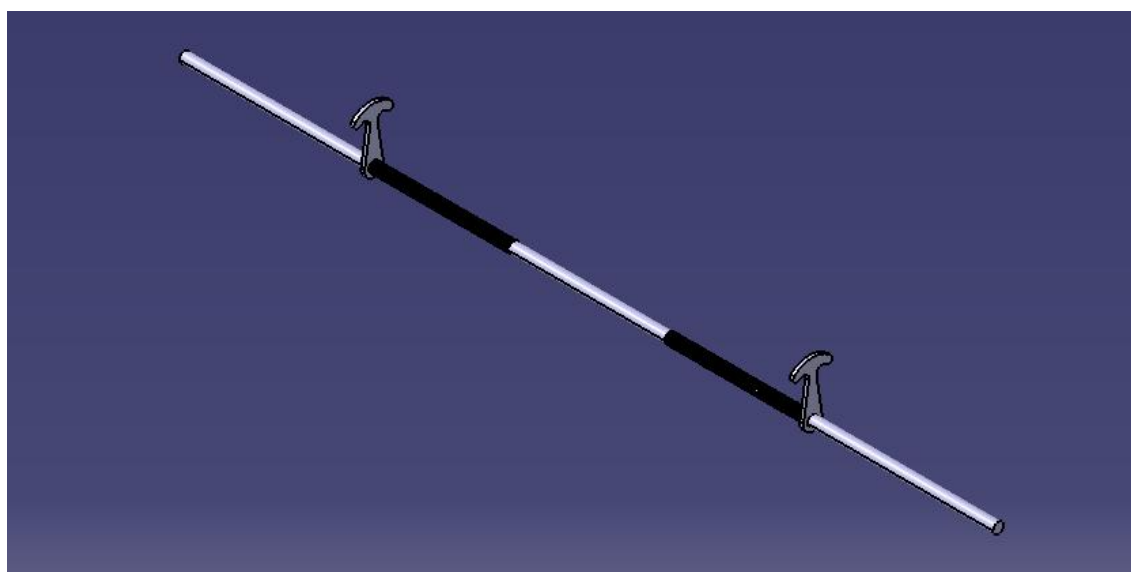


Ilustración 63. Barra con los enganches soldados.

A continuación, colocaremos las dos piezas de giro de la barra ya montadas previamente y las colocamos por cada extremo hasta que haga tope con cada enganche.

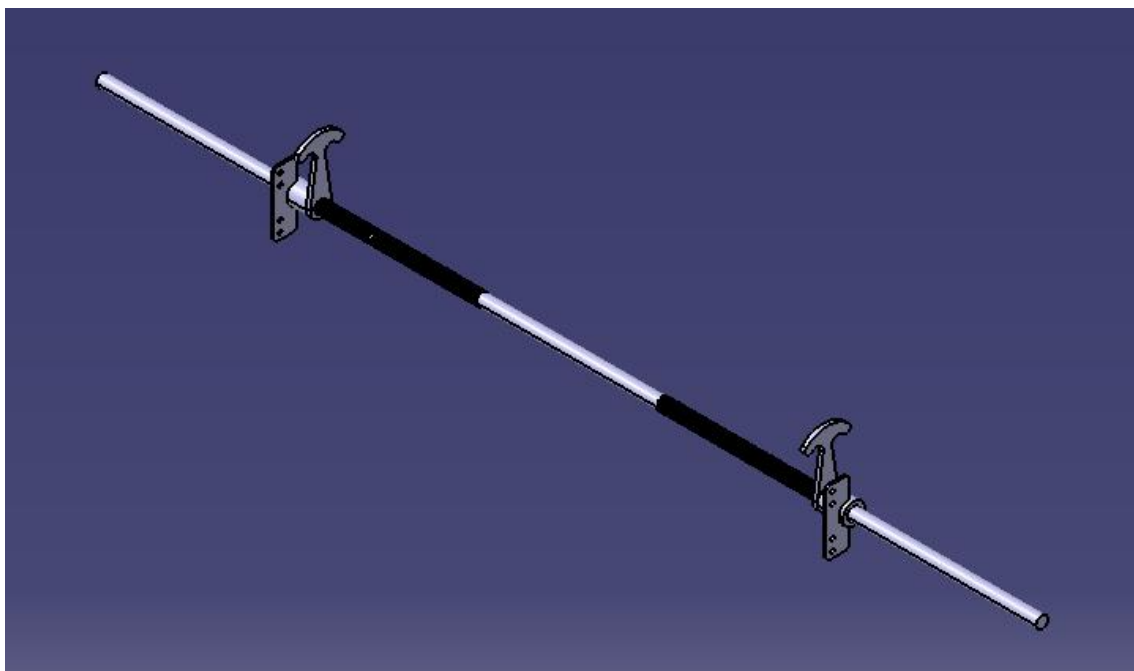


Ilustración 64. Barra con las piezas de giro colocadas.

Además, quedaría montar los extremos, que puede variar según la barra, pero que en términos generales consiste en colocar en introducir los extremos de la barra hasta que hagan tope con las piezas colocadas anteriormente y se colocarán en el interior los rodamientos bloqueados por un anillo elástico y la tapa.

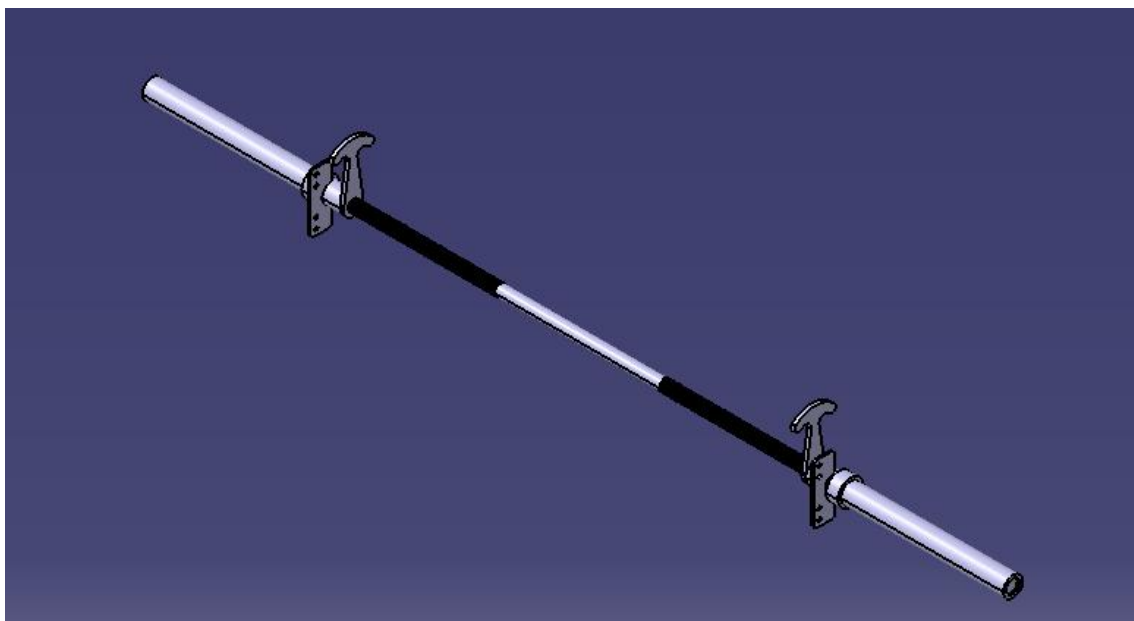


Ilustración 65. Barra montada

Por último, hay que soldar la pieza de unión de los laterales a las placas de metal para su atornillado en el lugar de entrega. Con esto concluiría el montaje en fábrica.

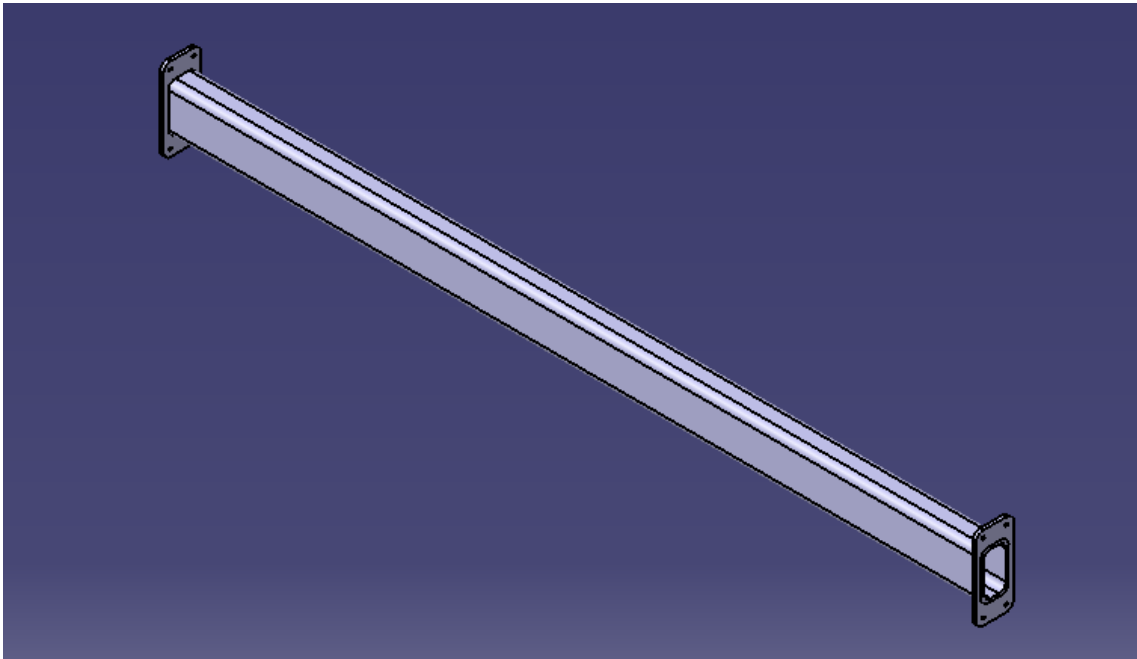


Ilustración 66. Pieza de unión soldada

Para el montaje en el lugar de entrega únicamente habrá que realizar dos montajes, el de la pieza de unión entre laterales y el montaje de la barra en la máquina.

La pieza de unión de los laterales va atornillada a una de las patas de ambos laterales de modo que mantiene la estructura firme.

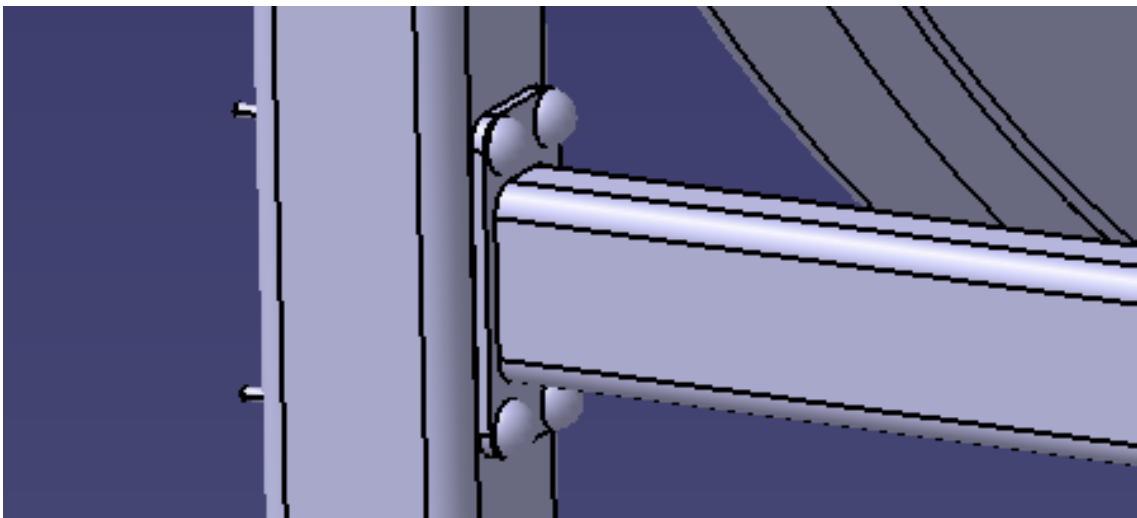


Ilustración 67. Pieza de unión atornillada a la pata

Para el montaje de la barra hay que atornillar en ambos laterales la pieza de giro de la barra a la pieza de giro de la guía, de este modo la barra quedará firme y la máquina estará lista para su uso.

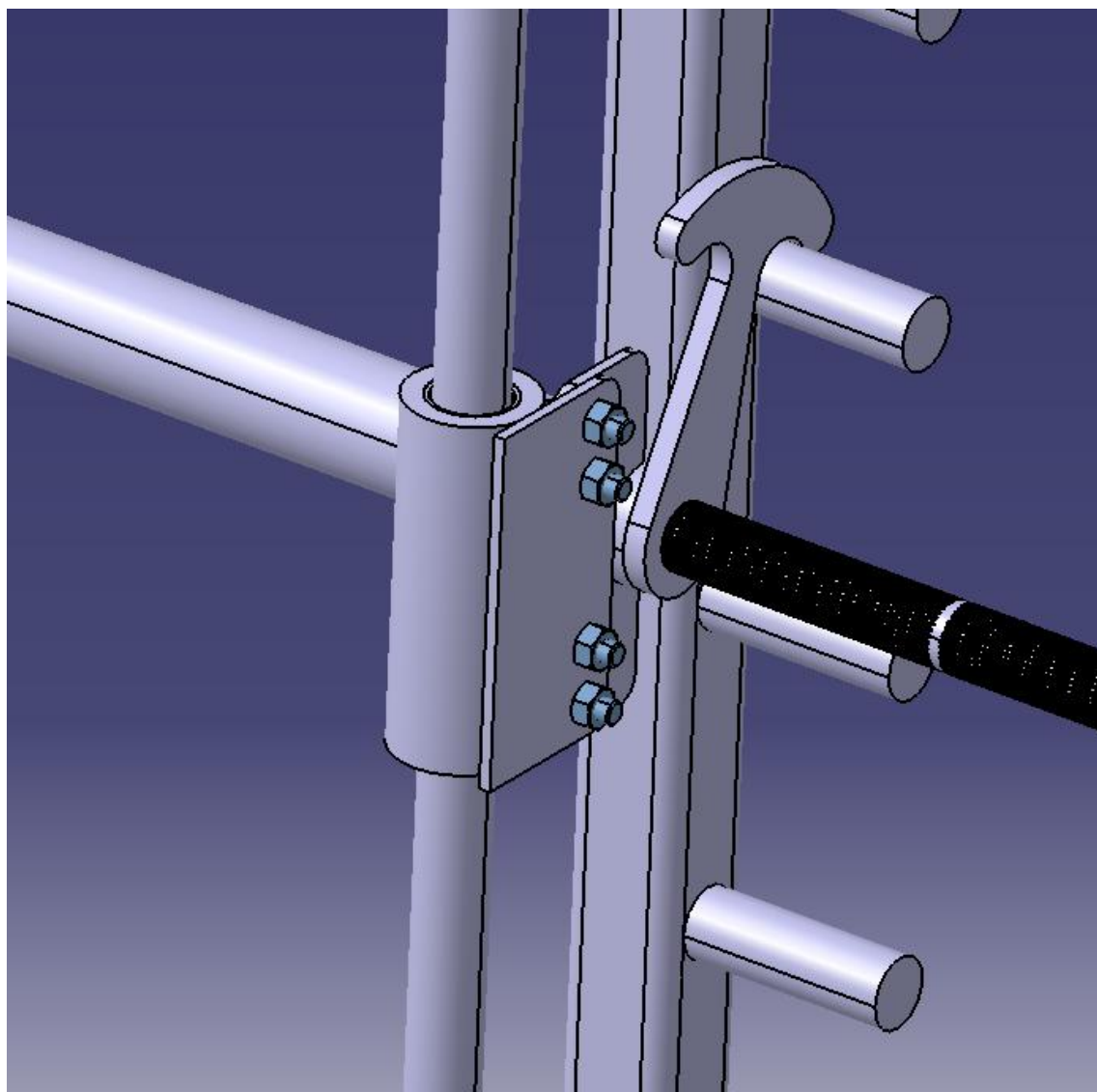


Ilustración 68. Piezas de giro atornilladas.

7.6. Análisis de resistencia

En este apartado se presenta un análisis de resistencia del sistema de giro de la máquina. El objetivo es evaluar su comportamiento ante situaciones extremas de peso, para garantizar la seguridad del sistema en todo caso. Las situaciones extremas de peso irán marcadas por los pesos máximos que soportan o se pueden cargar en las barras olímpicas de competición (alrededor de los 700 Kg, dependiendo de la calidad y del fabricante).

Este análisis se realizará a los rodillos ya que son la parte de la máquina que termina soportando todo el peso. Es importante dejar claro, que este pequeño análisis no se hace en la barra ya que está comprobado por los fabricantes y la industria, tal y como se menciona antes, los pesos que soportan las barras.

Para el análisis se ha ejecutado una fuerza de equivalente a la de 700kg, unos 6900 N aproximadamente, sobre un rodillo.

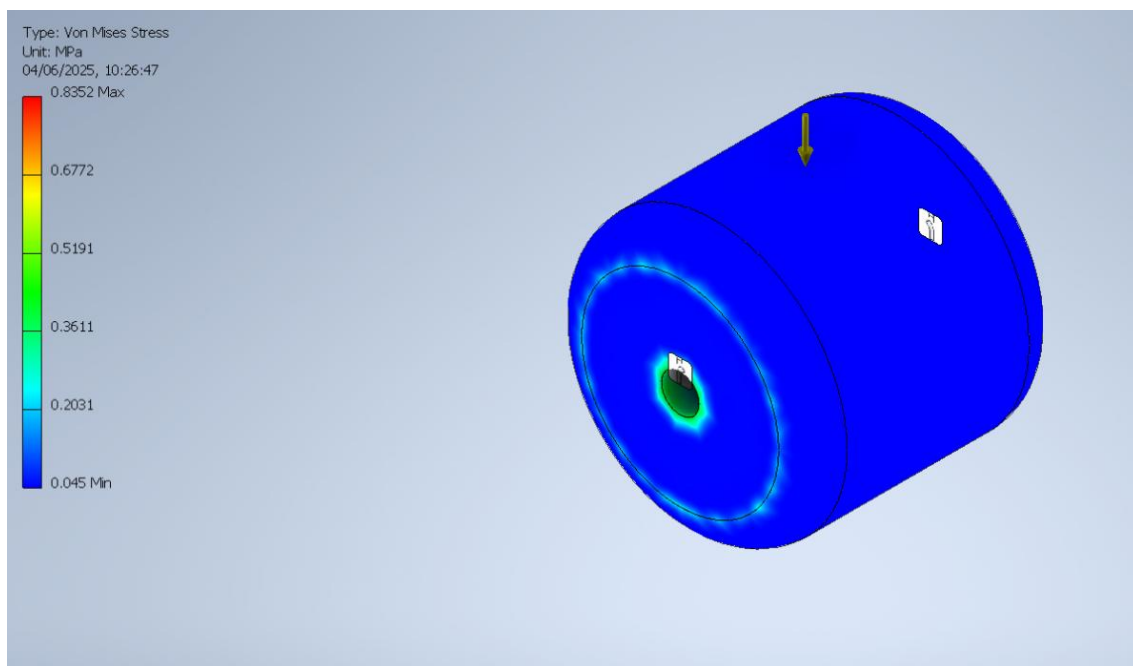


Ilustración 69. Resultado de la tensión de Von Mises

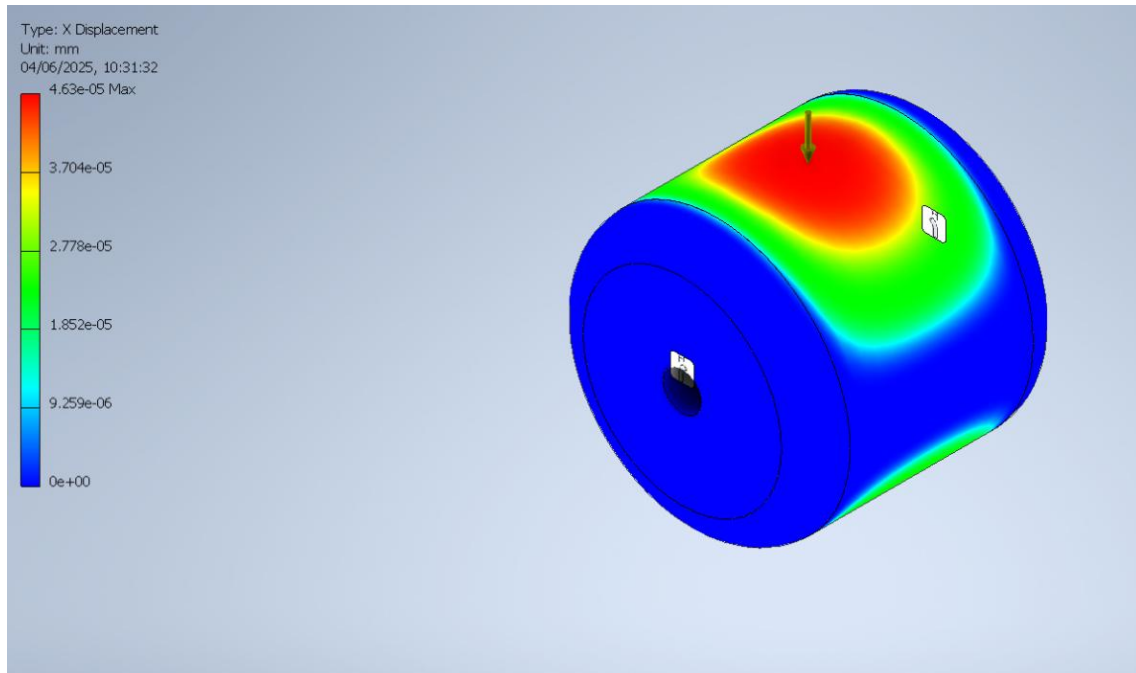


Ilustración 70. Resultados del desplazamiento.

Los resultados obtenidos confirman que el rodillo resiste sin problemas ante el máximo peso que soportará de la máquina. Debido a que el desplazamiento es insignificante y la tensión de Von Mises es baja, lo que asegura que no habrá riesgo de rotura o fallo por deformación plástica. Además, se debe tener en cuenta que el ensayo nos da el resultado de lo que le pasa a un solo rodillo al sujetar todo el peso, sin embargo, en la situación real, el peso lo aguantan tres rodillos por lo que se repartiría entre ellos, asegurando aún más una buena resistencia.

7.7. Catálogo fotográfico



Ilustración 71. Render de la máquina con fondo blanco.

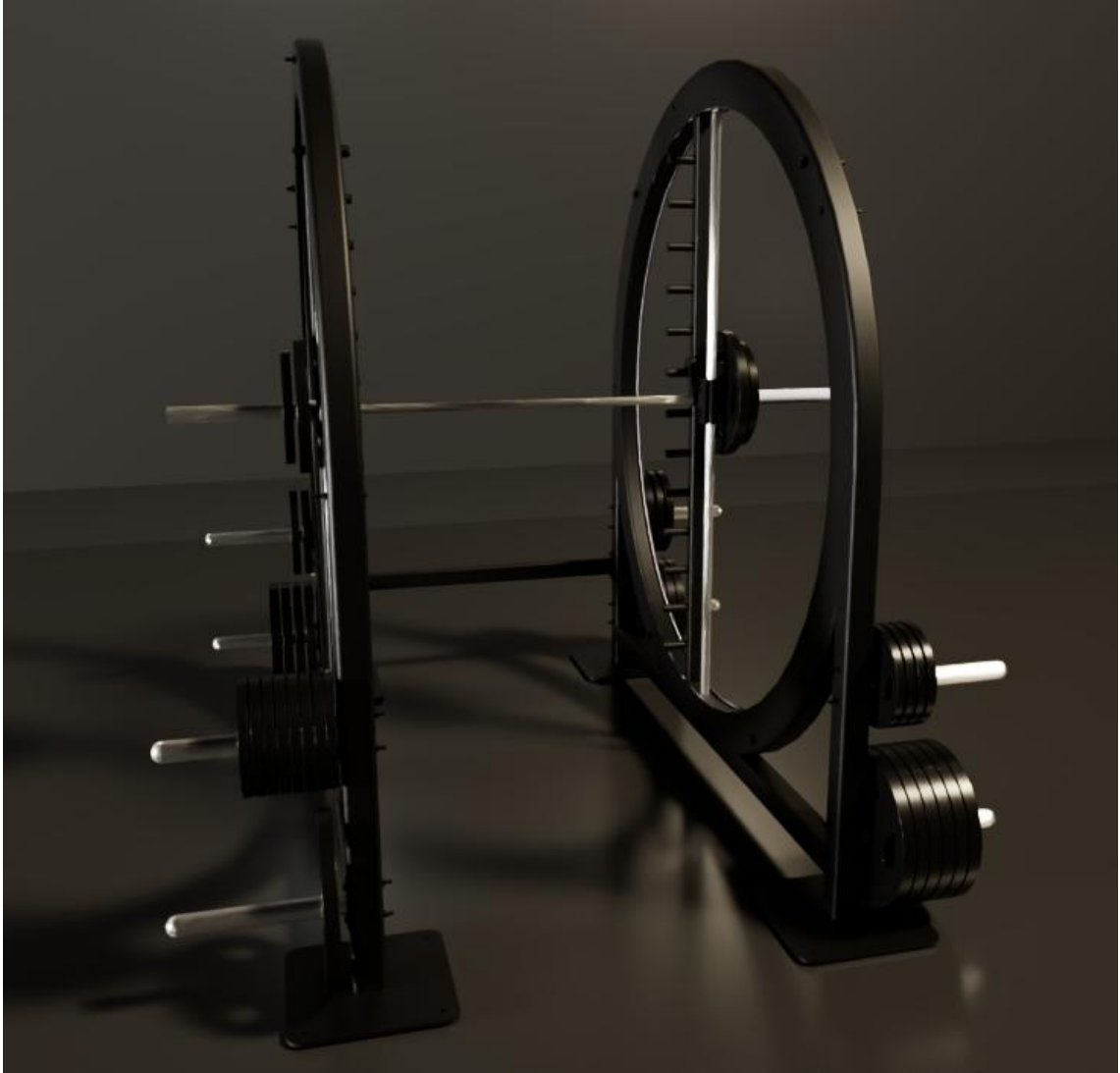


Ilustración 72. Render de la máquina.



Ilustración 73. Render máquina de frente.



Ilustración 74. Render de integración lateral.

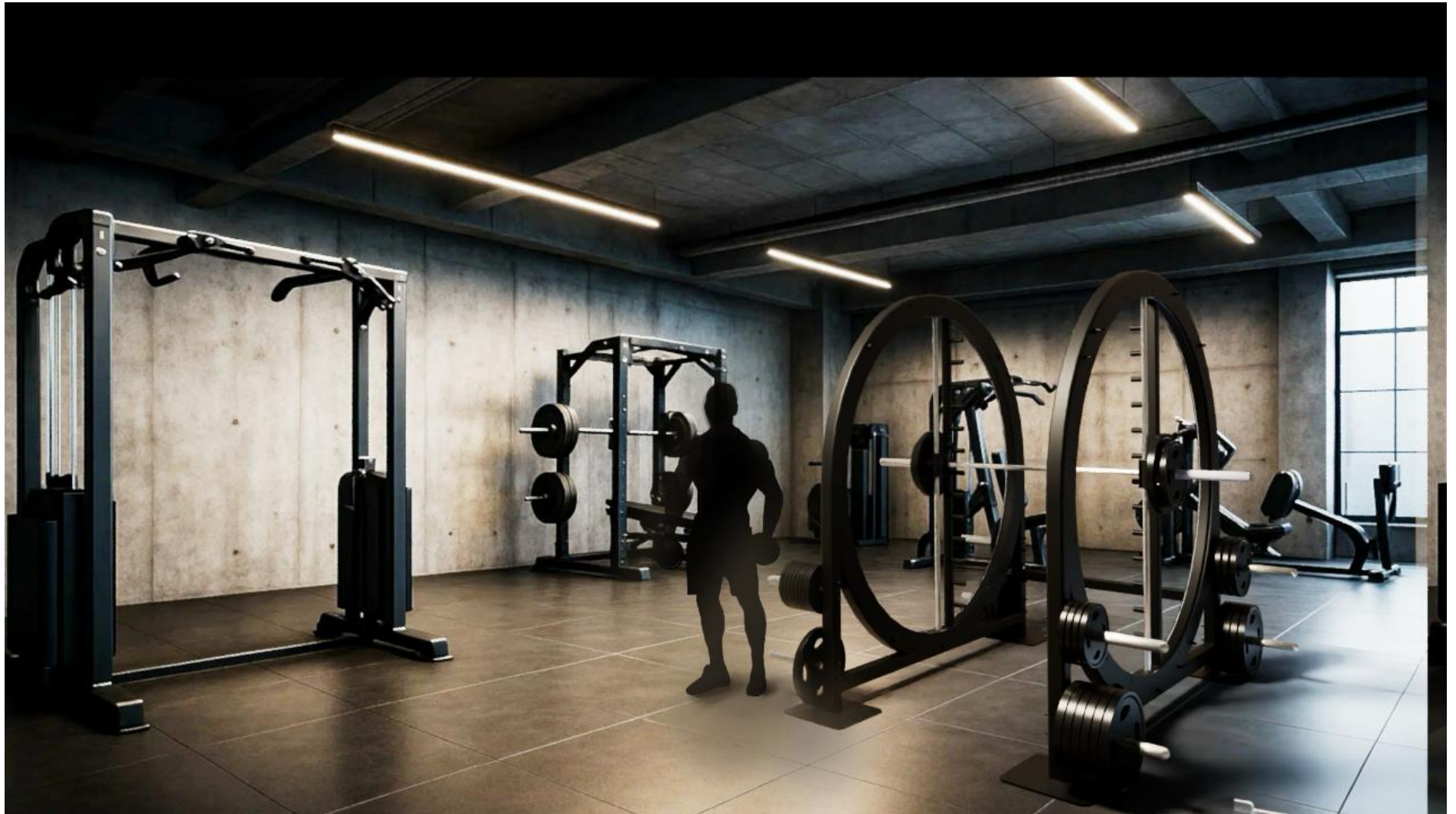


Ilustración 75. Render de integración de frente.

8. Conclusiones y líneas futuras

Tras el desarrollo de este trabajo, se ha podido demostrar la compatibilidad de biomecánica y la multifuncionalidad en una misma máquina de gimnasio. En este proyecto se han abordado aspectos clave como el diseño, la ergonomía, la seguridad y la biomecánica, logrando integrar en un solo equipo la posibilidad de trabajar múltiples grupos musculares de forma eficiente y respetuosa con el movimiento natural de nuestro cuerpo.

El diseño final cumple con los objetivos establecidos al inicio. El sistema de cambio de inclinación permite una personalización de los ejercicios debido al cambio de resistencia que ayuda a adaptar el trabajo físico al nivel del usuario, además de ofrecer una gran variedad de alternativas que aseguran eficiencia en el desarrollo de cada grupo muscular. Su uso es intuitivo, sencillo y seguro, cumpliendo con unas medidas aceptables de espacio. Por último, es un diseño innovador y distintivo respecto al resto de máquinas multifuncionales, ya que no incluye ningún sistema de cables ni es multiestación.

De cara al futuro, existen diversas líneas de mejora que permitirían potenciar aún más las prestaciones de la máquina multifuncional. Entre ellas destacan, la incorporación de complementos y/o accesorios que faciliten el uso de la máquina en algunos ejercicios; el desarrollo de un sistema de frenado específico para ejercicios de prensa, ya que en este tipo de ejercicios de pierna los pies irían situados en la barra lo que podría dificultar el giro que bloquea el movimiento de esta; o la automatización de los sistemas de ajuste, permitiendo al usuario personalizar la configuración de la máquina de forma rápida, precisa y cómoda. Estas mejoras contribuirían a elevar la versatilidad, facilidad de uso y comodidad de la máquina.

9. Bibliografía

9.1. Páginas web

BBC News Mundo. (2017, 7 de julio). *La evolución de la actividad física y el ejercicio a lo largo de la historia*. BBC. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40533531>

Corzosa. (s. f.). *Todo sobre las máquinas de corte láser: tipos, ventajas y aplicaciones*. <https://corzosa.com/todo-sobre-maquinas-corte-laser/>

ENFAF. (s.f.). *Cómo ganar masa muscular gracias a la biomecánica*. ENFAF. <https://enfaf.com/como-ganar-masa-muscular-gracias-a-la-biomecanica/>

Etenon Fitness. (s.f.). *Multipower 3D Freedom Rack*. Etenon Fitness. <https://etenonfitness.com/es/p/9np-18507-60aas-multipower-3d-freedom-rack/>

Etenon Fitness. (s.f.). *PC0970 Multifunction*. Etenon Fitness. <https://etenonfitness.com/en/p/pc0970-multifunction/>

Etenon Fitness. (s.f.). *PC0950-PC09 Dual Functional Multipower*. Etenon Fitness. <https://etenonfitness.com/en/p/pc0950-pc09-dual-functional-multipower/>

Health & Fitness. (s.f.). *The constant evolution of fitness equipment*. Health & Fitness. <https://es.healthandfitness.org/improve-your-club/the-constant-evolution-of-fitness-equipment/>

Instituto ISAF. (s.f.). *Mecanismos de hipertrofia*. Instituto ISAF. <https://blog.institutoisaf.es/mecanismos-de-hipertrofia>

Izaro. (2022, 21 de febrero). *El torneado en duro como alternativa al rectificado para muchas aplicaciones*. <https://www.izaro.com/el-torneado-en-duro-como-alternativa-al-rectificado-para-muchas-aplicaciones/c-1645272263/>

Keleven. (2023, 23 de agosto). *History of weight training*. Keleven. <https://www.keleven.com/2023/08/23/history-of-weight-training/>

Maqfort. (s. f.). *Curvadoras de Tubos y Perfiles 3 Rodillos Manual - Serie RB*. Recuperado el 3 de junio de 2025, de <https://maqfort.com/es/productos/curvadora-de-3-rodillos-manual-serie-rb/>

MASmusculo. (2020, 18 de noviembre). *Cómo trabajar tus pectorales eficientemente*. MASmusculo. <https://www.masmusculo.com/blog/como-trabajar-tus-pectorales-eficientemente/>

Matrix Fitness. (s.f.). *G7-S13 Converging Chest Press*.
<https://www.matrixfitness.com/es/esp/strength/single-station/g7-s13-converging-chest-press>

Men's Health. (2021, 1 de febrero). *Eugen Sandow: El primer culturista de la historia*.
[Men's Health](#)

Panatta. (s.f.). *The original*. Panatta Sport. <https://www.panattasport.com/es/the-original/>

Prime Fitness USA. (s.f.). *Prodigy Smart Arm Attachment*. Prime Fitness USA.
<https://www.primefitnessusa.com/collections/smart-arm-prodigy-attachment/products/prodigy-smart-arm-attachment?variant=48930437595329>

Strength Level. (2025). *Weightlifting strength standards*.
<https://strengthlevel.com/strength-standards>

Technogym. (s.f.). *Biostrength*. Technogym. <http://technogym.com/es-ES/biostrength/>

Technogym. (s.f.). *Pure Row - Technogym*. Technogym.
https://www.technogym.com/es-ES/product/pure-row_MG3000-NBGJV0.html

Technogym. (s.f.). *Unica - Technogym*. Technogym. https://www.technogym.com/es-ES/product/unica_M310.html

Tonal. (s.f.). *Tonal 2*. Tonal. <https://www.tonal.com/tonal-2/>

Universidad Internacional de La Rioja. (s.f.). *¿Qué es la biomecánica?*. UI1 Blog.
<https://www.ui1.es/blog-ui1/que-es-la-biomecanica>

9.2. Libros

Putz, R., & Pabst, R. (Dirs.). (2006). *Sobotta: Atlas de anatomía humana. Tomo 1* (22^a ed.). Editorial Médica Panamericana.

Putz, R., & Pabst, R. (Dirs.). (2006). *Sobotta: Atlas de anatomía humana. Tomo 2* (22^a ed.). Editorial Médica Panamericana.

Putz, R., & Pabst, R. (Dirs.). (2006). *Sobotta: Atlas de anatomía humana. Tablas* (22^a ed.). Editorial Médica Panamericana.

Schoenfeld, B. (2017). *Ciencia y desarrollo de la hipertrofia muscular*. Ediciones Tutor.

PRESUPUESTO

Se ha realizado un presupuesto de la máquina de gimnasio de modo que se pueda conocer cuál sería su precio de venta y si encajaría en el mercado. A continuación, se explicará el proceso utilizado para establecer su precio.

Coste de fabricación

El coste de fabricación representa el gasto directo de elaboración del producto y se compone del material, mano de obra directa y puesto de trabajo.

Para el material se ha realizado un listado con todo lo necesario para el proceso de fabricación y ya se ha tenido en cuenta las piezas repetidas y posible material desechado.

1. MATERIAL					
Denominación	Material	U.M.	Cantidad	Precio Unitario (€/U.M.)	Importe (€)
Guía interior circular	Perfil de acero Q235 60.4	m	25,51	8,6	219,386
Guía	Barra circular de acero INOX d30mm	m	3,94	76	299,44
Barra de frenado	Perfil de acero Q235 50.4	m	3,94	7,4	29,156
Topes (barra de frenado)	Barra circular de acero Q235 d30mm	m	2,34	72	168,48
Cubierta (cubierta + tapa)	Perfil de acero Q235 160.80.6	m	26,25	22	577,5
Guía de centrado	Varillas cuadradas de ABS	m	25	4	100
Rodillo	Acero Q235 macizo	mm^3	3234000	0,0000013	4,2042
Pata	Perfil de acero Q235 80.5	m	1,23	15	18,45
Apoyo pata	Chapa acero Q235 10mm	m^2	0,64	100	64
Cuelgadiscos	Barra circular de acero INOX d50mm	m	3,32	117,4	389,768
Soporte cuelgadiscos	Chapa acero Q235 5mm	mm^2	51840	0,0001	5,184
Soporte pata	Perfil de acero Q235 80.5	m	1,07	15	16,05
Barra	Barra circular de acero INOX d28mm	m	2,2	73	160,6
Enganche	Chapa acero Q235 10mm	m^2	0,036	0,0001	0,0000036
Extremo de la barra	Barra circular de acero INOX d65mm	m	0,89	155	137,95
Pieza de giro guía	Barra circular de acero Q235 d55mm	m	0,3	24,25	7,275
Soporte pieza de giro guía	Chapa acero Q235 5mm	mm^2	22500	0,00005	1,125
Pieza de giro barra	Barra circular de acero Q235 d50mm	m	0,12	20	2,4
Soporte pieza de giro barra	Chapa acero Q235 5mm	mm^2	16500	0,00005	0,825
Barra de unión	Perfil de acero Q235 70.40.4	m	1,2	8,3	9,96
Soporte tornillos union laterales	Chapa acero Q235 5mm	mm^2	12480	0,00005	0,624
Eje de bolqueo	Barra circular de acero Q235 d30mm	m	0,1	72	7,2
TOTAL					2219,5772

Ilustración 76. Tabla de Costo de material.

La Mano de Obra Directa (M.O.D) se denomina al conjunto de operarios relacionados directamente con la producción y con responsabilidad sobre un puesto de trabajo.

2. MANO DE OBRA DIRECTA				
Denominación	U.M.	Cantidad	Precio Unitario (€/U.M.)	Importe (€)
Operario de corte láser	h	4	12	48
Operario de torneado	h	3	15	45
Operario de curvado	h	2	12	24
Operario de soldadura	h	2,5	17	42,5
Operario de galvanizado	h	3	15	45
Operario de pintado	h	4	12	48
Peón de montaje	h	1	12	12
Oficial de revisión	h	0,25	17	4,25
TOTAL				268,75

Ilustración 77. Tabla M.O.D.

El puesto de trabajo calcula el precio por hora que supone la maquinaria utilizada para la fabricación.

3. PUESTO DE TRABAJO								
Denominación	Amortización (años)	Precio	Funcionamiento (h)	Vida prevista (h)	Interés	Amortización	Mantenimiento	Importe
Curvador de rodillos	10	5697	1000	10000	0,5697	0,5697	0,22788	1,36728
Torno	10	4949,95	2000	20000	0,2474975	0,2474975	0,098999	0,593994
Máquina de corte láser	10	15999,95	3000	30000	0,53333167	0,533331667	0,213332667	1,279996
Soldadora	10	1689	1000	10000	0,1689	0,1689	0,06756	0,40536
Pistola de pintura en polvo	10	1250	1000	1000	0,125	0,125	0,05	0,3
TOTAL								3,94663

Ilustración 78. Tabla del Puesto de trabajo.

COSTE DEL PUESTO DE TRABAJO	78,0125
------------------------------------	----------------

Ilustración 79. Resultado del Coste del Puesto de Trabajo.

COSTO DE FABRICACIÓN	2566,3397
-----------------------------	------------------

Ilustración 80. Resultado del Coste de Fabricación.

Mano de Obra Indirecta (M.O.I)

Se refiere al número de empleados relacionados directamente con la producción, pero sin responsabilidad sobre el puesto de trabajo. En este caso, hablaríamos principalmente del personal de transporte al cual se le determina un porcentaje del 20% sobre la M.O.D.

M.O.I.	53,75
---------------	--------------

Ilustración 81. Resultado M.O.I.

Cargas Sociales

Representan el conjunto de aportaciones de la empresa a diversos Departamentos y Organismos Oficiales, para cubrir las prestaciones del personal en materia de Seguridad Social y accidentes de trabajo, entre otras cosas. Se aplica un 35% a la M.O.D y M.O.I.

CARGAS SOCIALES	112,875
------------------------	----------------

Ilustración 82. Resultado Cargas Sociales.

Gastos Generales

Es el coste total necesario para el funcionamiento de la empresa, excluidos los costes ya analizados. Se aplica un porcentaje del 15% sobre el M.O.D.

GASTOS GENERALES	40,3125
-------------------------	----------------

Ilustración 83. Resultado de los Gastos Generales.

Coste Total de Fabricación

La suma de todos los apartados anteriores nos da el coste real que le supone a la empresa la fabricación de una Máquina Smith 360°.

COSTE TOTAL DE FÁBRICA	2773,2772
-------------------------------	------------------

Ilustración 84. Resultado del Costo Total de Fábrica.

Beneficio Industrial

El 20% del valor obtenido en el Coste Total de Fabricación se le llama Beneficio Industrial y sumado a este se obtiene el Coste de Venta en Fábrica.

BENEFICIO INDUSTRIAL	554,655441
-----------------------------	-------------------

Ilustración 85. Resultado del Beneficio Industrial.

PRECIO DE VENTA EN FÁBRICA	3327,93264
-----------------------------------	-------------------

Ilustración 86. Resultado del Precio de Venta en Fábrica.

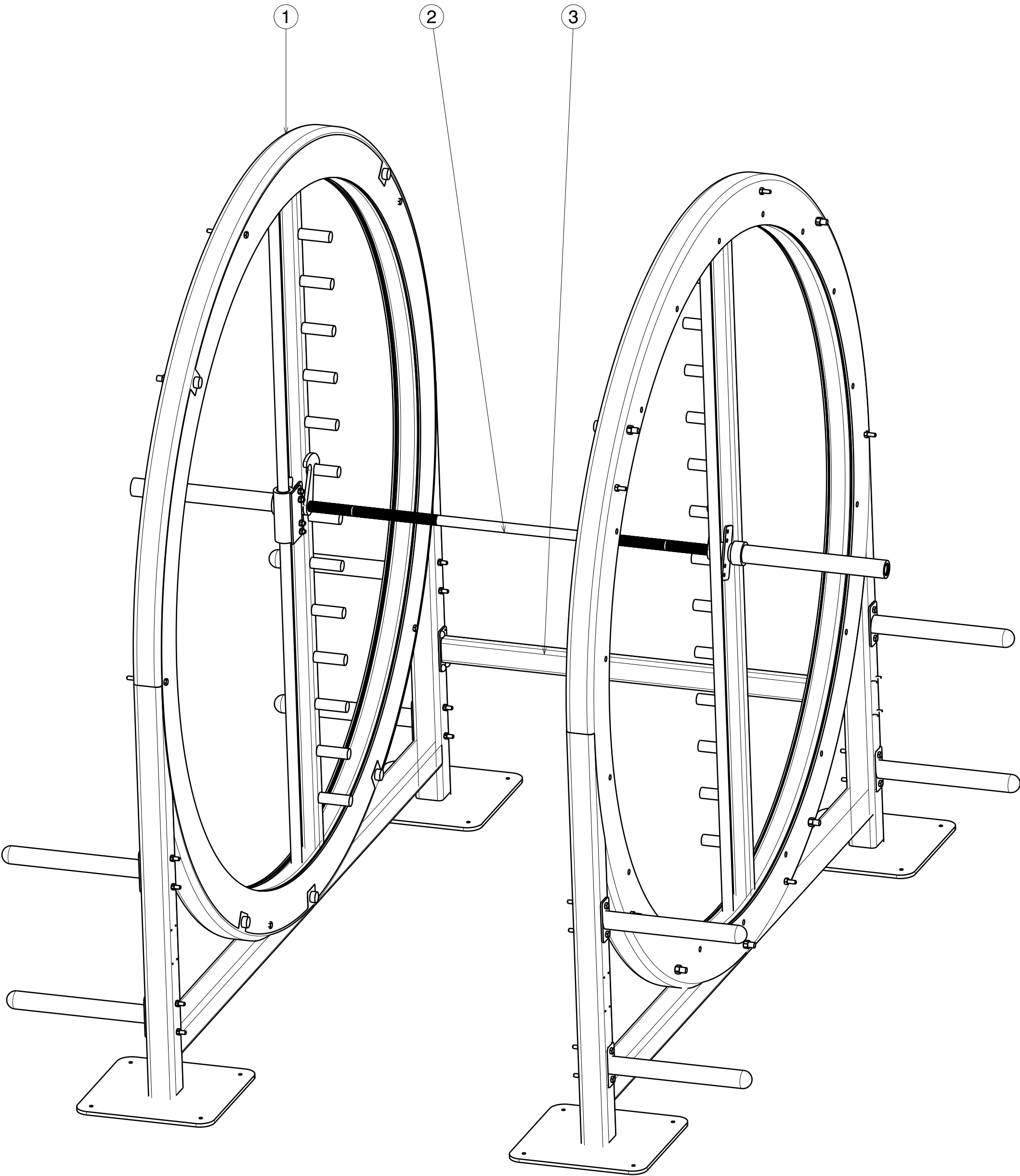
Precio de Venta al Público

Si al valor resultado del Precio de Venta en Fábrica se le aplica el 21% correspondiente al IVA, se obtiene el Precio de Venta al Público.

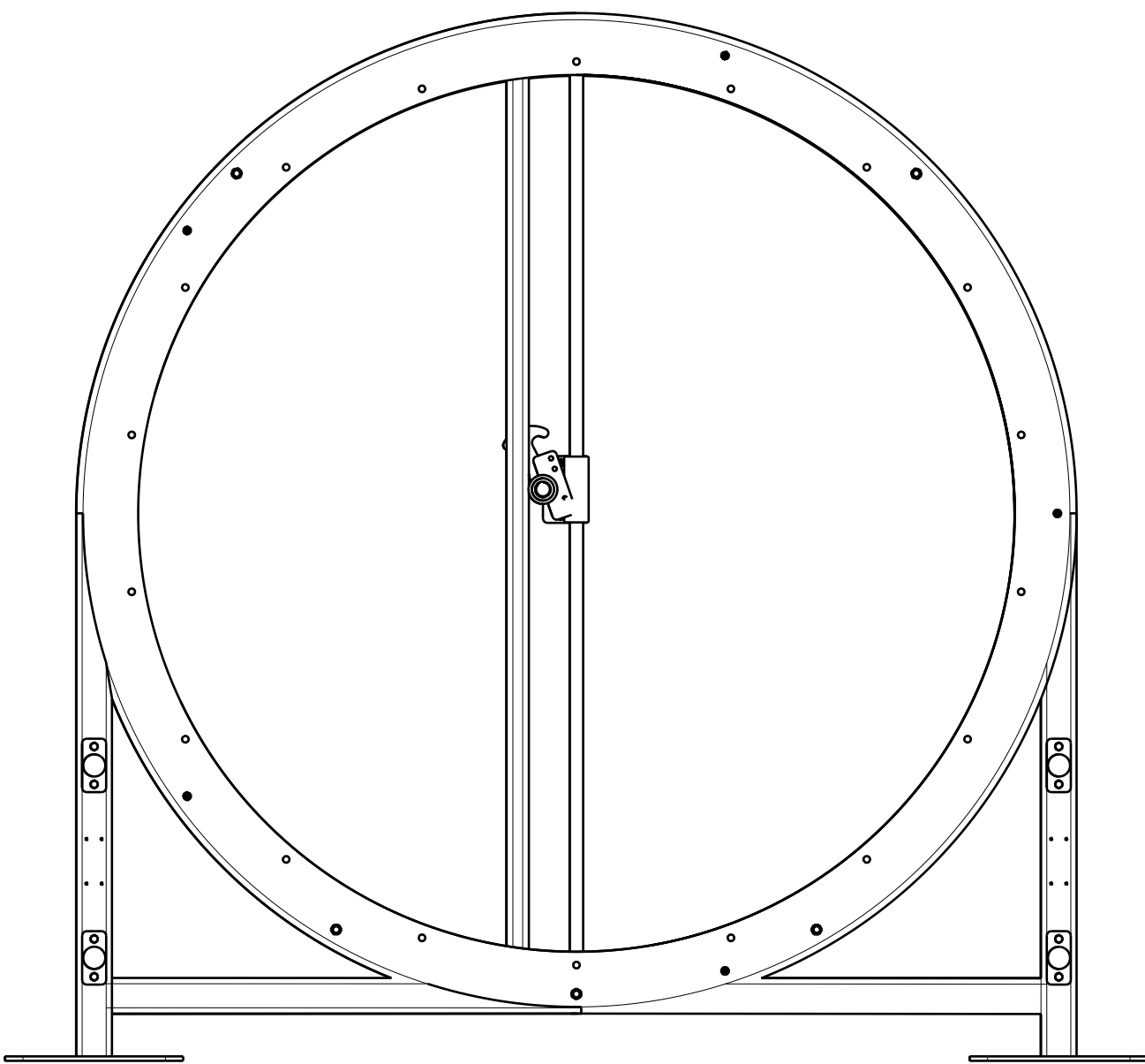
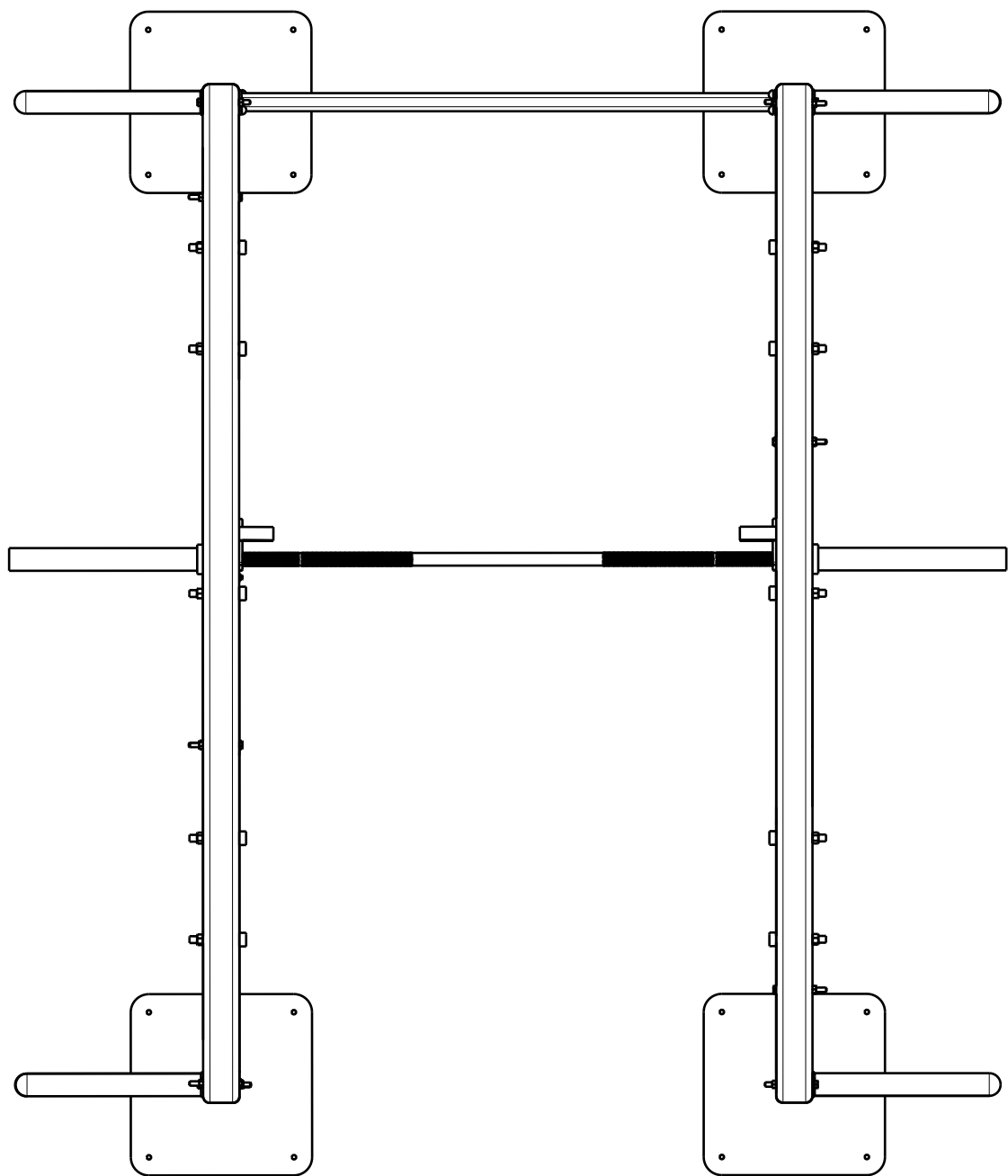
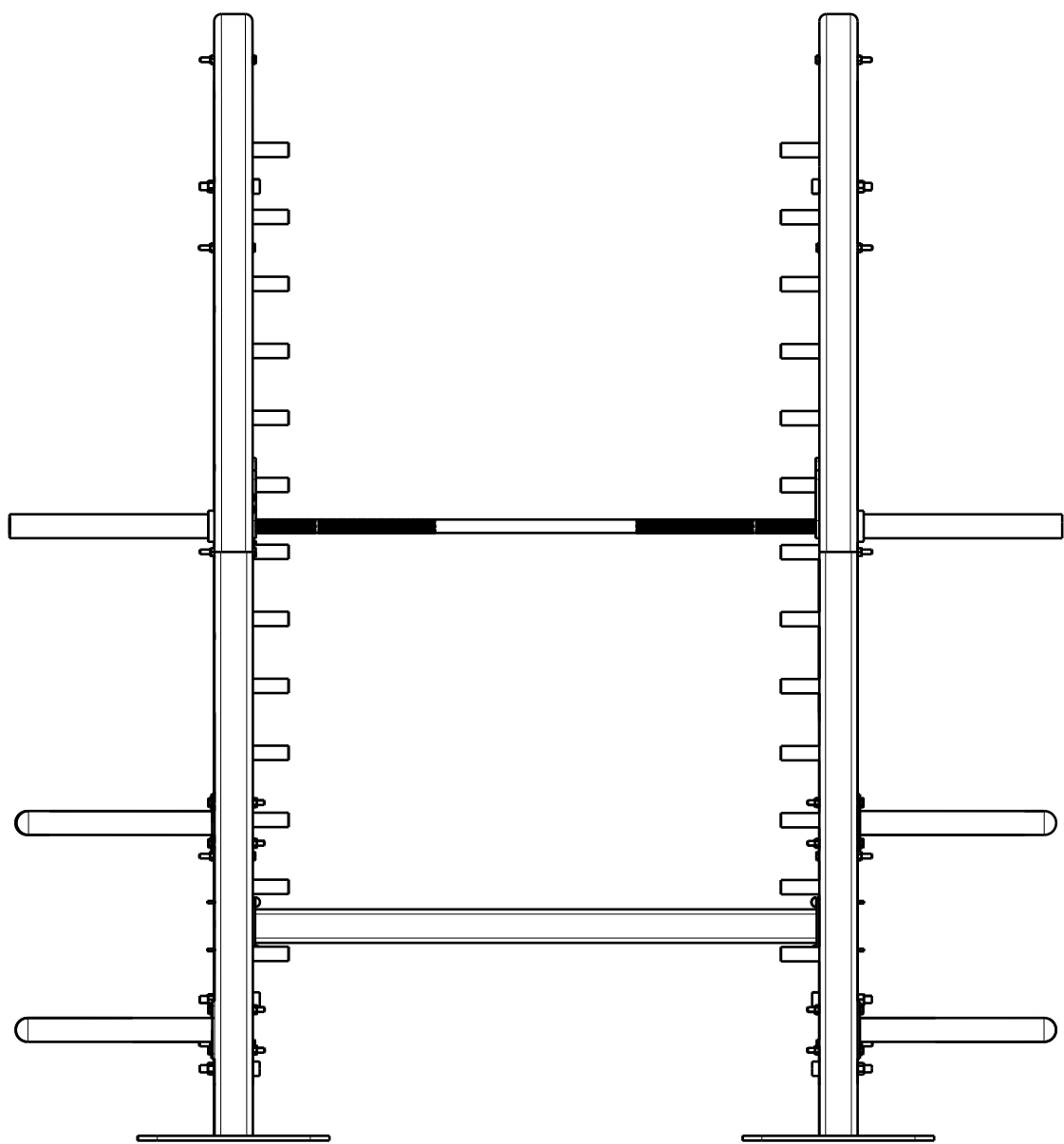
PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO	4026,7985
-----------------------------------	------------------

Ilustración 87. Resultado del Precio de Venta al Público.

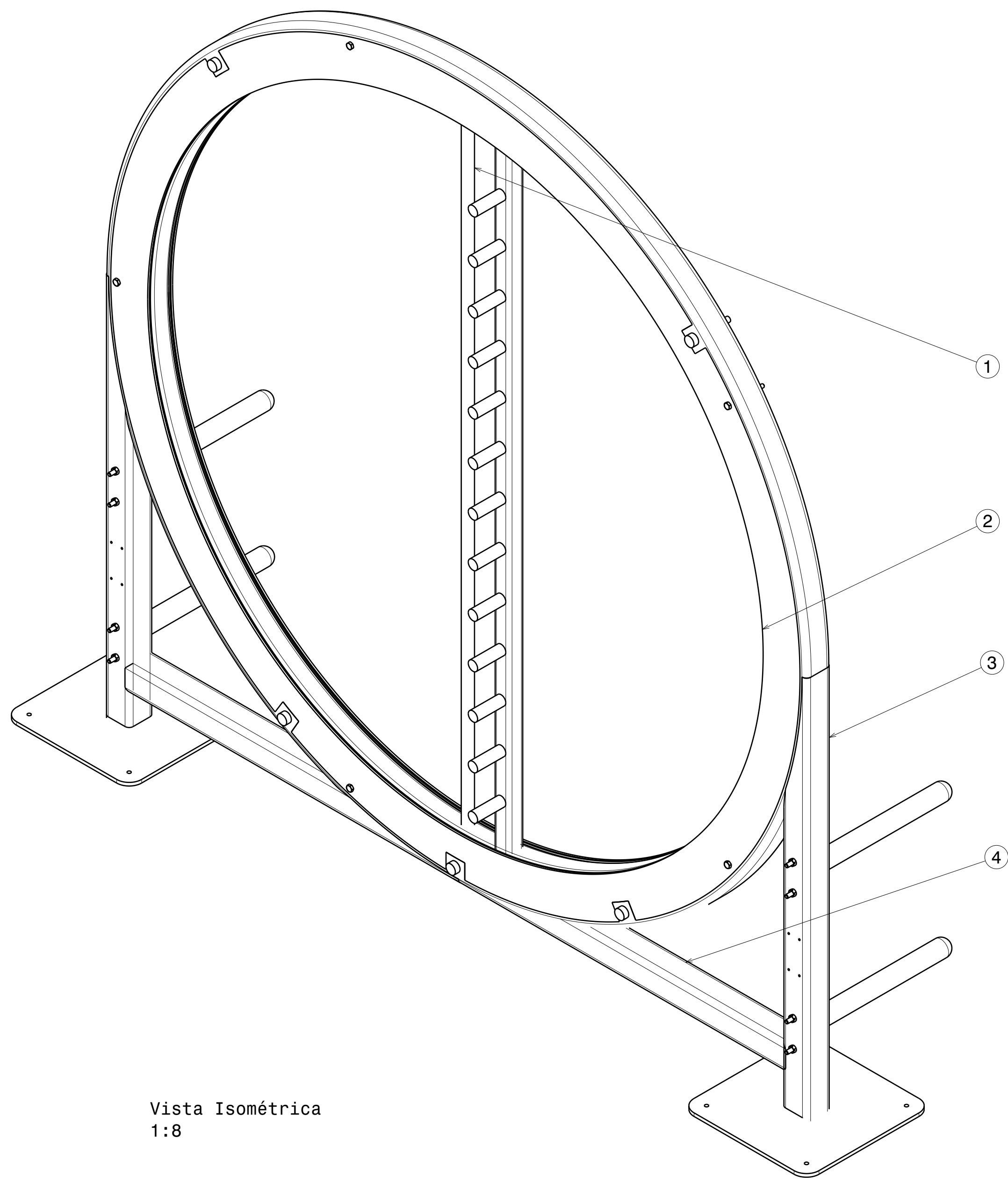
PLANOS



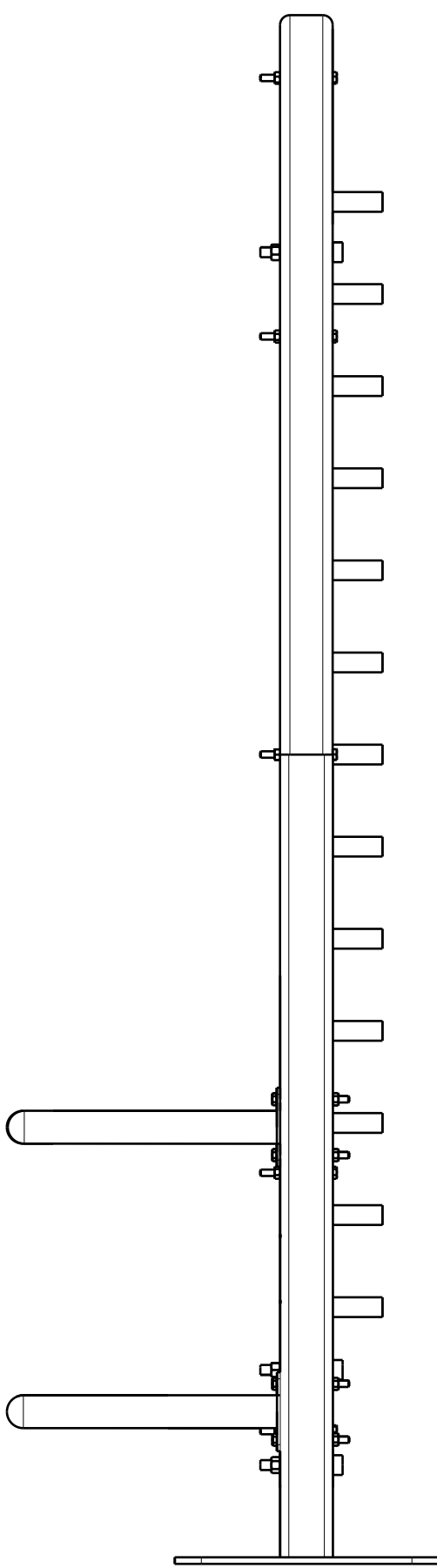
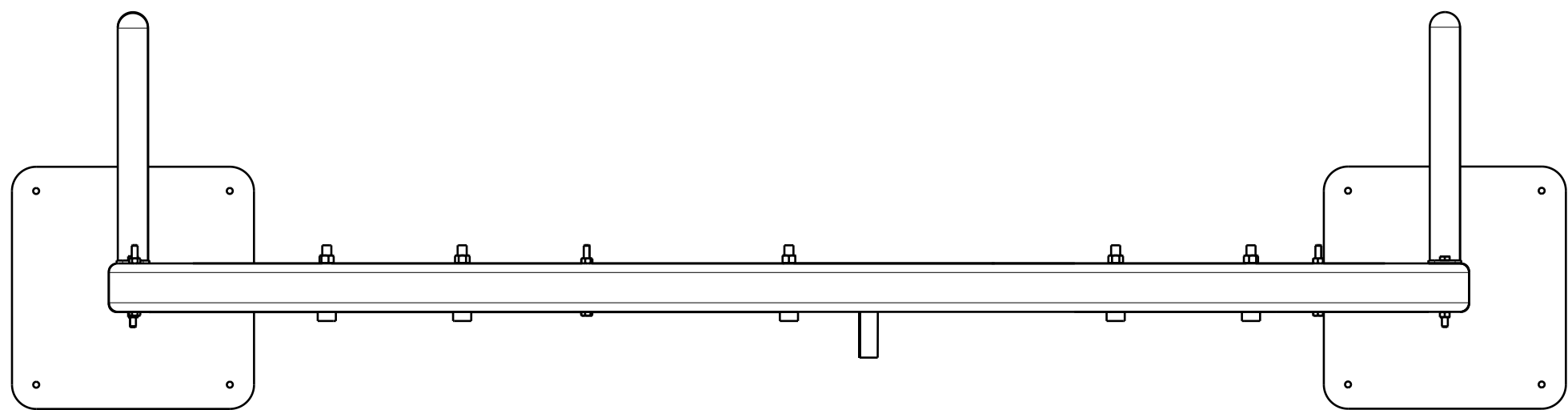
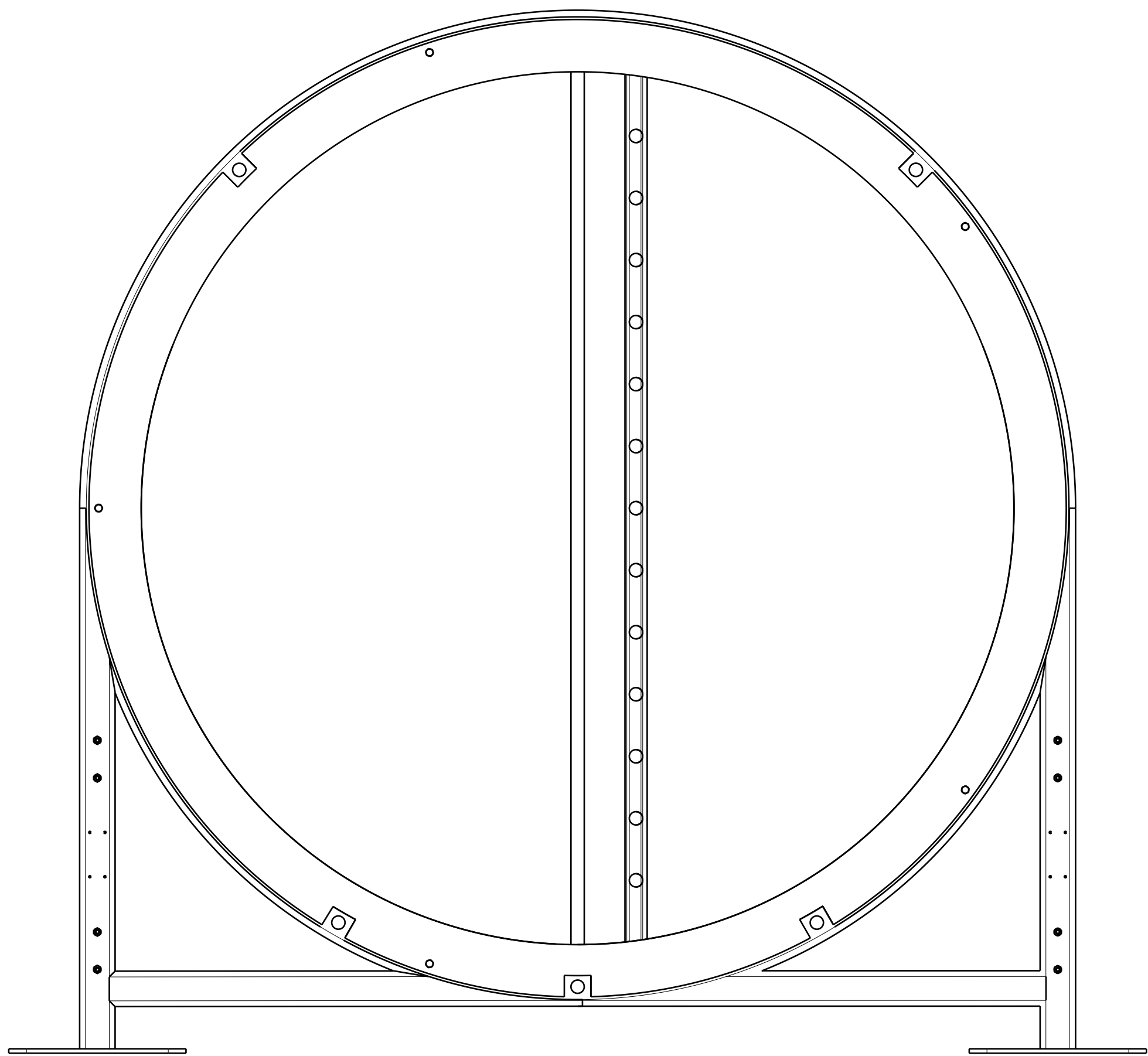
Vista Isométrica
Escale: 1:10



CONJUNTO MAUINA SMITH 360º			
Número	Subconjunto	Cantidad	Plano
1	LATERAL MONTADO	2	2
2	BARRA MONTADA	1	18
3	BARRA DE UNIÓN	1	29
Título			
Máquina Smith 360º			
Nº Plano	Plano		
1	Conjunto		
Escala	Promotor	Firmado	
1:15	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias	
Fecha			
06/2025			

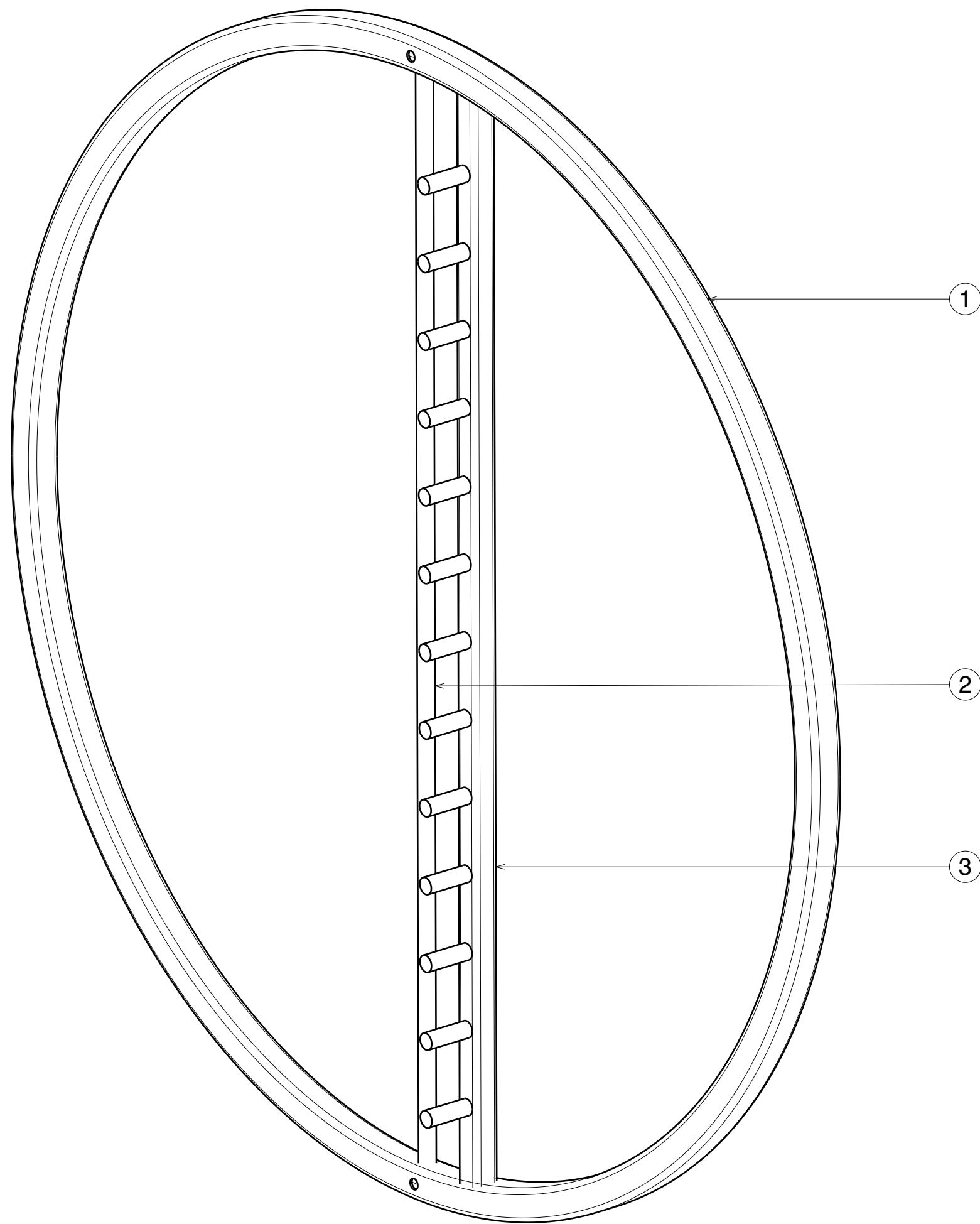


Vista Isométrica
1:8

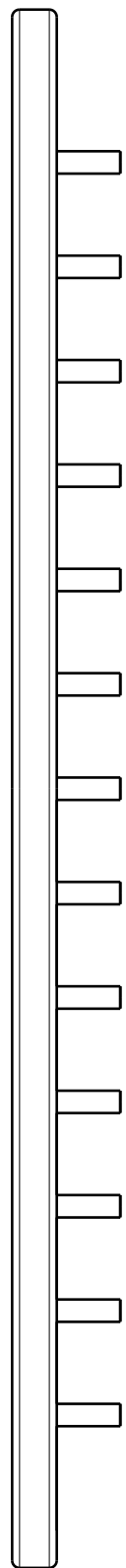
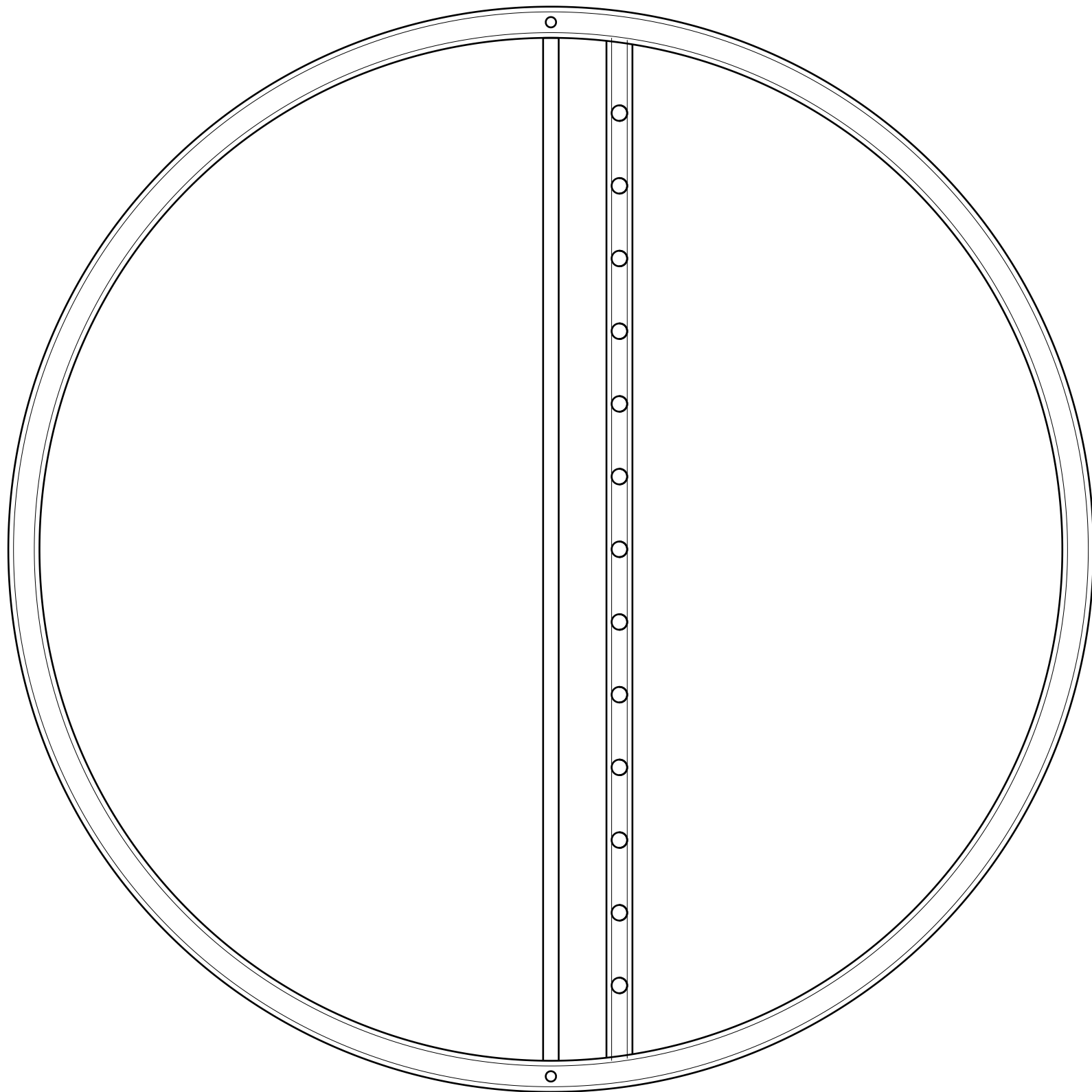


SUBCONJUNTOS LATERAL MONTADO			
Número	Subconjunto	Cantidad	Plano
1	PIEZAS DE GIRO SOLDADAS	1	3
2	CUBIERTA	1	7
3	PATA MONTADA	1	12
4	SOPORTE PATA	1	17

Titulo		
Lateral Montado		
Nº Plano	Plano	
2	Conjunto	
Escala	Promotor	Firmado
1:10	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		

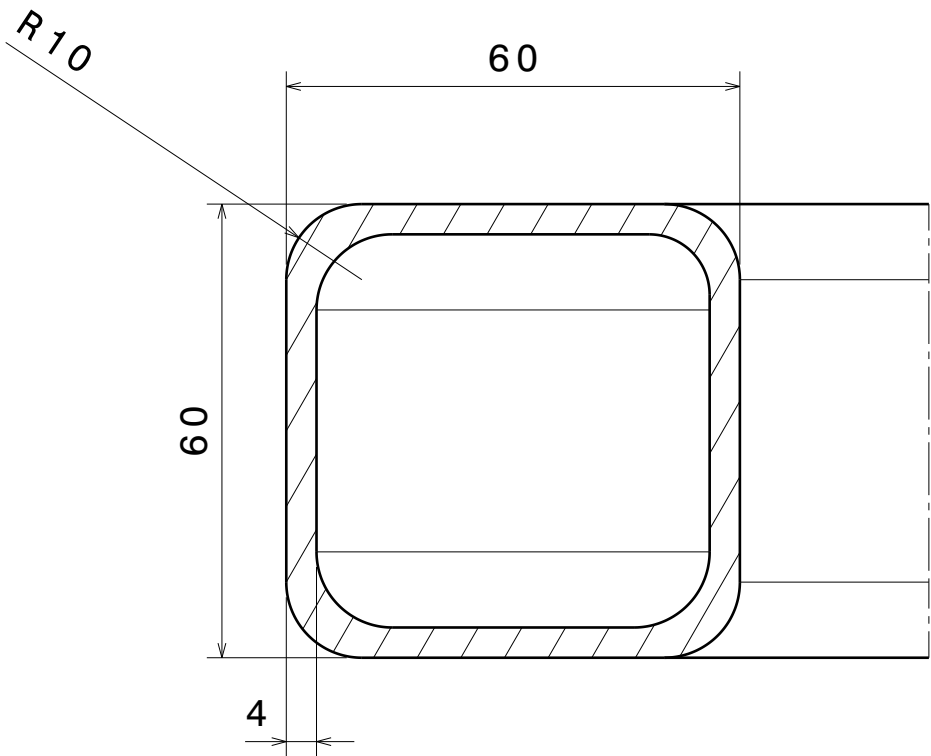
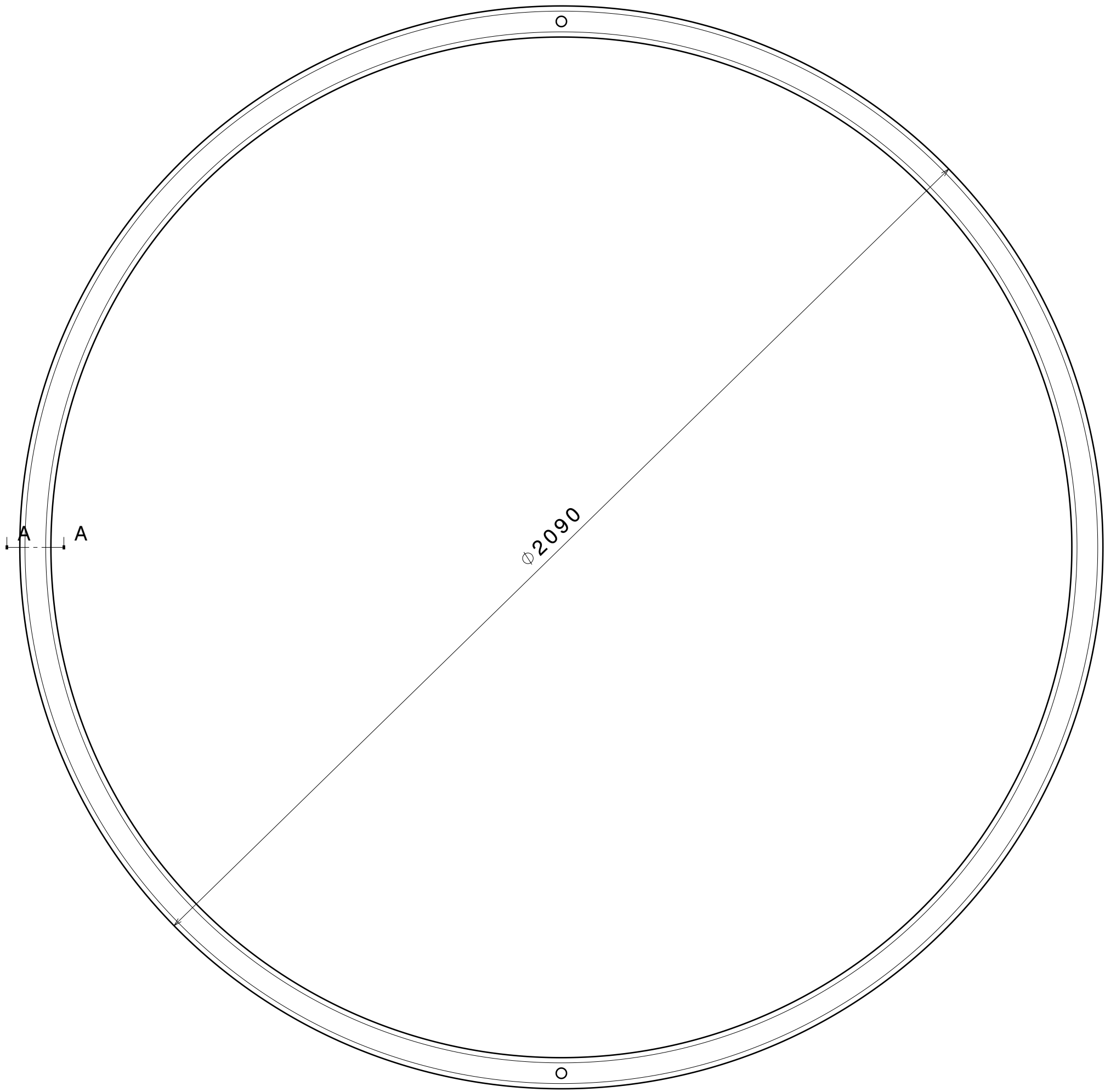
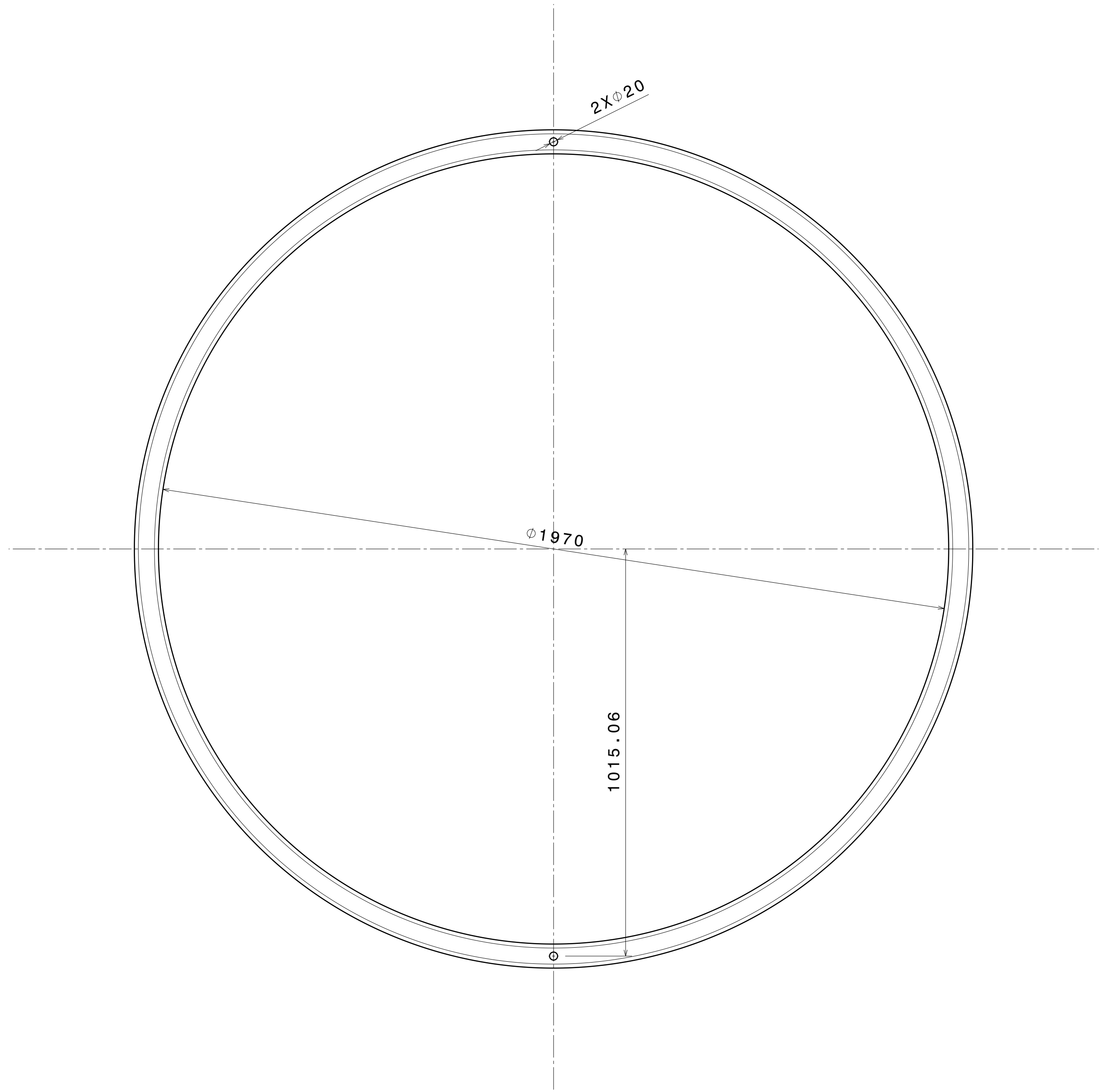


Vista Isométrica
Escala: 1:8



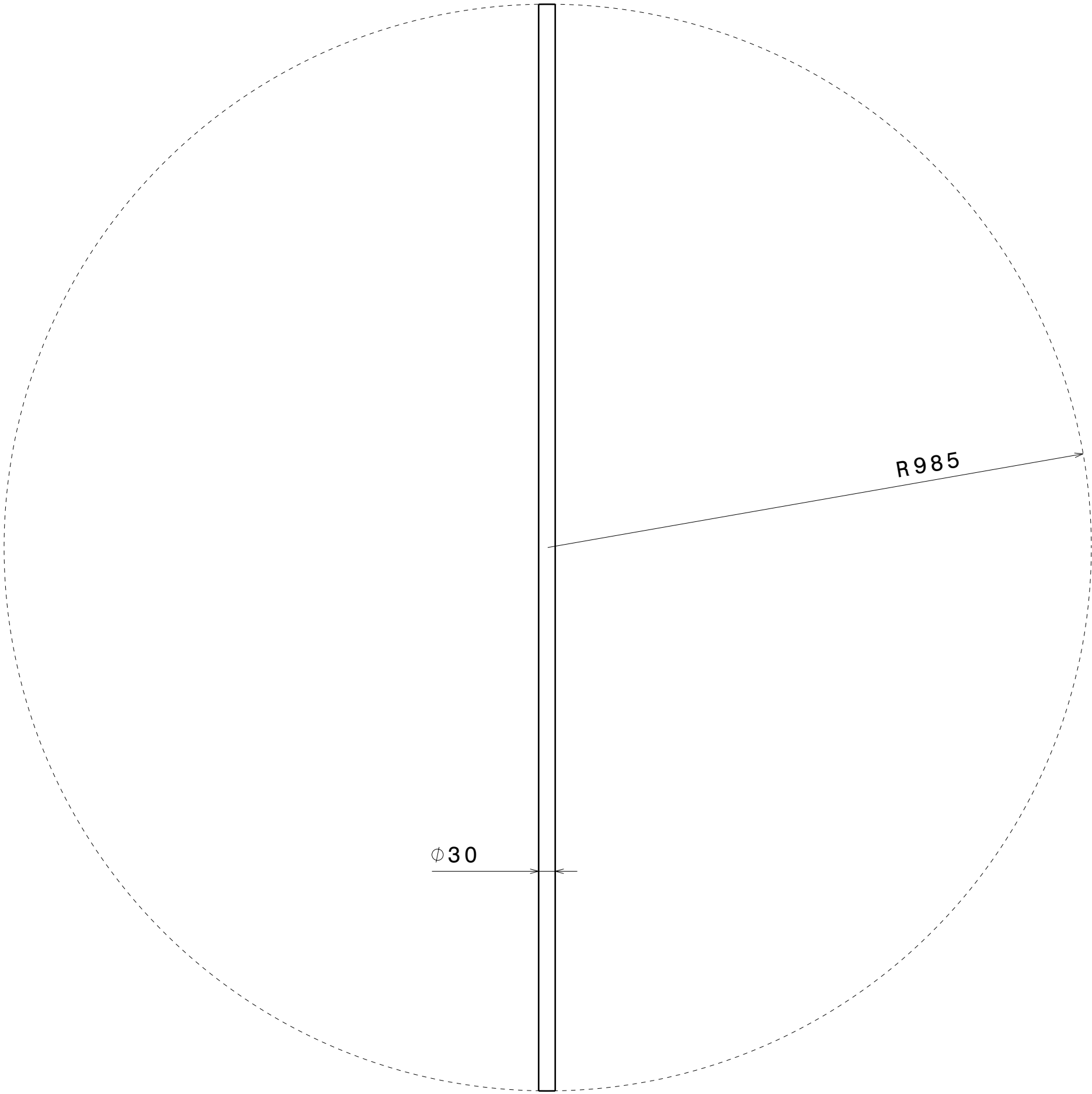
PIEZAS: PIEZAS DE GIRO SOLDADAS				
Número	Pieza	Cantidad	Plano	Material
1	GUÍA INTERIOR CIRCULAR	1	4	ACERO
2	GUÍA	1	5	ACERO
3	BARRA DE FRENADO	1	6	ACERO

Título			
Piezas de giro soldadas			
Nº Plano	Plano		
3	Subconjunto		
Escala	Promotor	Firmado	
1:10	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias	
Fecha			
06/2025			

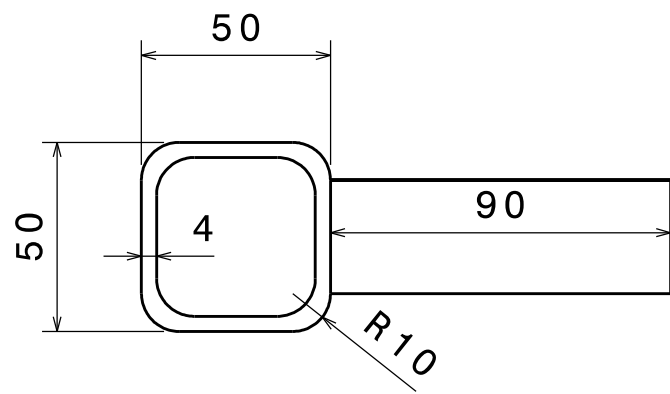
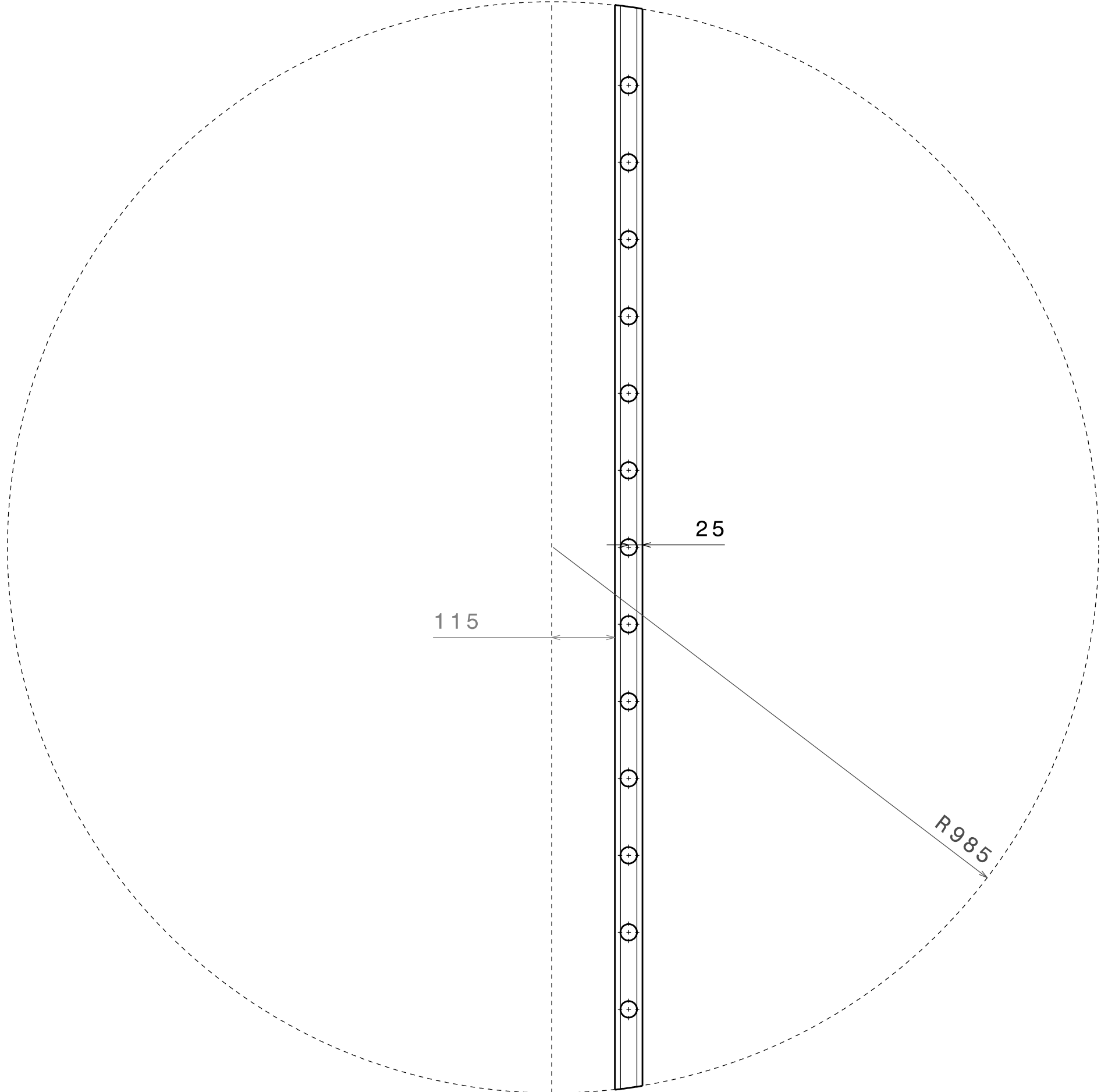
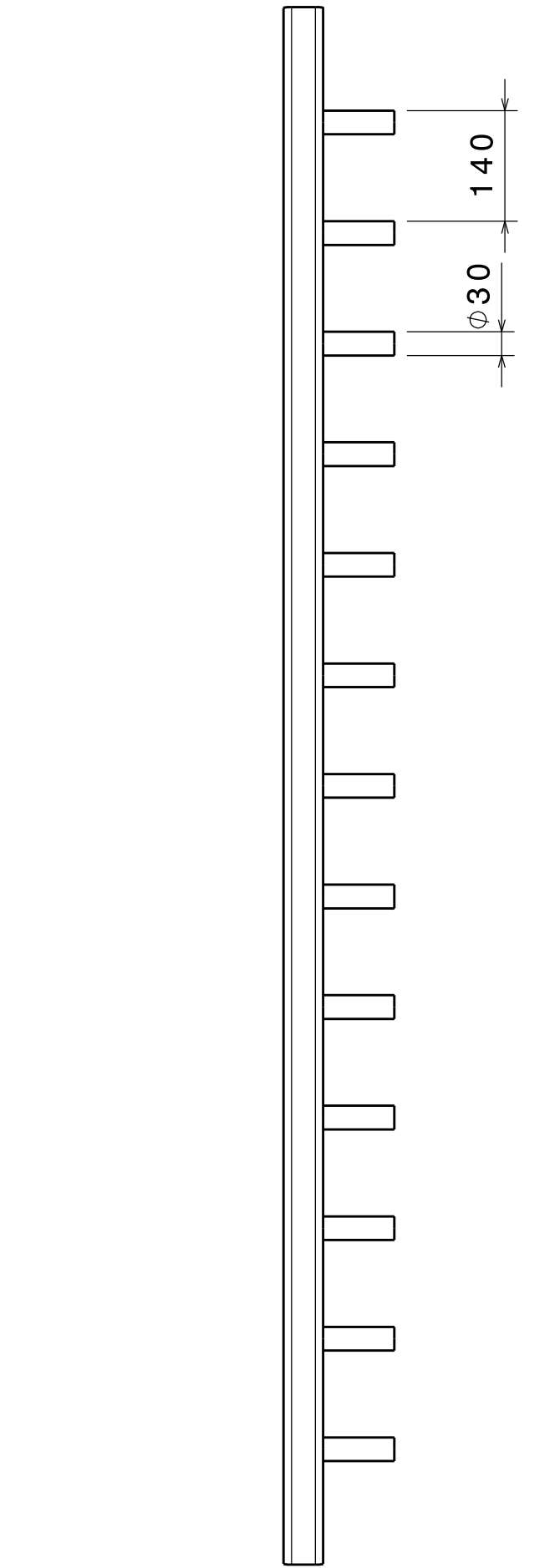


Vista de sección A-A
Escala: 1:1

Título		
GUÍA INTERIOR		
Nº Plano	Plano	
4	DESPIECE	
Escala	Promotor	Firmado
1:8	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		

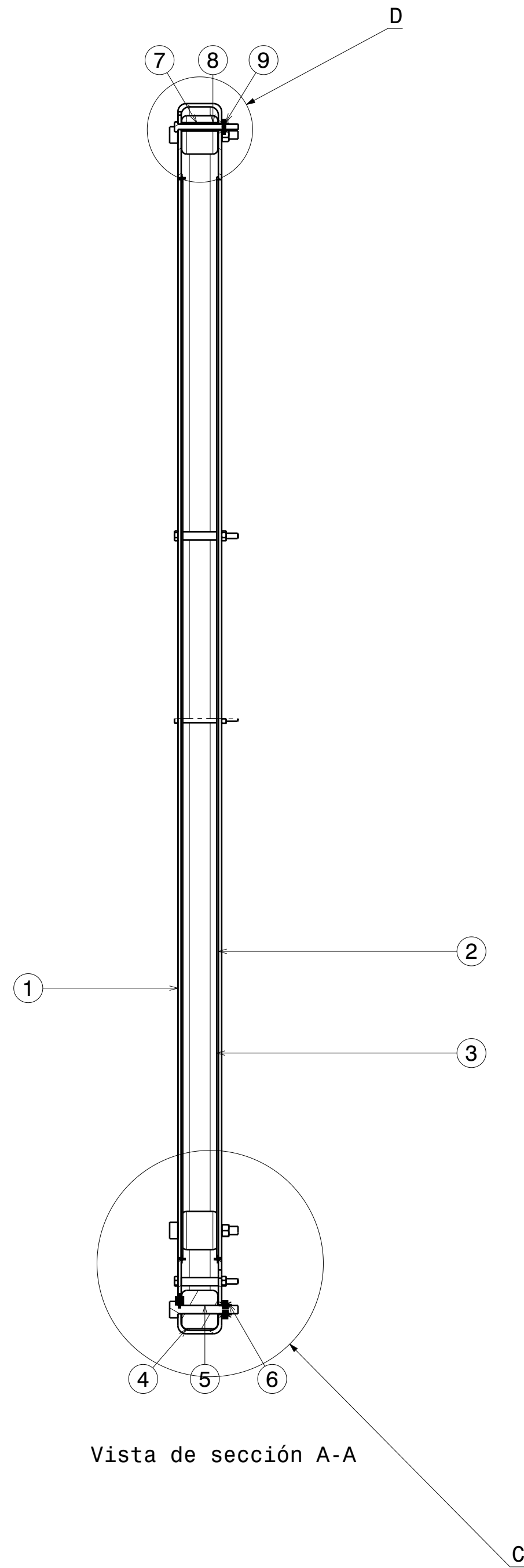
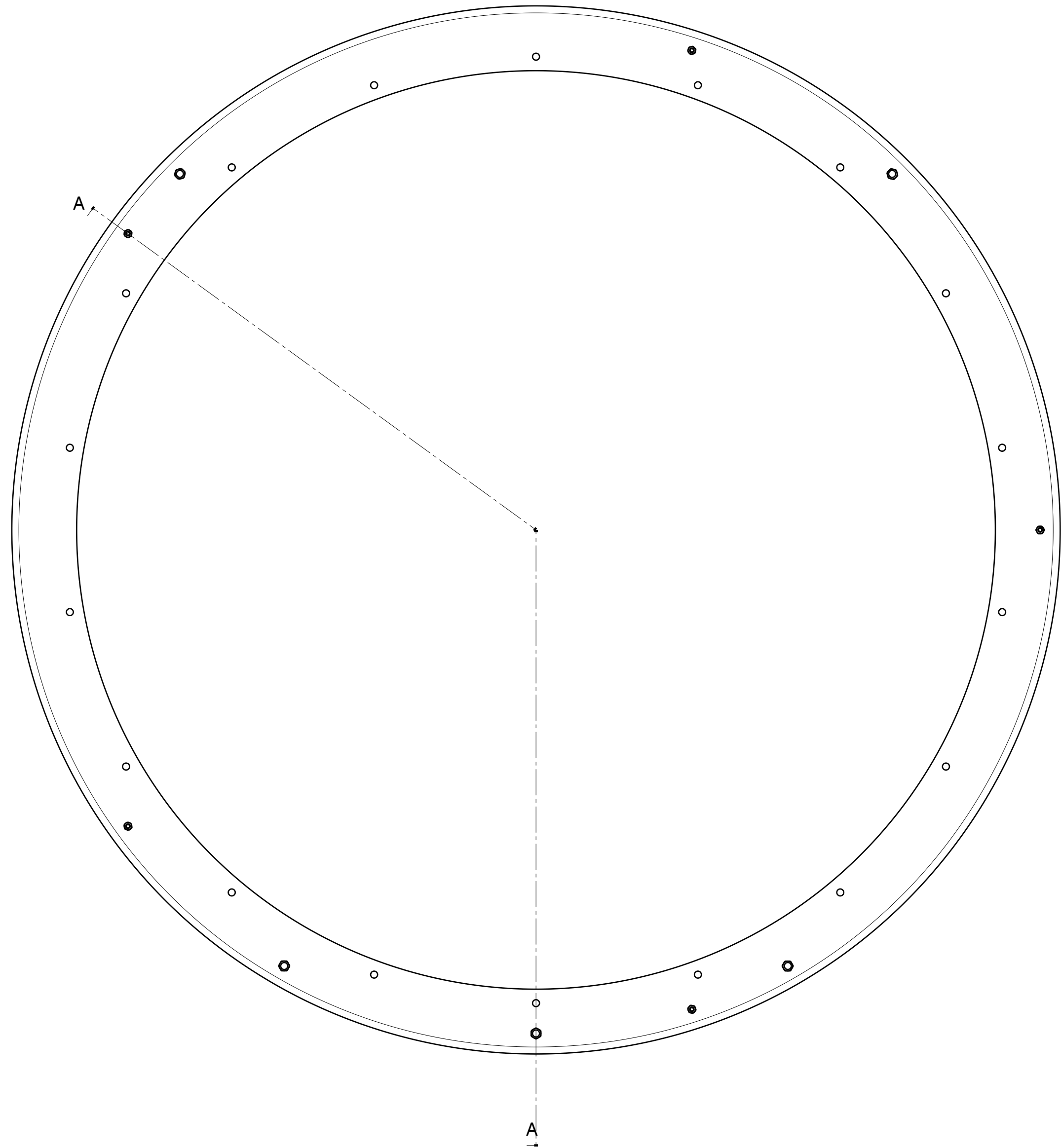


Título		GUÍA	
Nº Plano 5	Plano DESPIECE		
Escala 1:8	Promotor Universidad de Valladolid	Firmado Nicolás Morales Iglesias	
Fecha 06/2025			

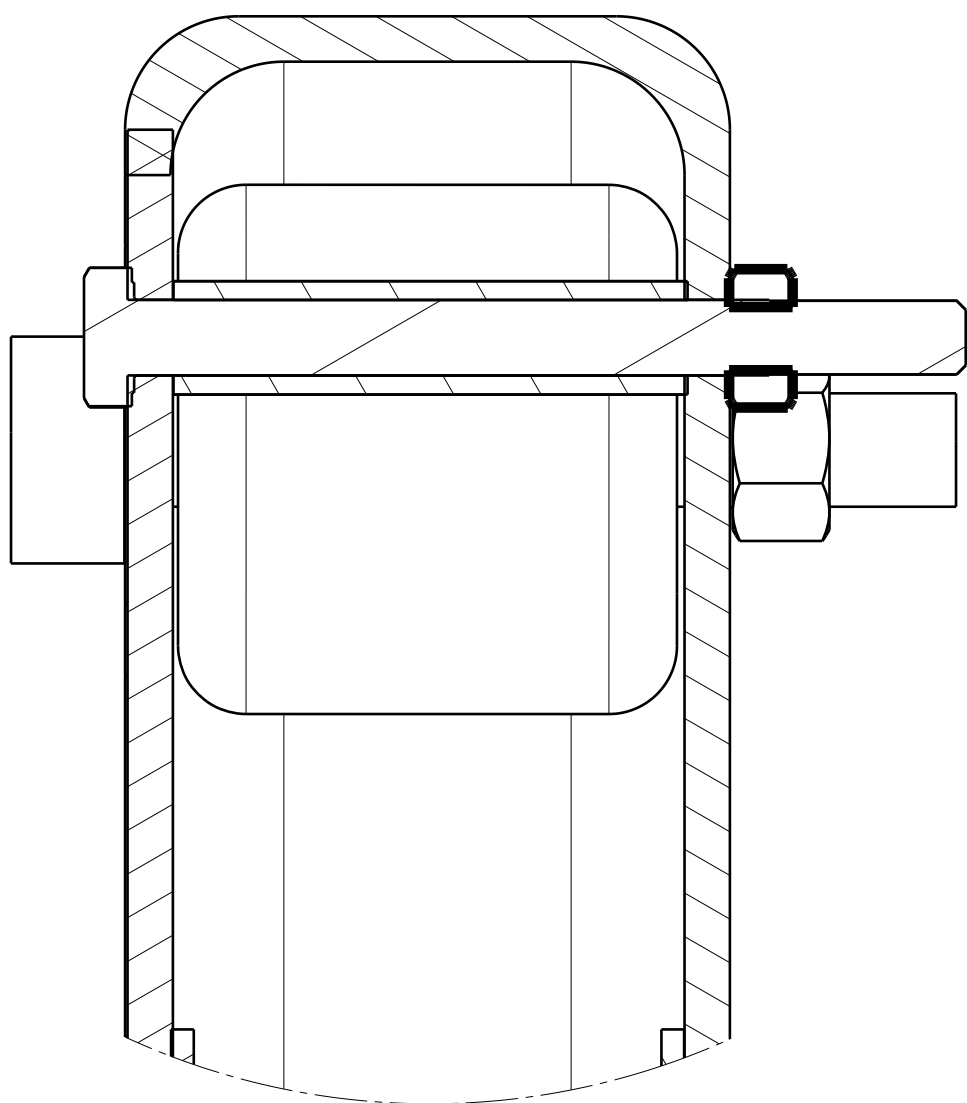
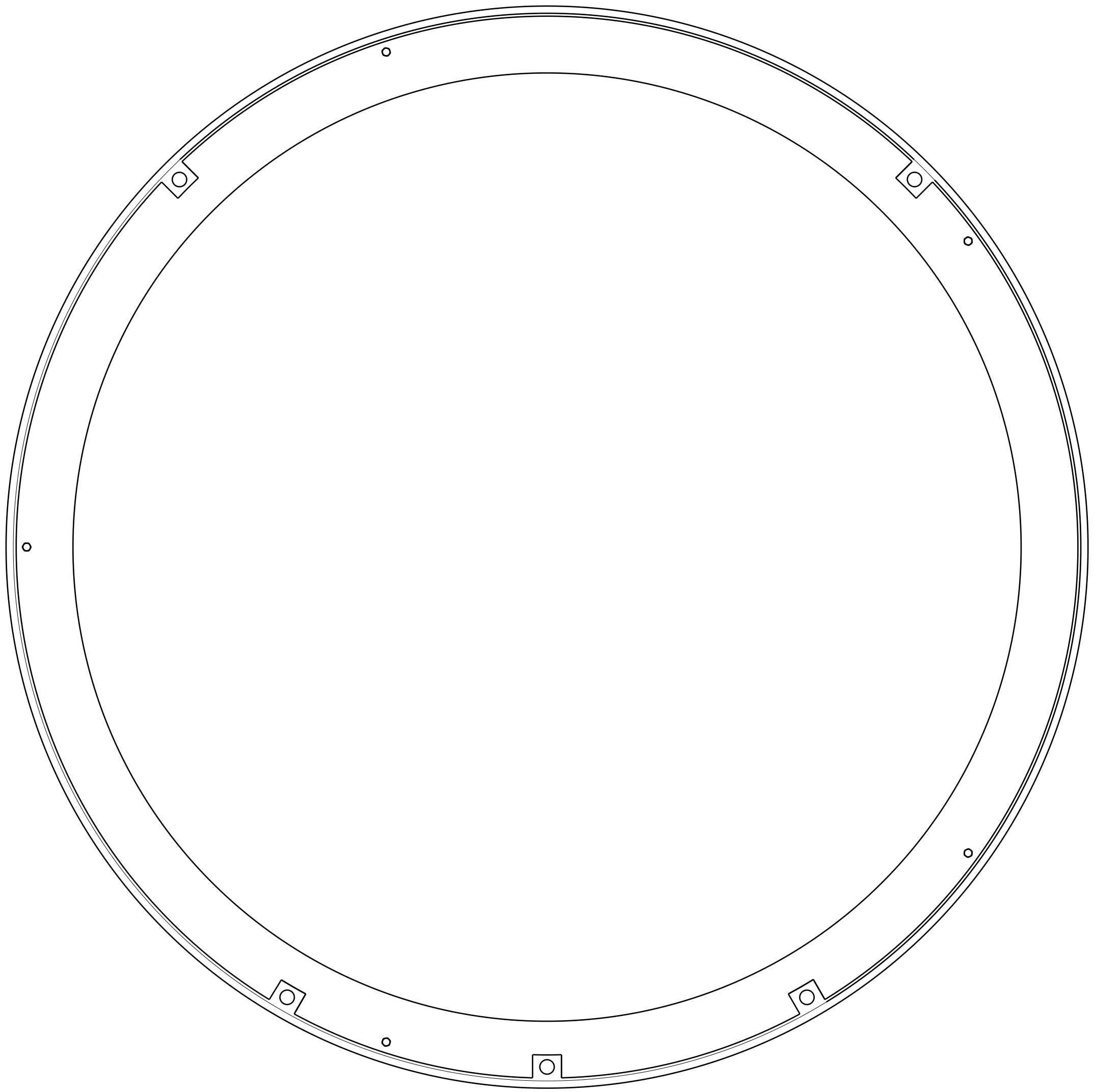


Escala: 1:2

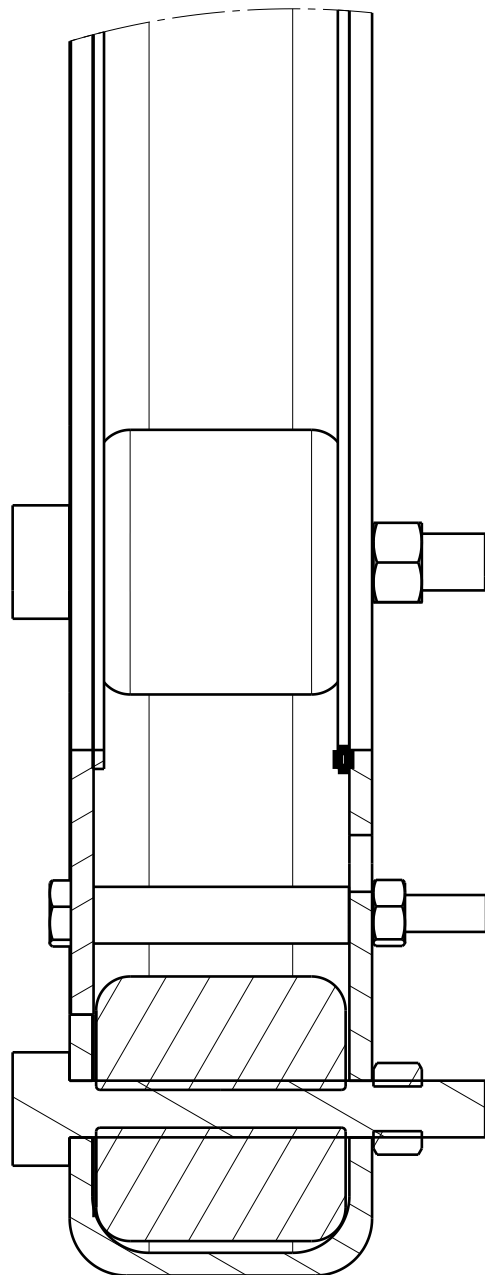
Título			BARRA DE FRENADO		
Nº Plano		Plano			
6		DESPIECE			
Escala		Promotor		Firmado	
1:8		Universidad de Valladolid		Nicolás Morales Iglesias	
Fecha					
06/2025					



Vista de sección A-A



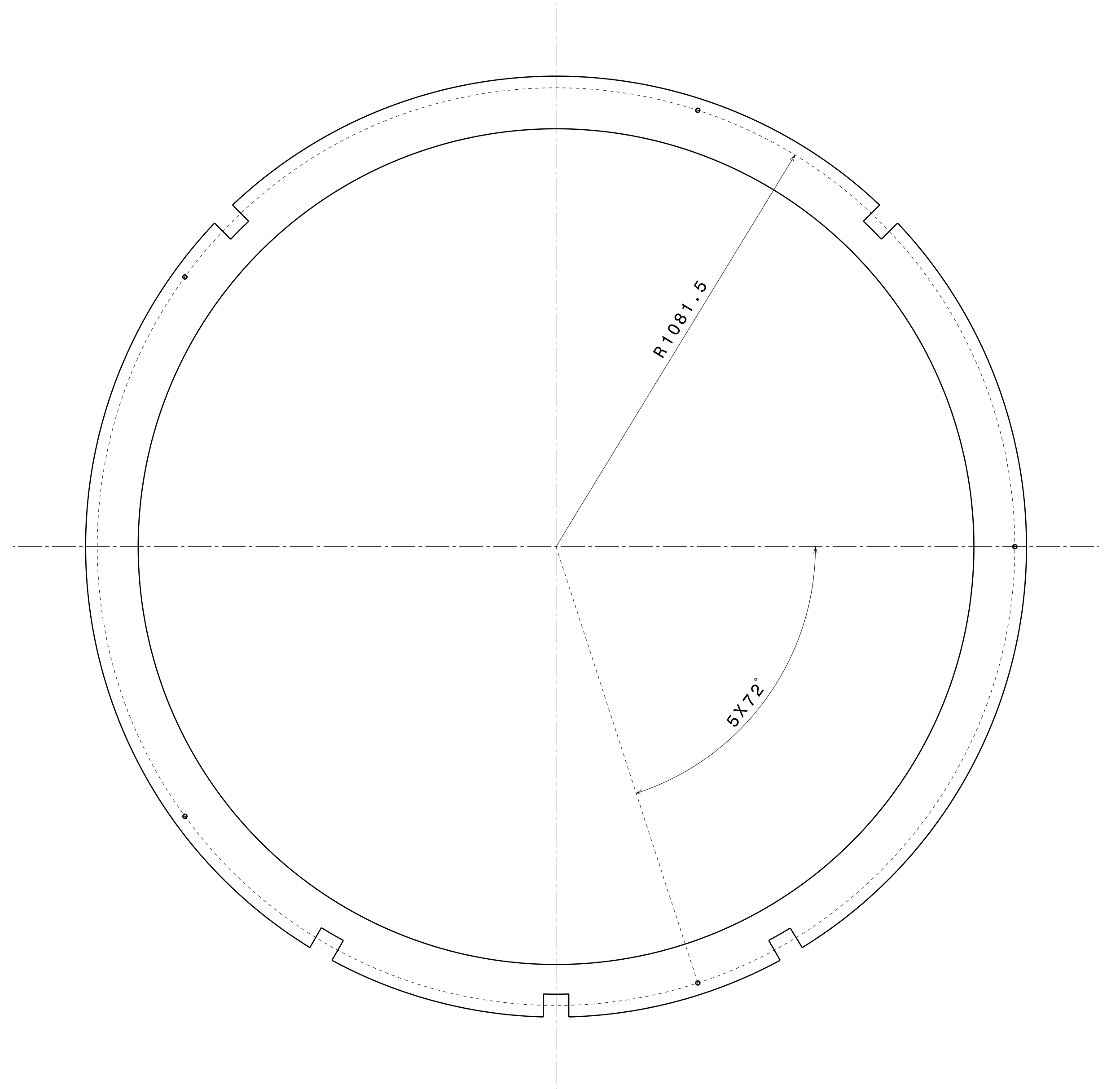
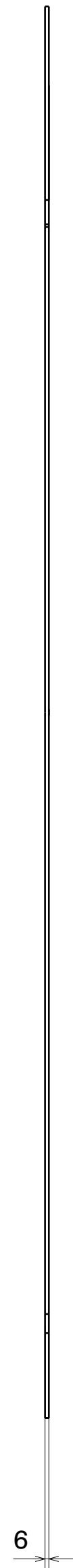
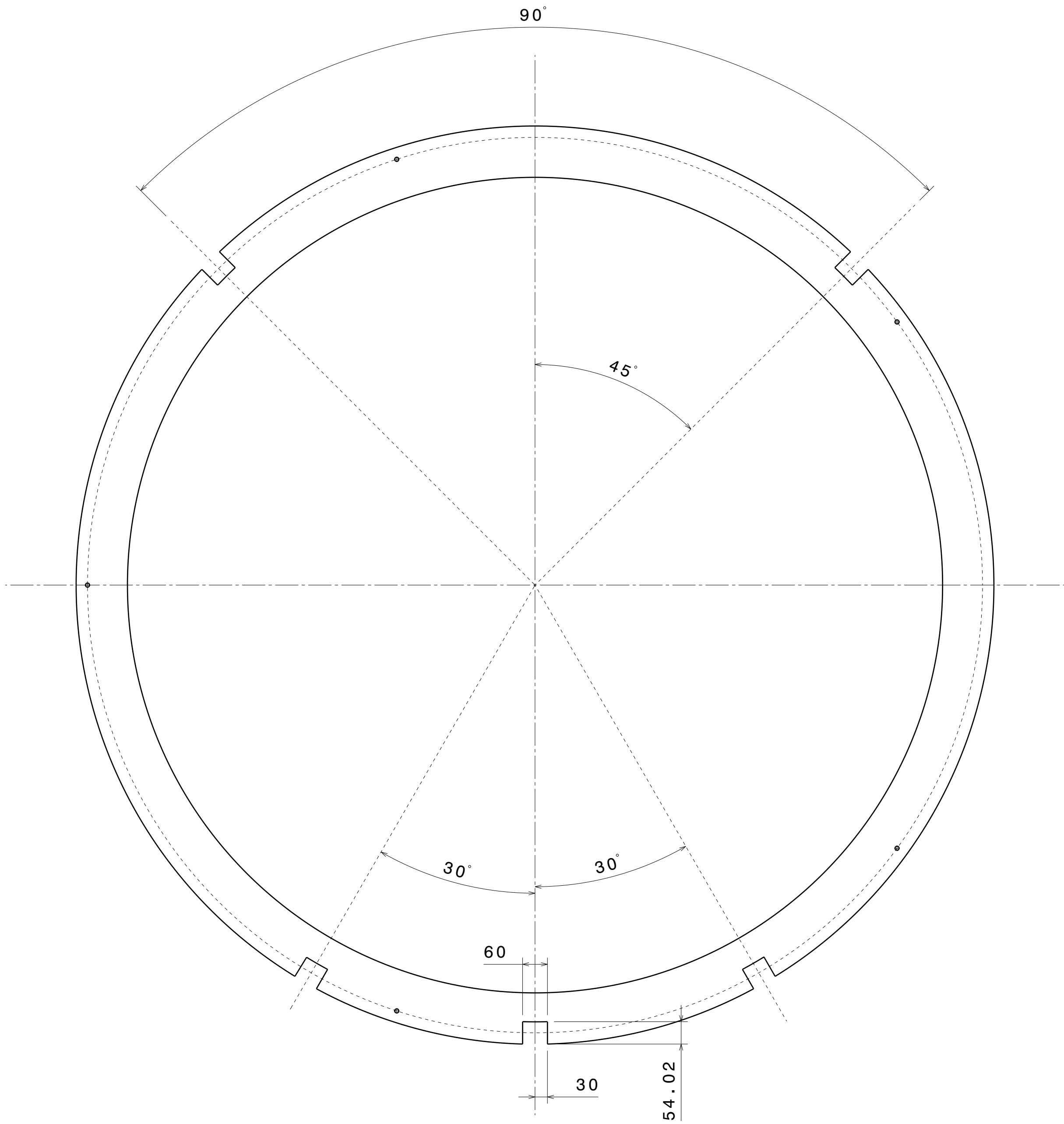
Vista de detalle D
Escala: 1:1



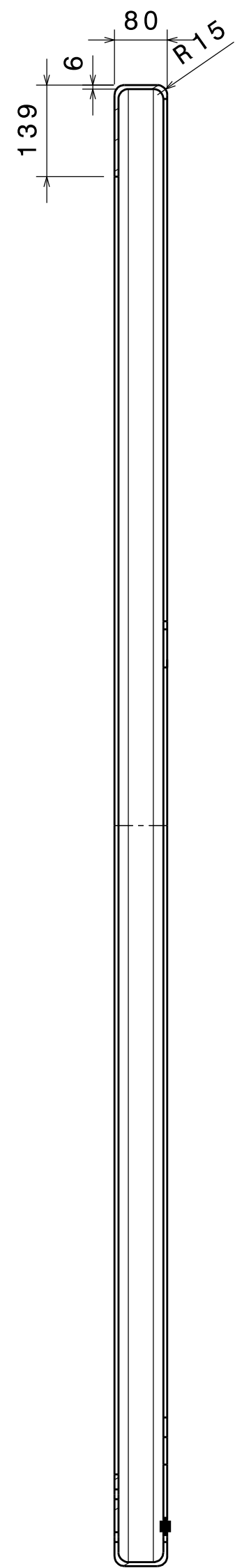
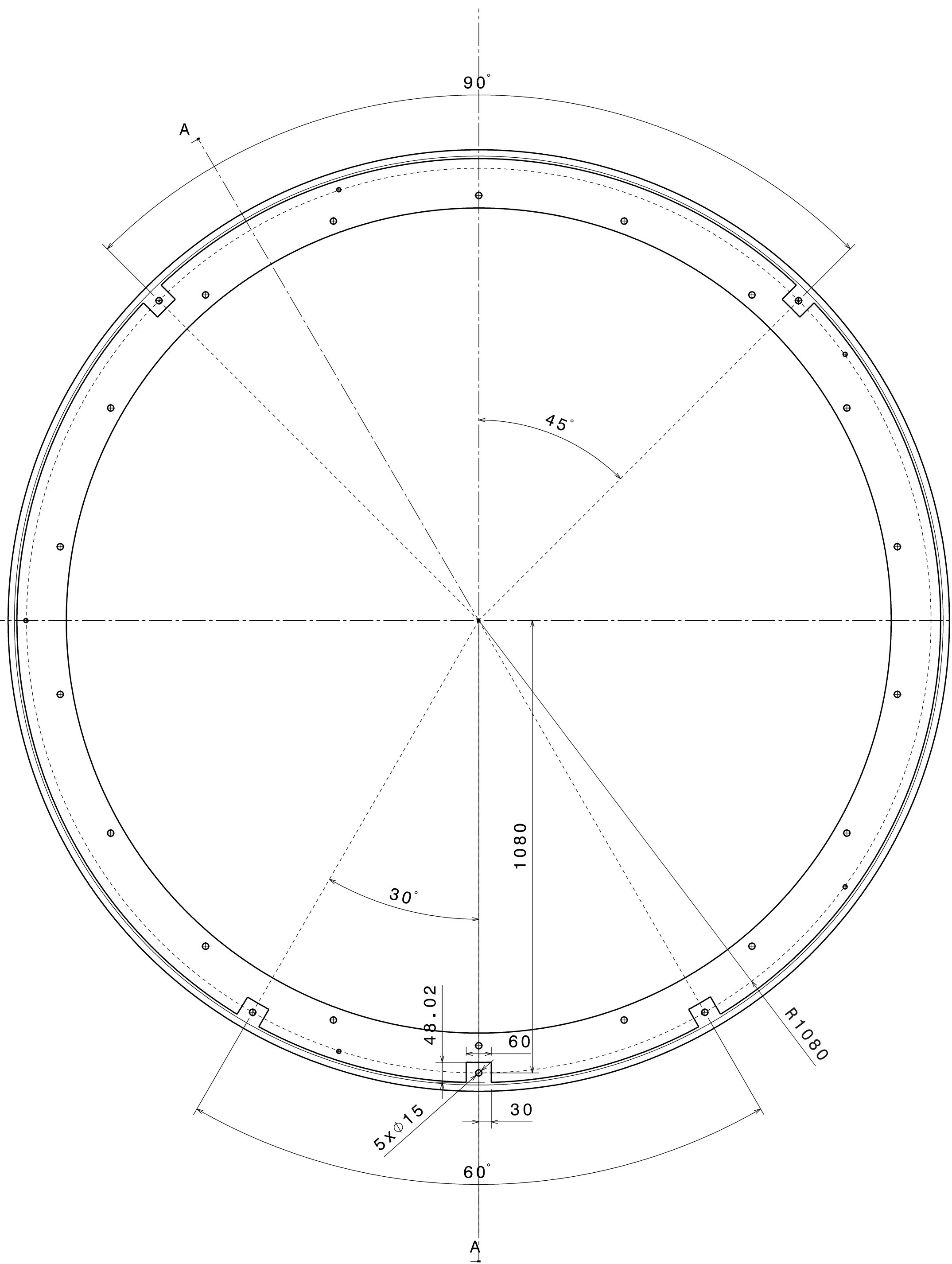
Vista de detalle C
Escala: 1:2

PIEZAS: CUBIERTA MONTADA				
Número	Piezas	Cantidad	Plano	Material
1	TAPA	1	8	ACERO
2	CUBIERTA	1	9	ACERO
3	GUÍA DE CENTRADO	2	10	PLÁSTICO
4	RODILLO	5	11	ACERO
5	TORNILLO M15	5	-	-
6	TUERCA M15	5	-	-
7	CILICIMRO BLOQUEO CUBIERTA	5	-	-
8	TORNILLO M10	5	-	-
9	TUERCA M10	5	-	-

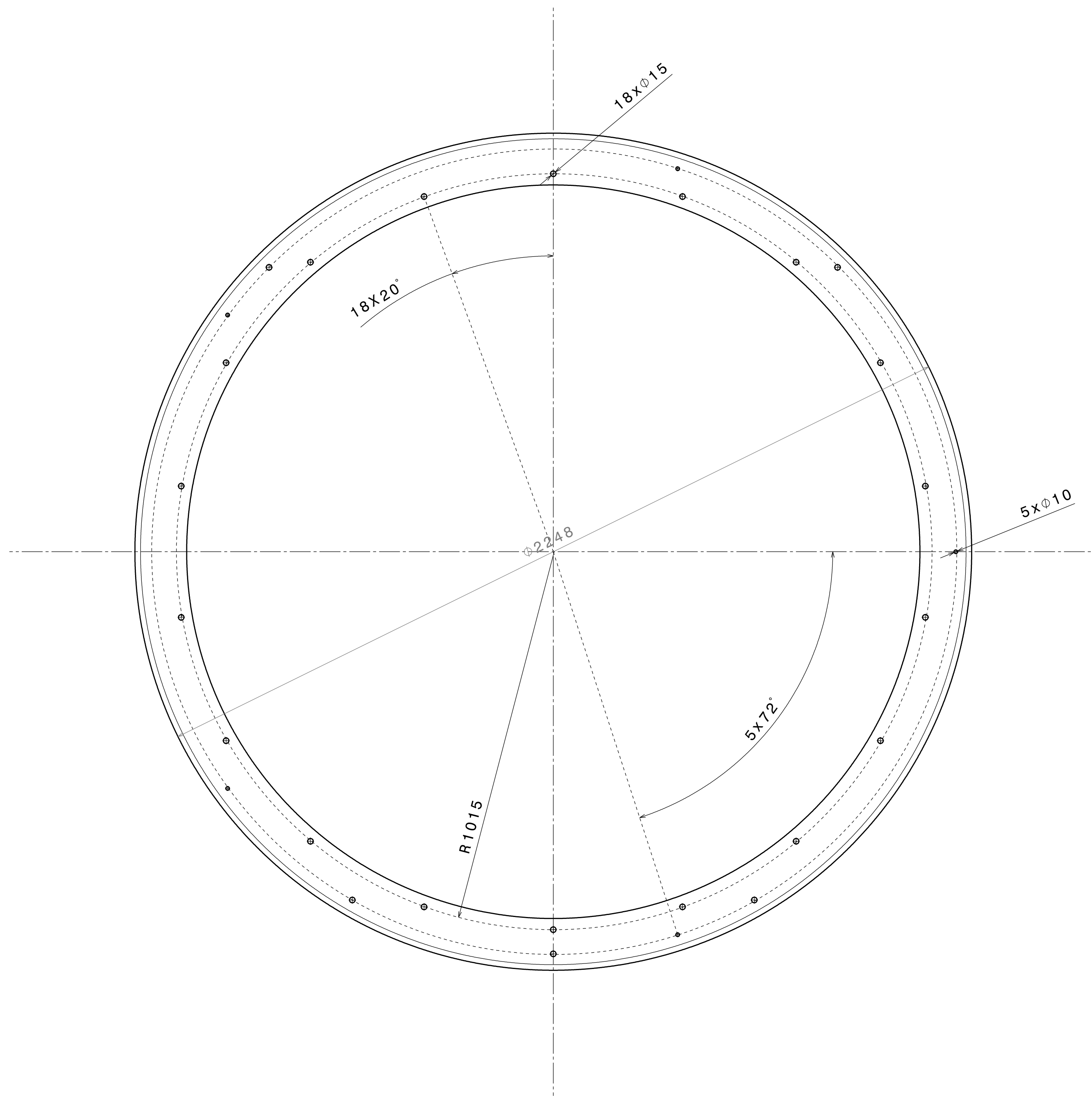
Titulo		
Cubierta Montado		
Nº Plano	Plano	
7	Subconjunto	
Escala	Promotor	Firmado
1:8	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



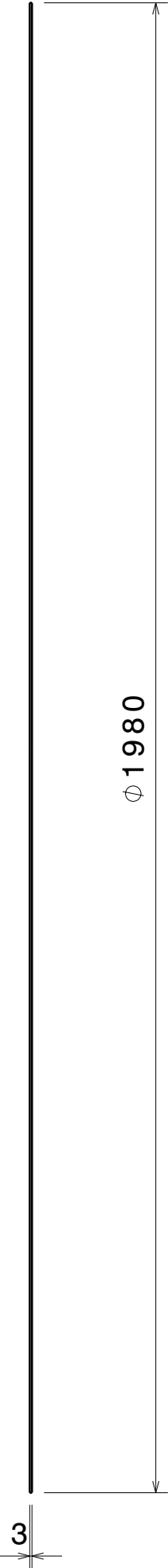
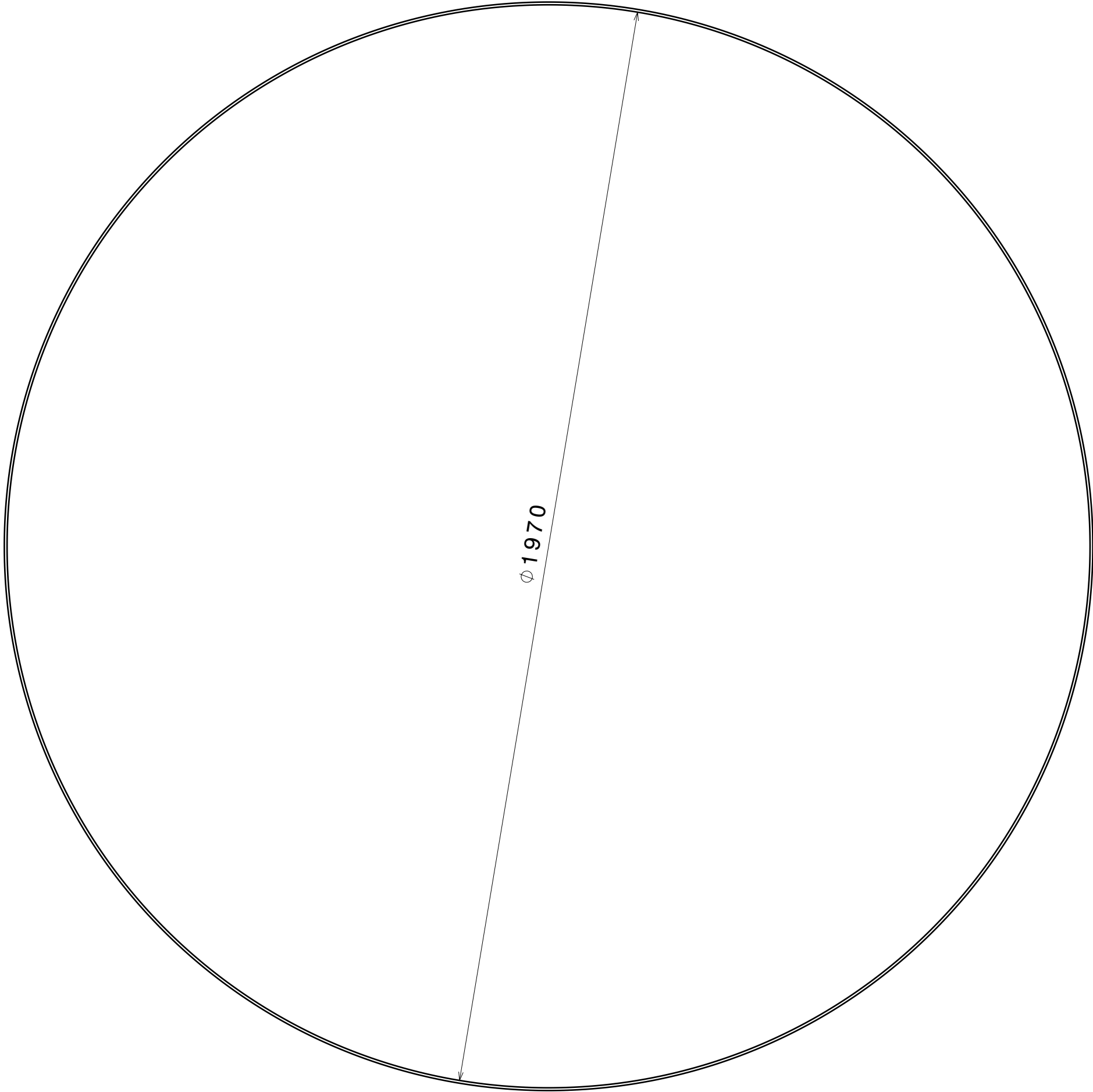
Título		
Tapa		
Nº Plano	Plano	
8	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:8	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



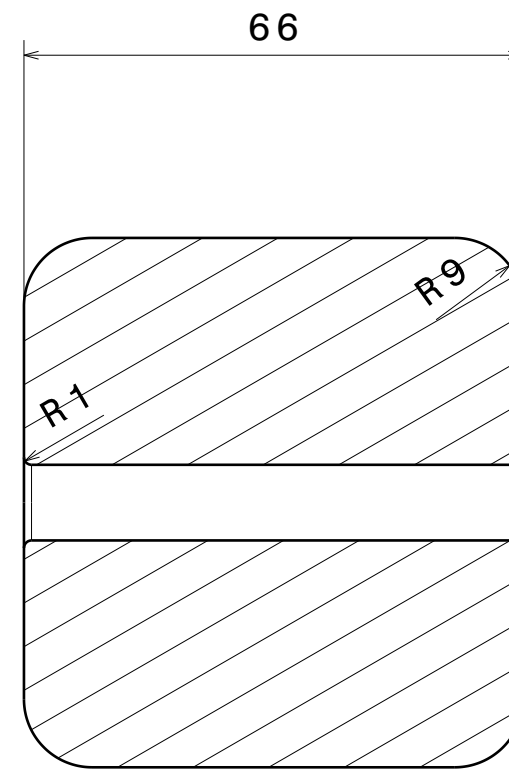
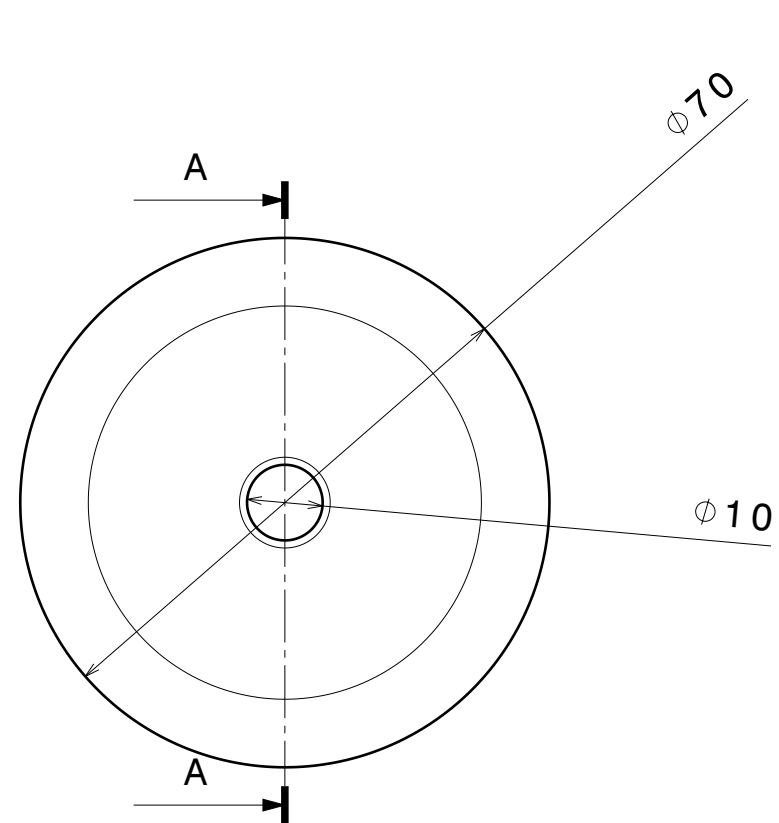
Vista de sección A-A



Título		
Cubierta		
Nº Plano	Plano	
9	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:8	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		

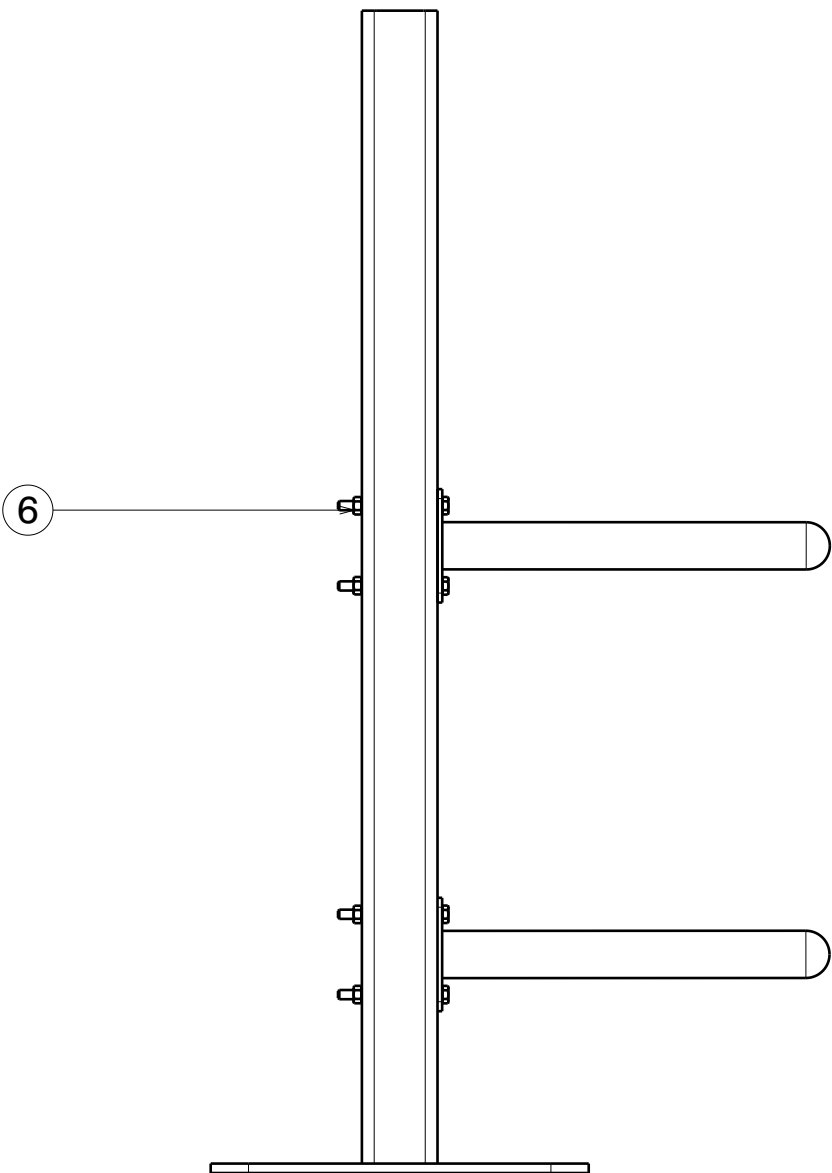
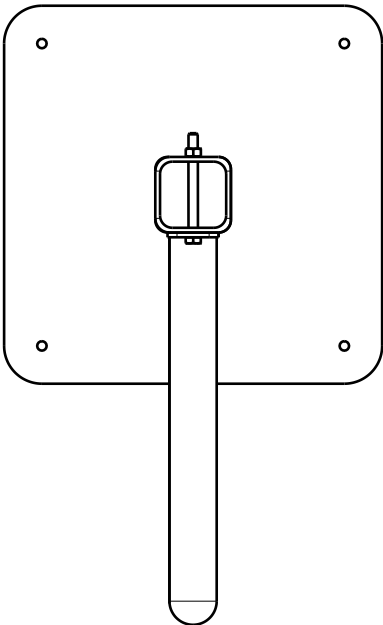
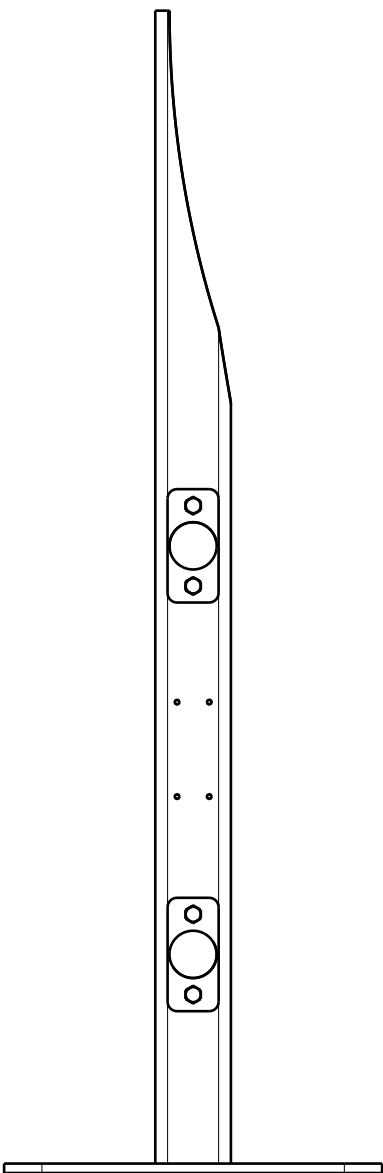
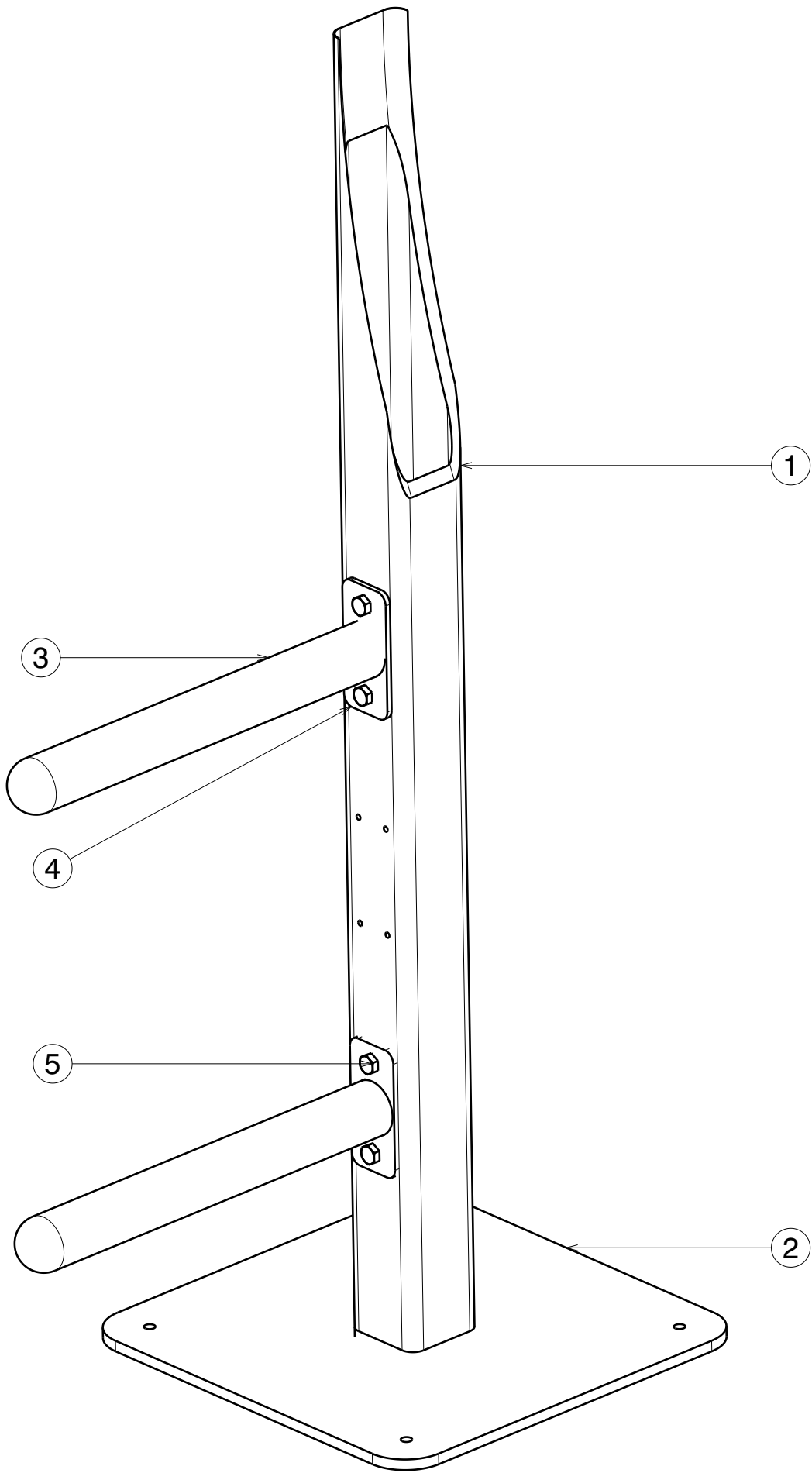


Título		Guía de Centrado	
Nº Plano 10	Plano Despiece		
Escala 1:8	Promotor Universidad de Valladolid	Firmado Nicolás Morales Iglesias	
Fecha 06/2025			



Vista de Sección A-A

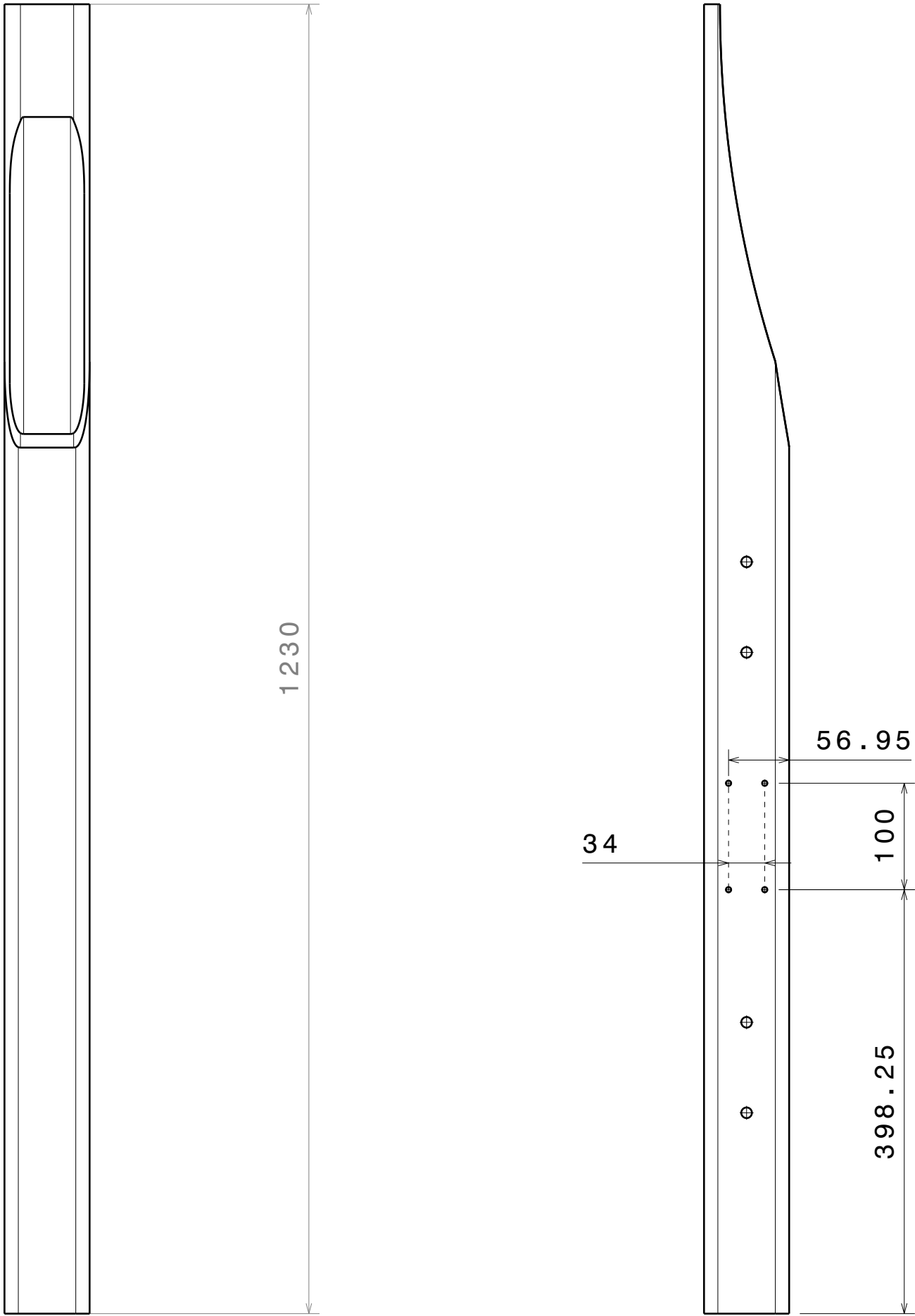
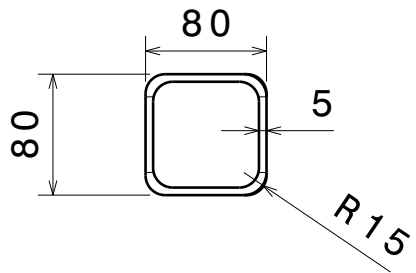
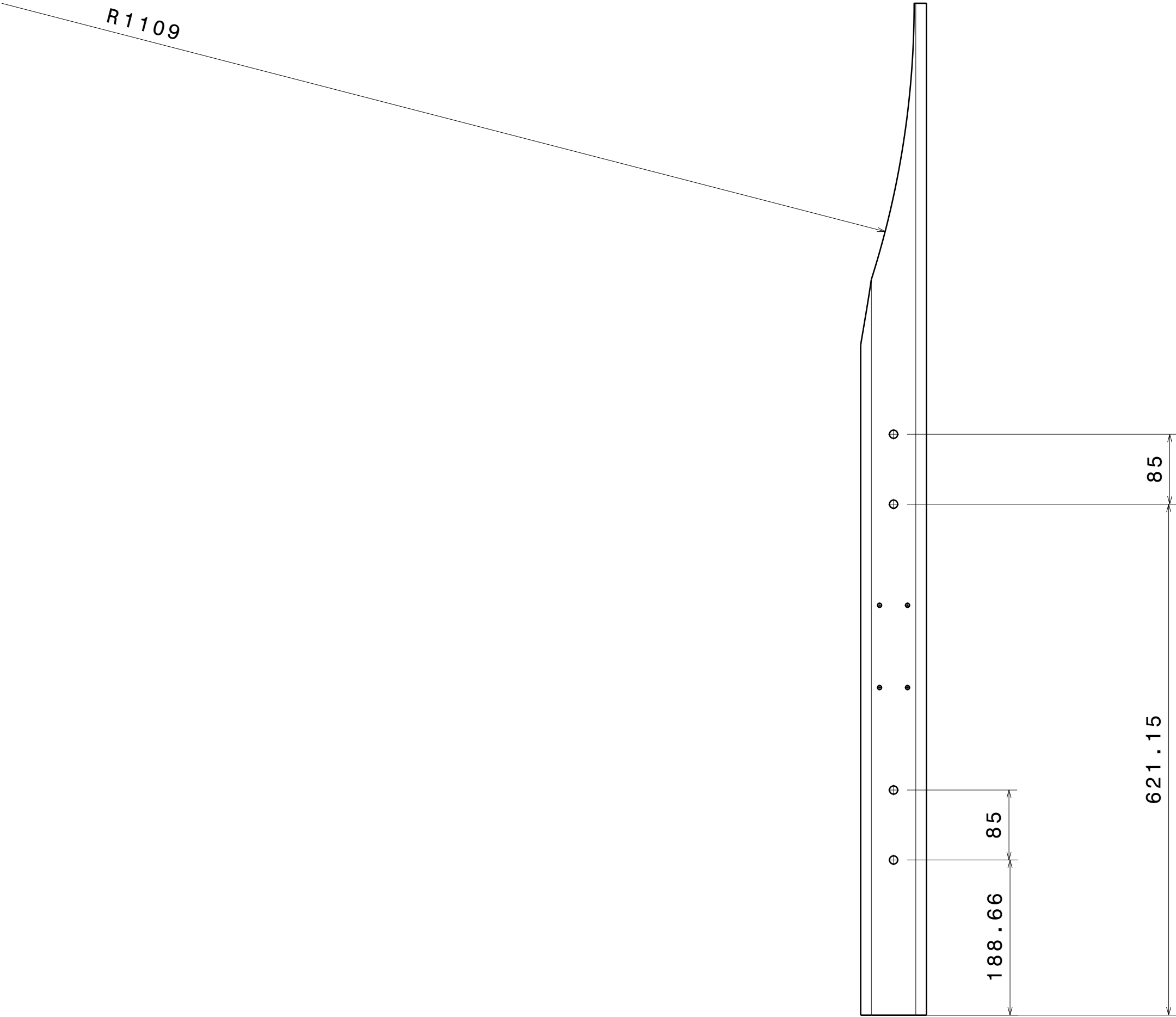
Título		
Rodillo		
Nº Plano	Plano	
11	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



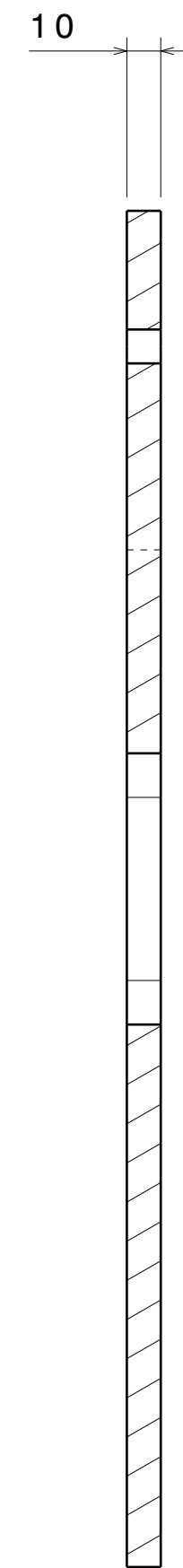
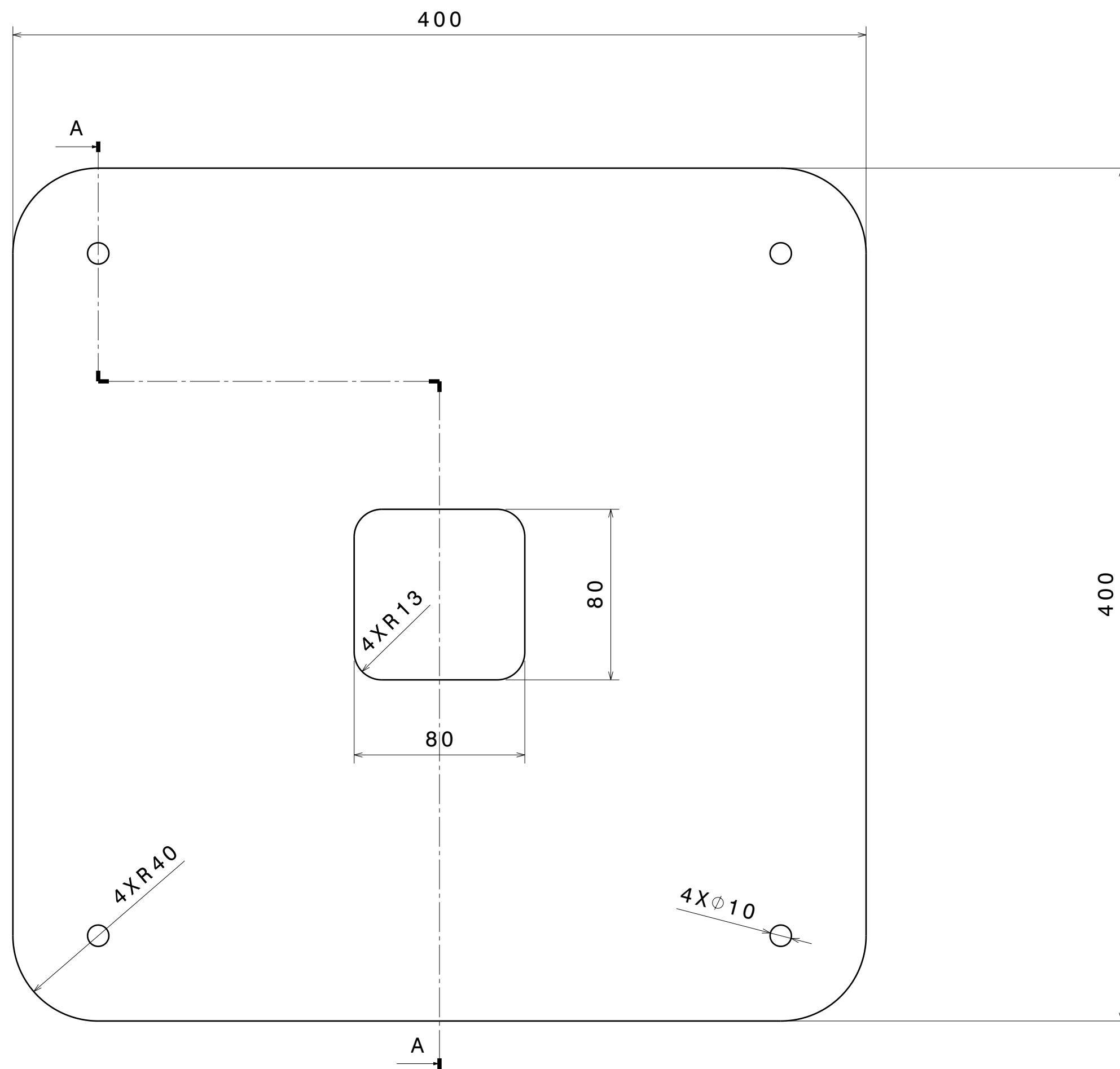
PIEZAS: PATA MONTADA

Número	Pieza	Cantidad	Plano	Material
1	PATA	1	13	ACERO
2	APOYO PATAS	1	14	ACERO
3	CUELGADISCOS	2	15	ACERO
4	SOPORTE CUELGADISCOS	2	16	ACERO
5	TORNILLO M10	4	-	-
6	TUERCA M10	4	-	-

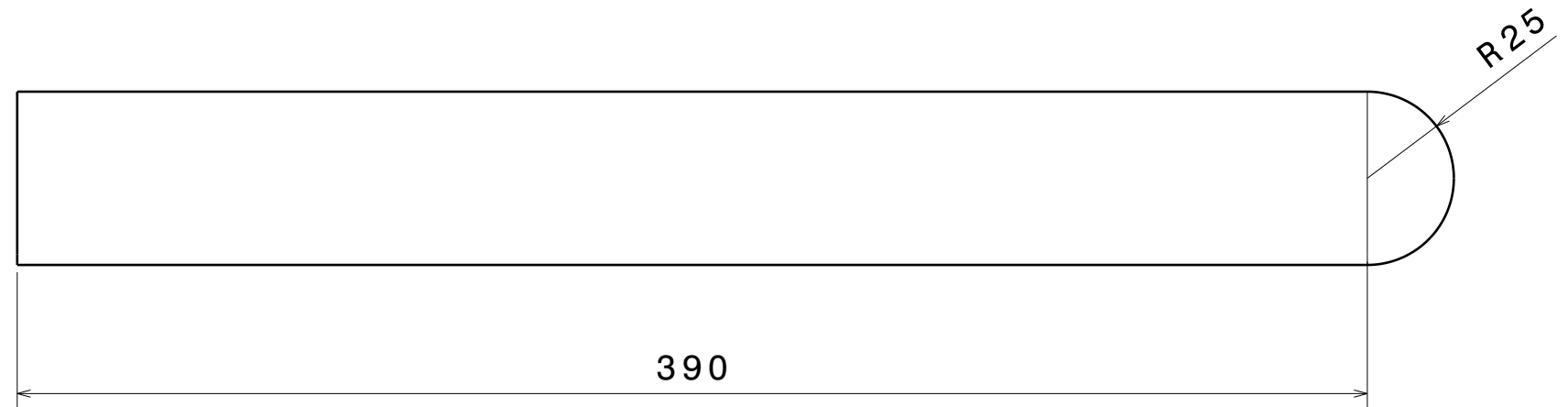
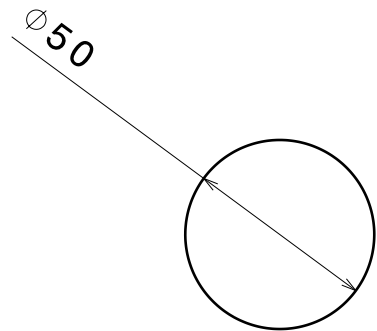
Título		
Pata Montada		
Nº Plano	Plano	
12	Subconjunto	
Escala	Promotor	Firmado
1:8	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



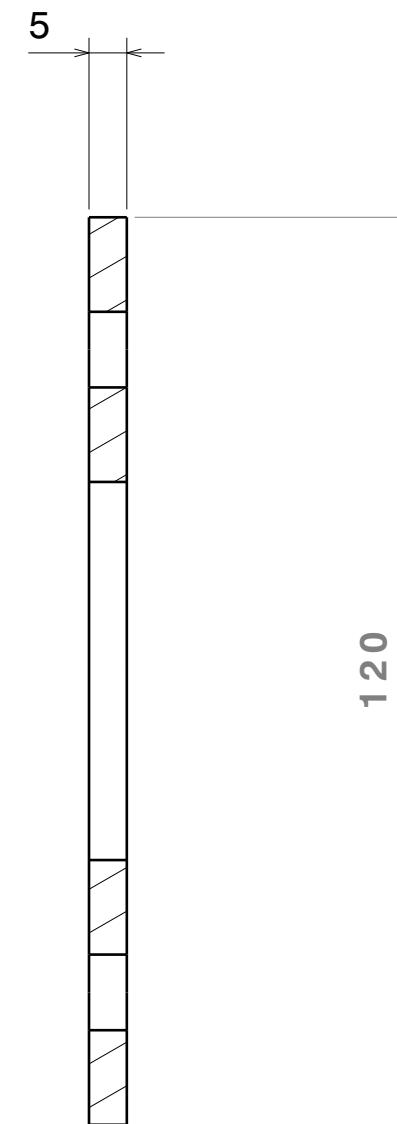
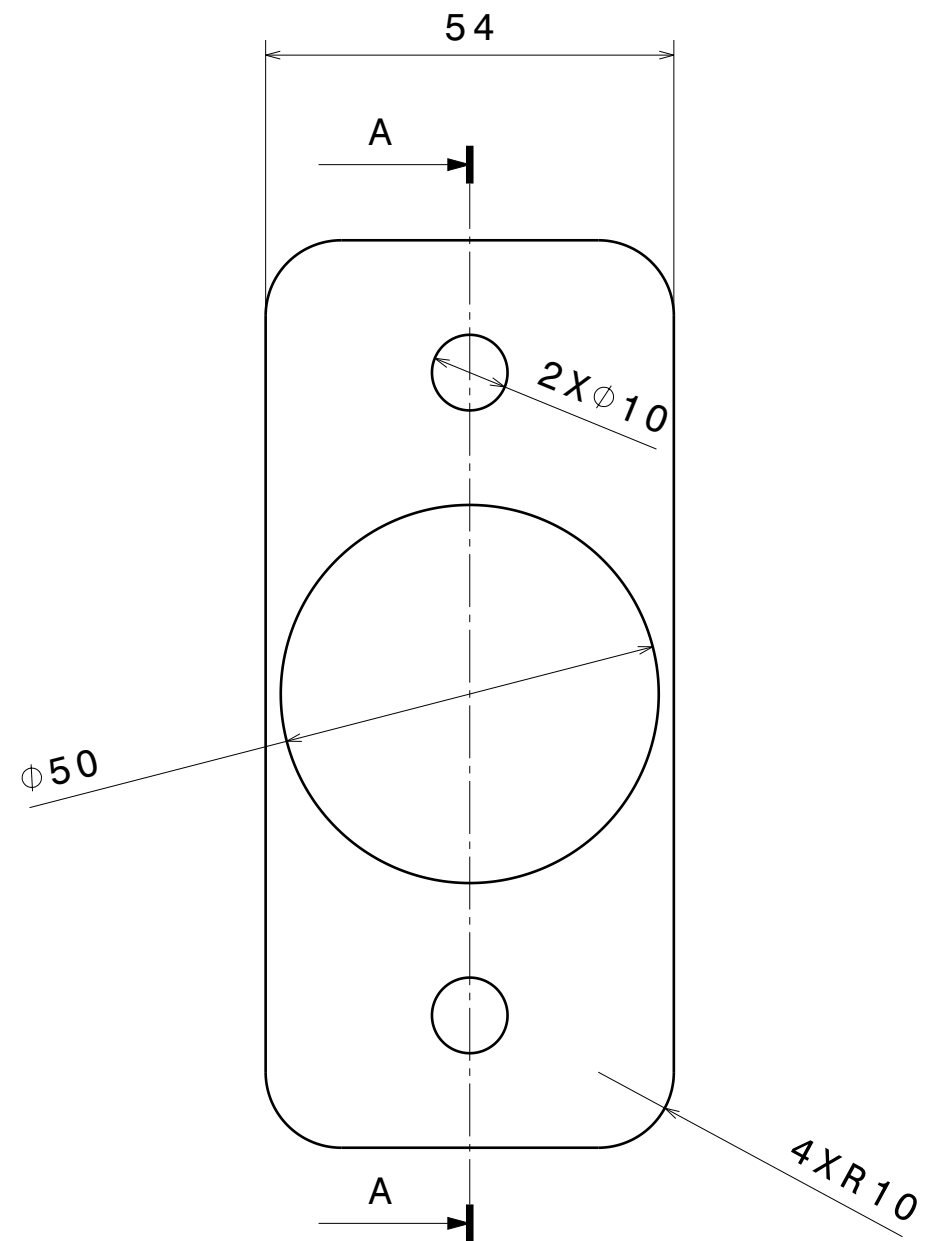
Título		Pata	
Nº Plano 13	Plano Despiece		
Escala 1:5	Promotor Universidad de Valladolid	Firmado Nicolás Morales Iglesias	
Fecha 06/2025			



Título			Apoyo Pata		
N° Plano		Plano			
14		Despiece			
Escala		Promotor		Firmado	
1:2		Universidad de Valladolid		Nicolás Morales Iglesias	
Fecha					
06/2025					

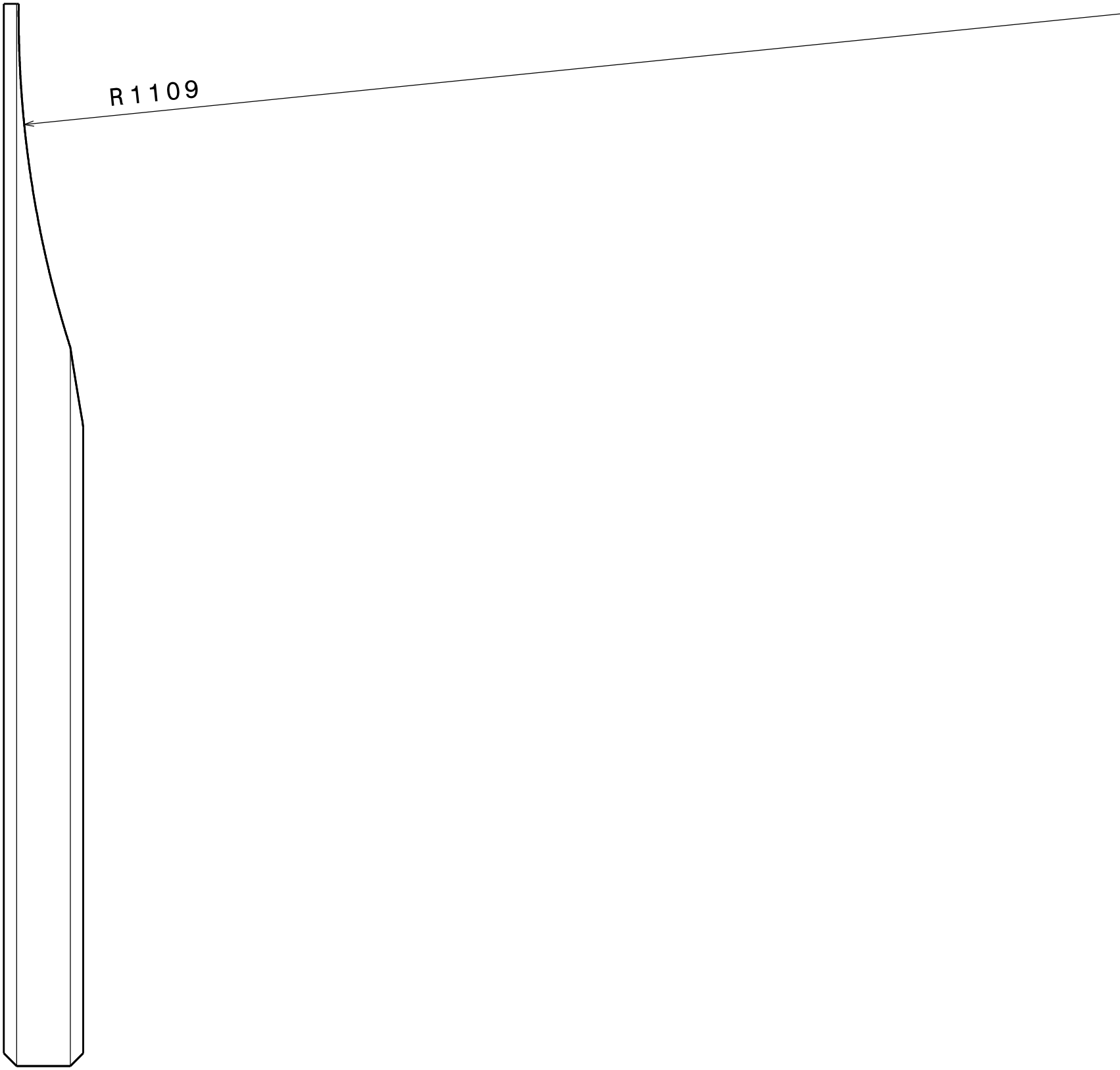
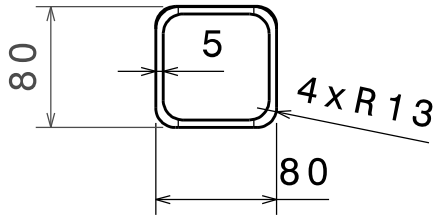
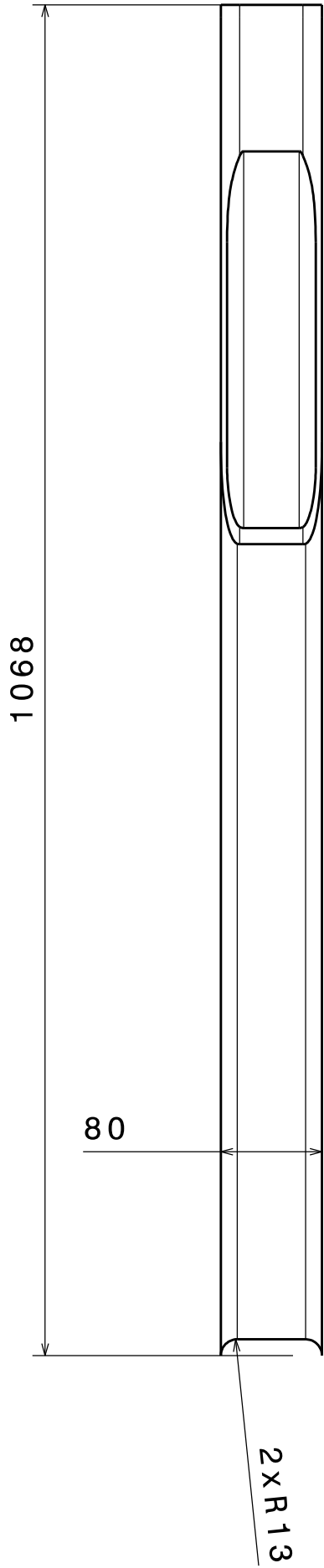


Título		
Cuelgadiscos		
Nº Plano	Plano	
15	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:2	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		

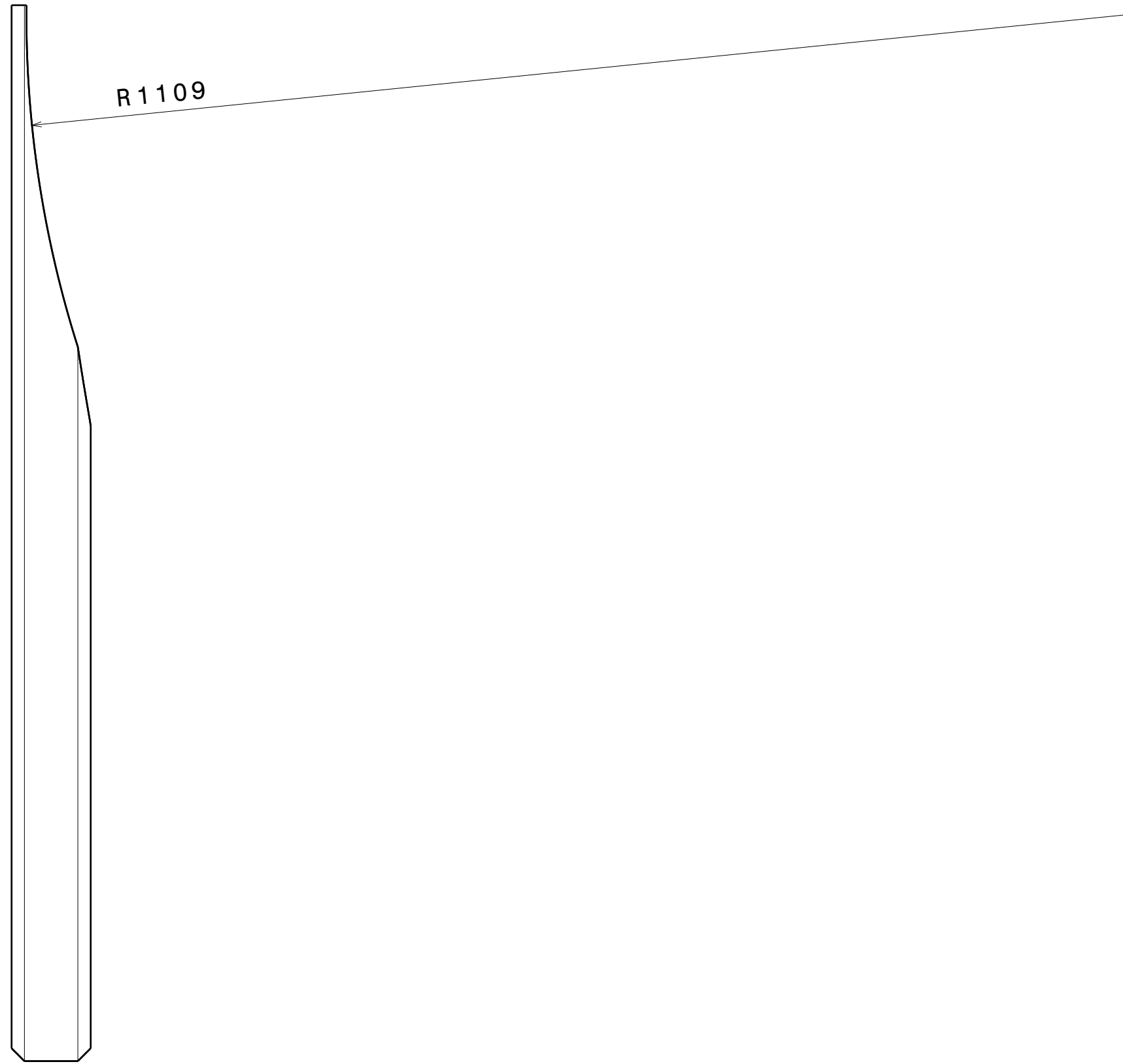
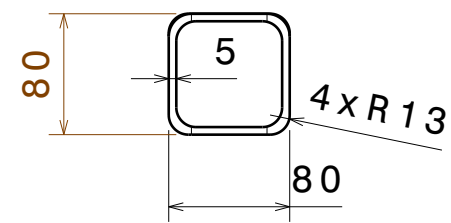
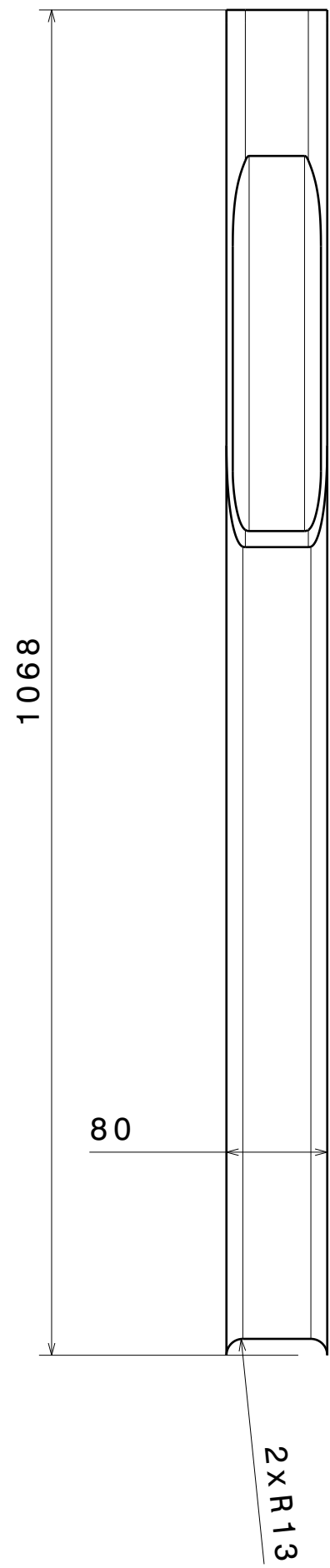


A-A

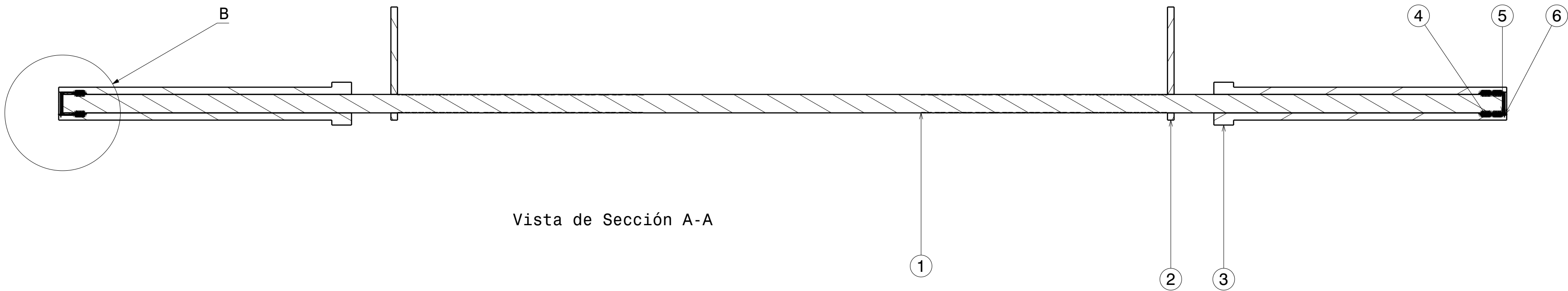
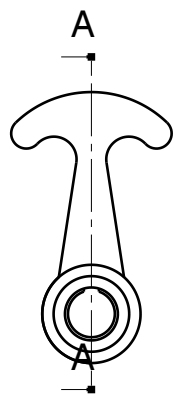
Título		
Soporte Cuelgadiscos		
Nº Plano	Plano	
16	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



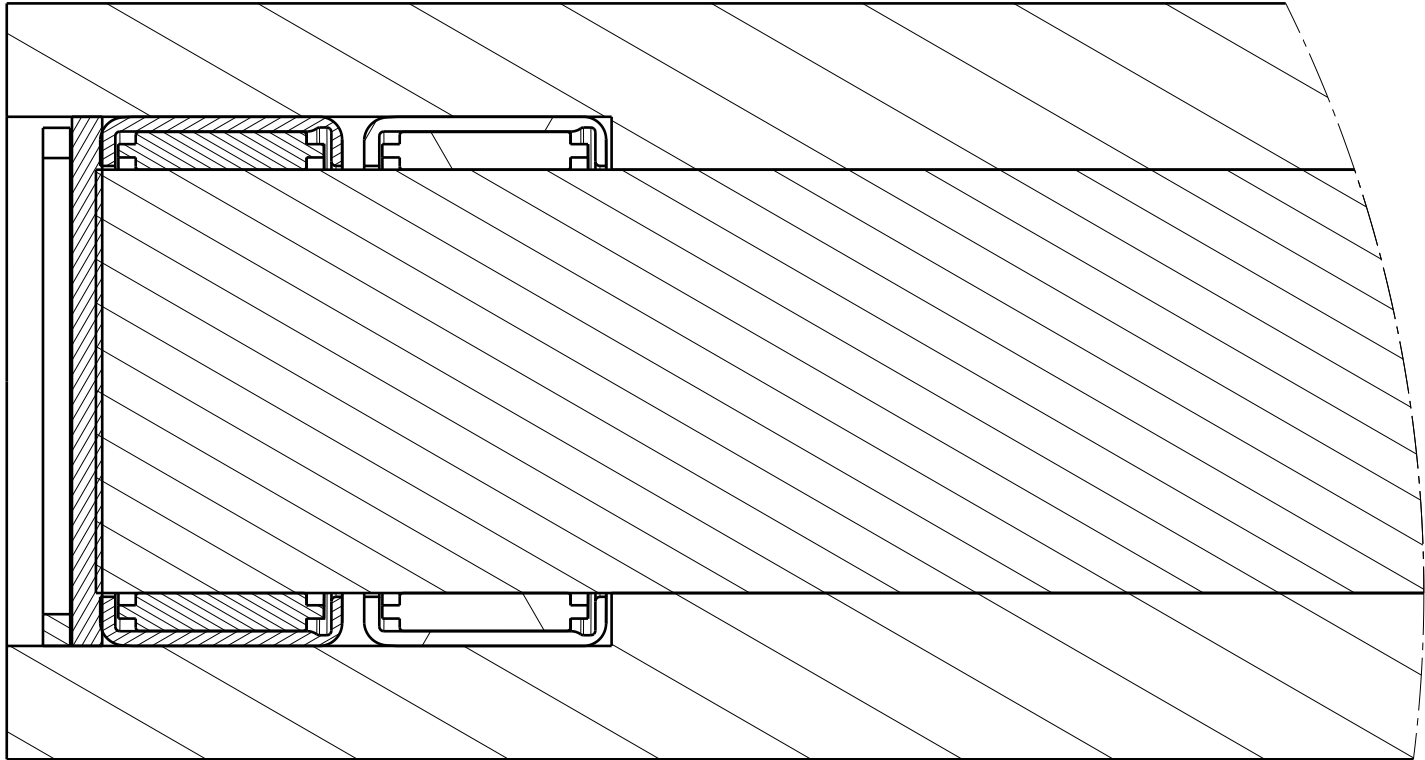
Título		Soporte Pata	
Nº Plano 17	Plano Despiece		
Escala 1:5	Promotor Universidad de Valladolid	Firmado Nicolás Morales Iglesias	
Fecha 06/2025			



Título			Soporte Pata		
N° Plano		Plano			
17		Despiece			
Escala		Promotor		Firmado	
1:5		Universidad de Valladolid		Nicolás Morales Iglesias	
Fecha					
06/2025					



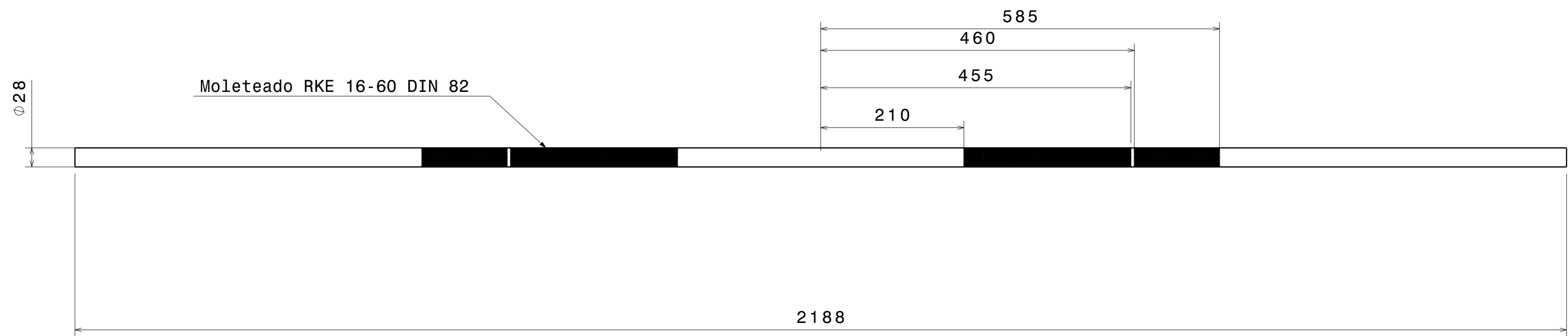
Vista de Sección A-A



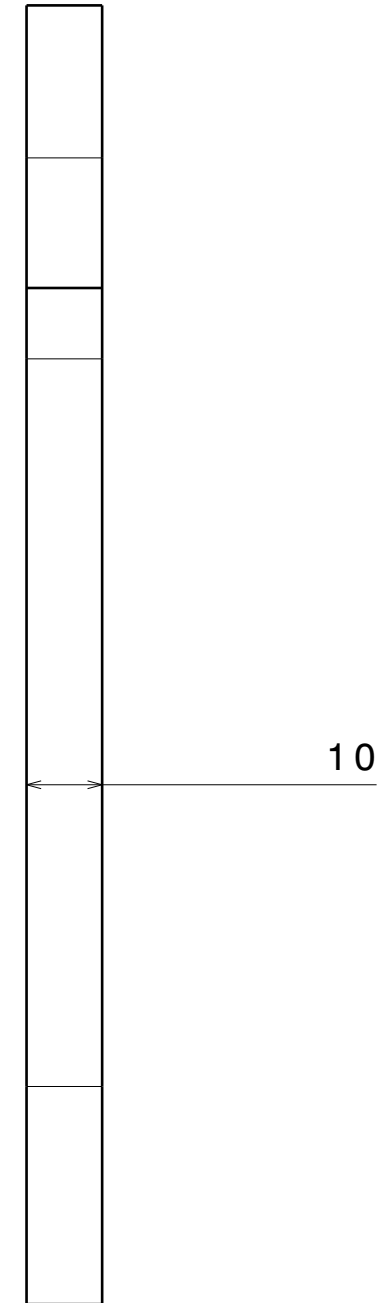
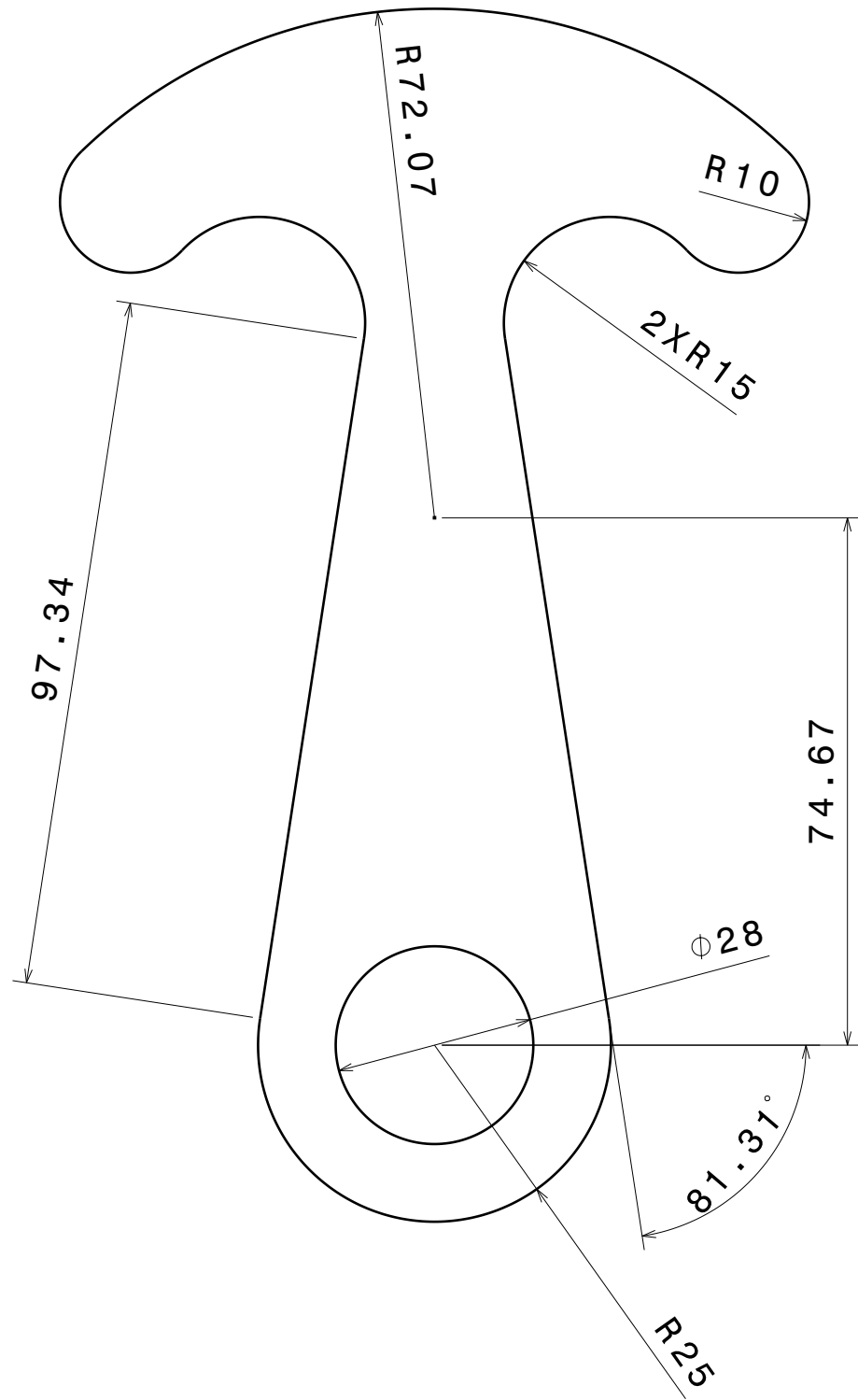
Detalle B
Escale: 2:1

PIEZAS: BARRA MONTADA				
Número	Pieza	Cantidad	Plano	Material
1	BARRA	1	19	ACERO
2	ENGANCHE	2	20	ACERO
3	EXTREMO BARRA	2	21	ACERO
4	RODAMIENTO	4	-	
5	TAPA BARRA	2	-	
6	ANILLO ELÁSTICO	2	-	

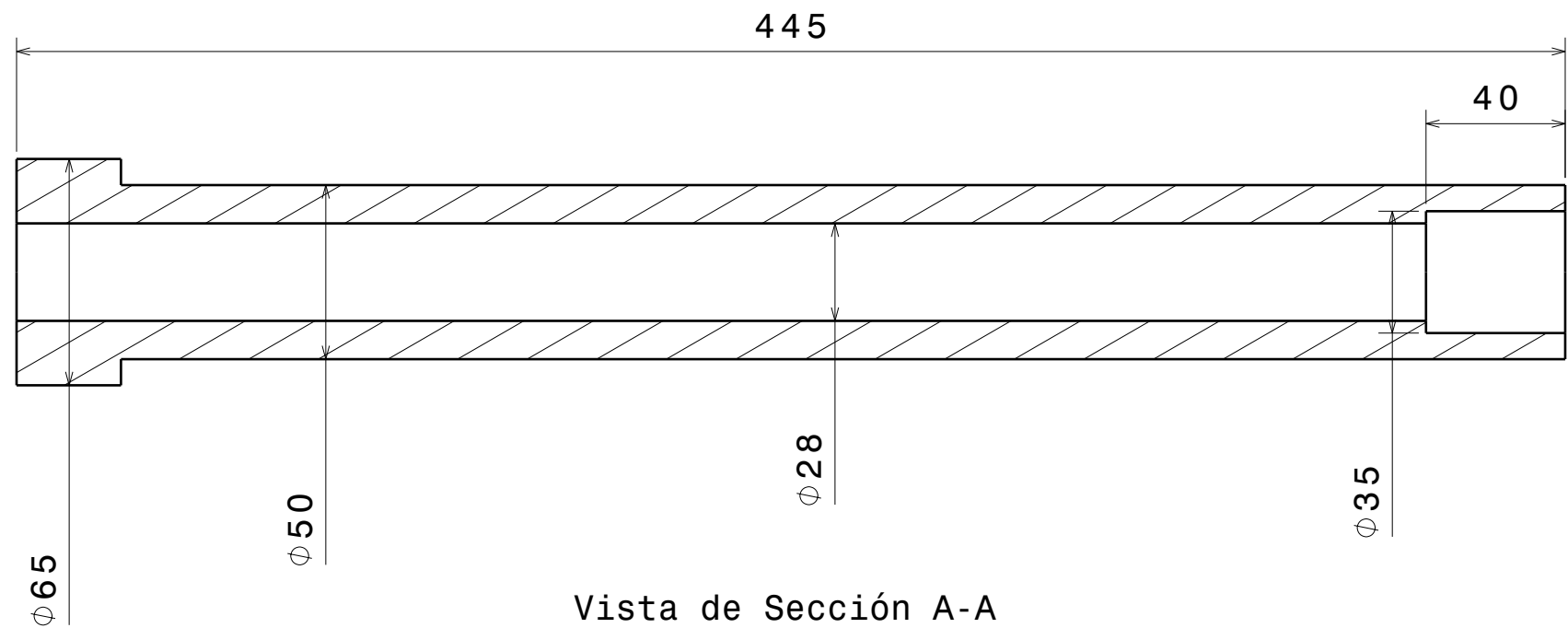
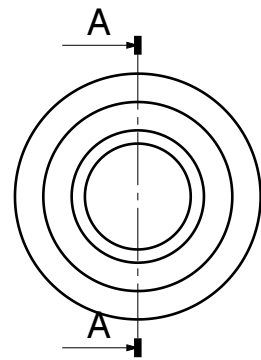
Título		
Barra Montada		
Nº Plano 18	Plano Subconjunto	
Escala 1:5	Promotor Universidad de Valladolid	Firmado Nicolás Morales Iglesias
Fecha 06/2025		



Título		Barra	
Nº Plano 19	Plano Despiece		
Escala 1:5	Promotor Universidad de Valladolid	Firmado Nicolás Morales Iglesias	
Fecha 06/2025			

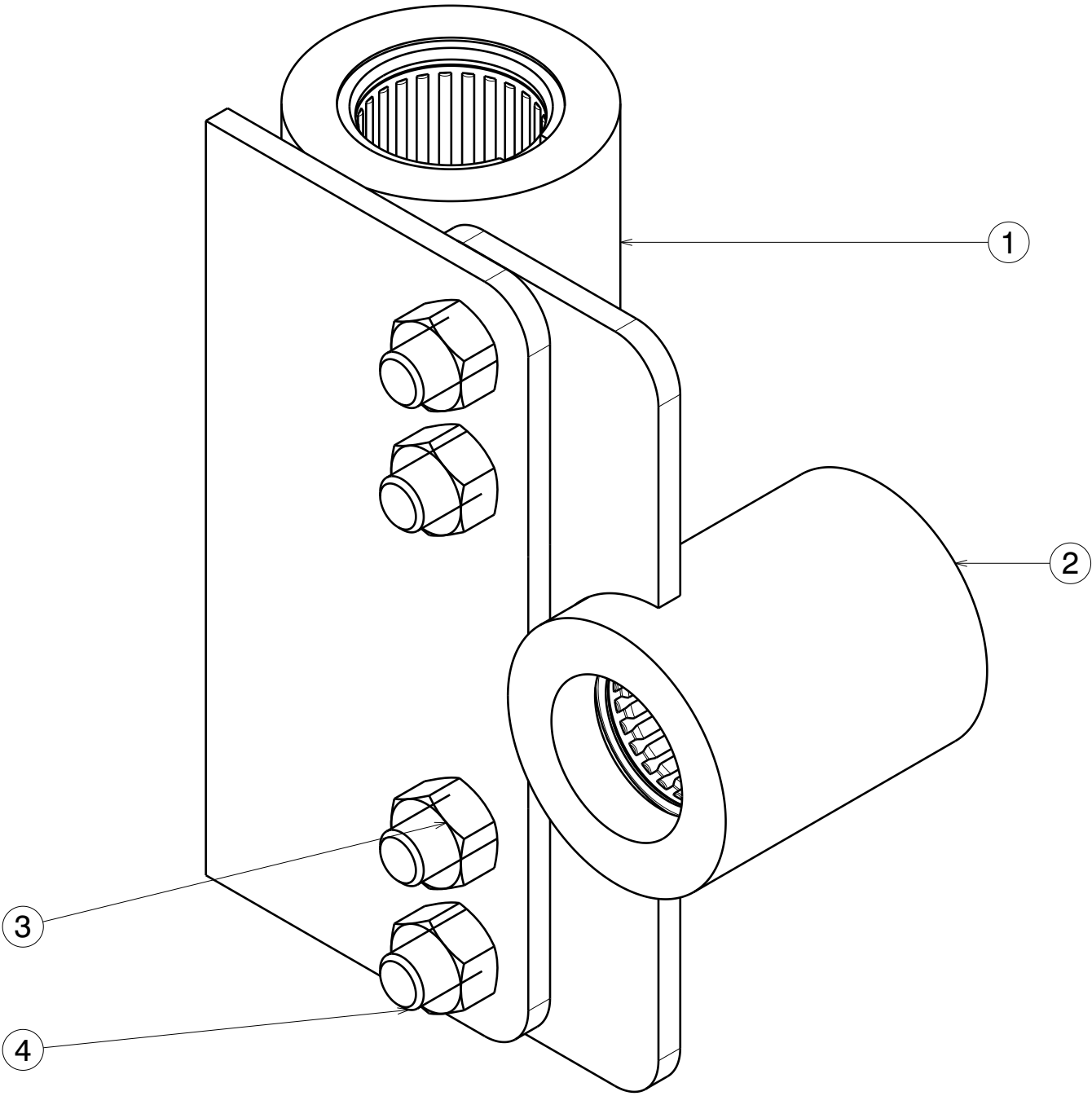


Título		
Enganche		
Nº Plano	Plano	
20	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		

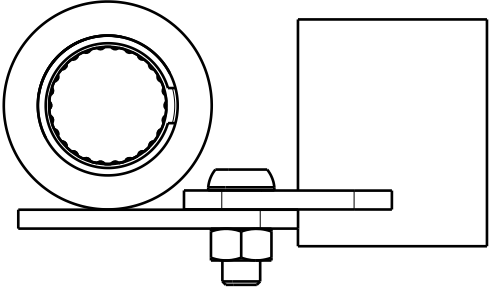
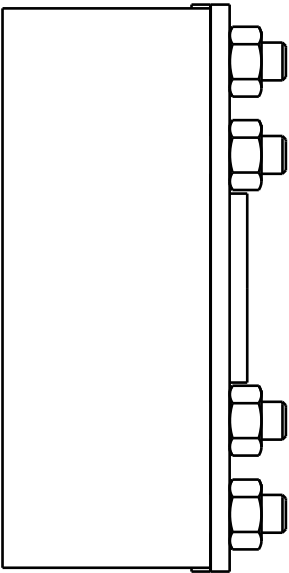
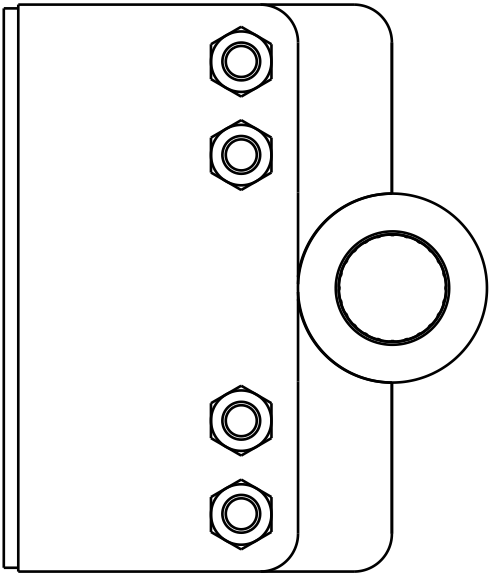


Vista de Sección A-A

Título		
Extremo Barra		
Nº Plano	Plano	
21	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:2	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



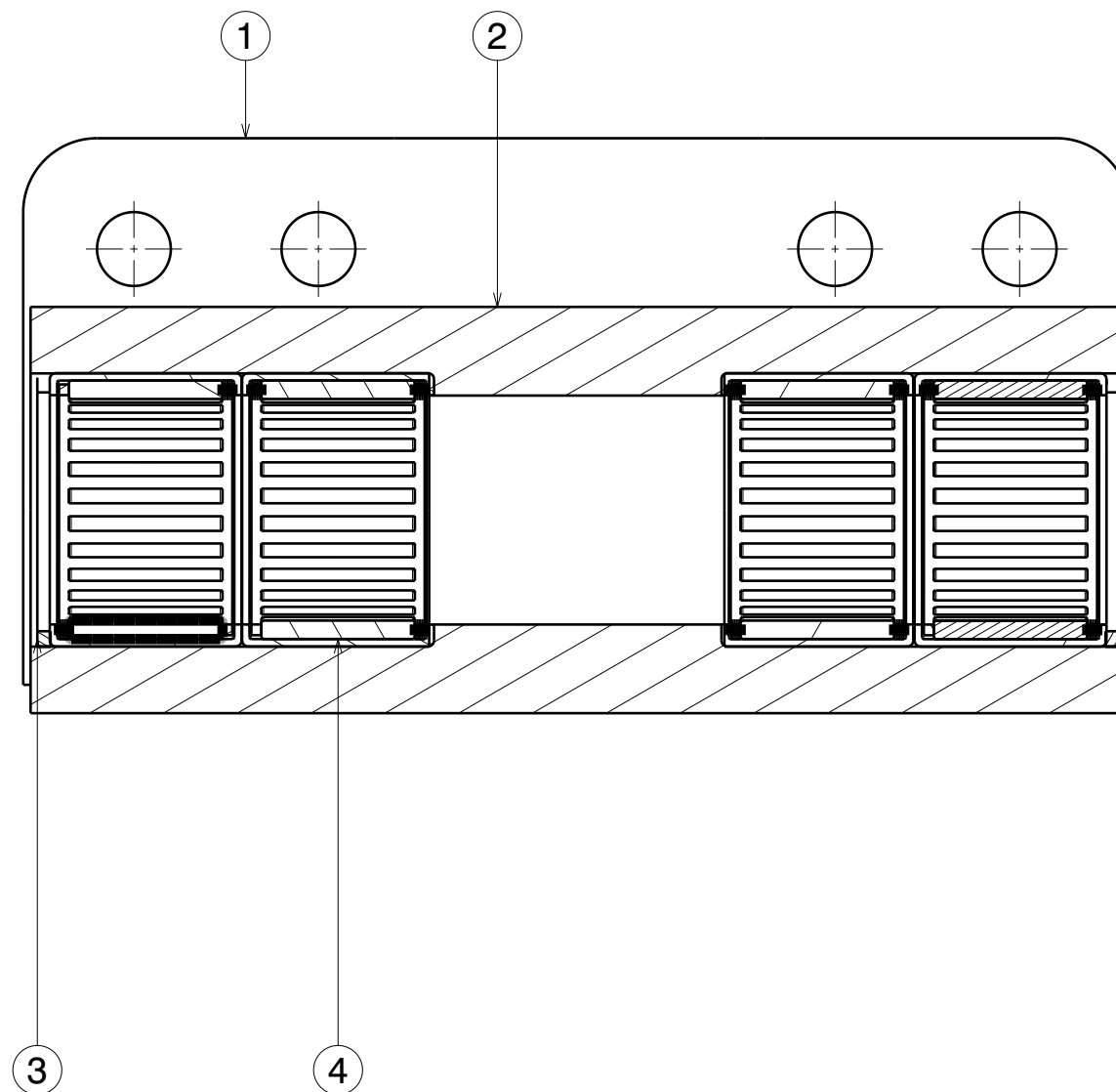
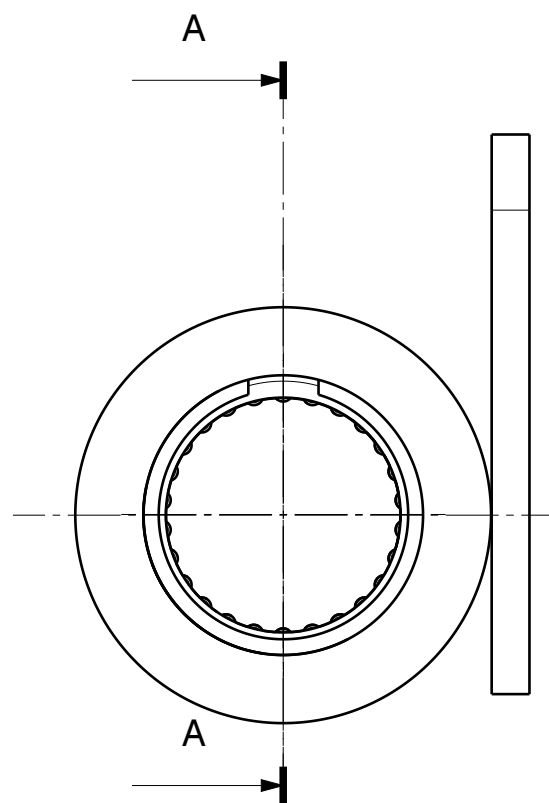
Vista isométrica
Escala: 1:1



SUBCONJUNTOS: UNIÓN PIEZA DE GIRO GUÍA Y PIEZA DE GIRO BARRA

Número	Subconjuntos	Cantidad	Plano
1	PIEZA DE GIRO GUÍA	1	23
2	PIEZA DE GIRO BARRA	1	26
3	TUERCA M10	4	-
4	TORNILLO M10	4	-

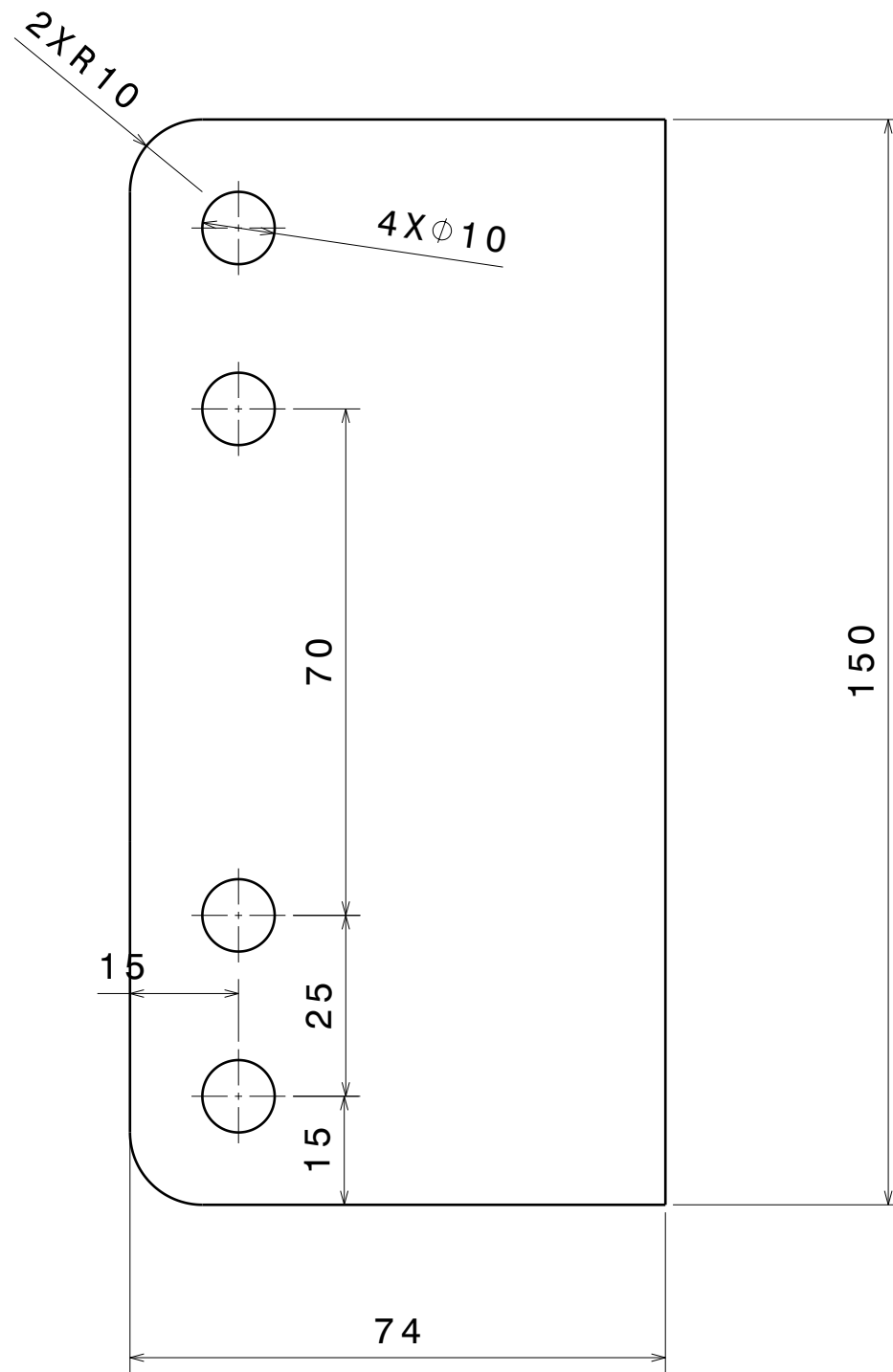
Título			Unión Pieza de Giro Guía y Pieza de Giro Barra
Nº Plano	Plano		
22	Subconjunto		
Escala	Promotor	Firmado	
1:2	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias	
Fecha			
06/2025			



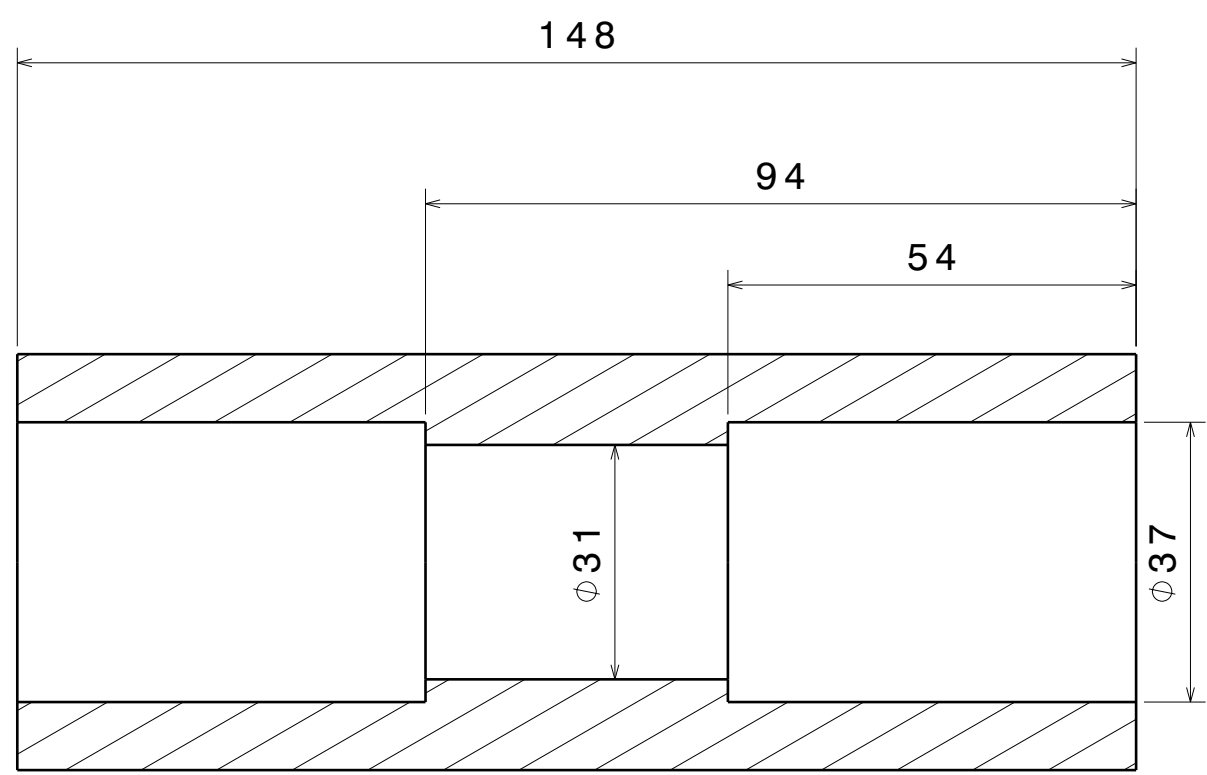
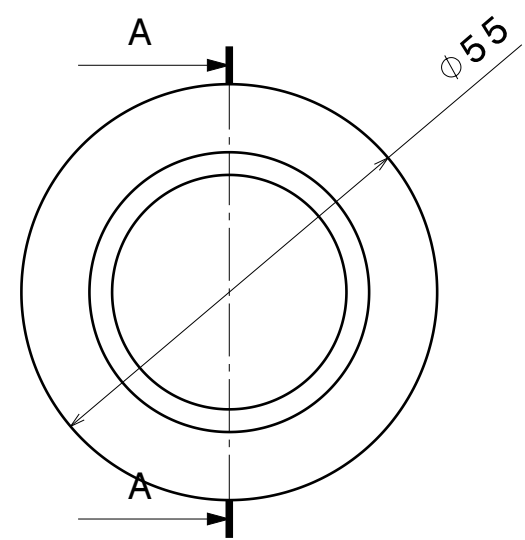
PIEZAS: PIEZA DE GIRO GUÍA SOLDADA

Número	Pieza	Cantidad	Plano	Material
1	SOPORTE PIEZA DE GIRO GUÍA	1	24	ACERO
2	PIEZA DE GIRO GUÍA	1	25	ACERO
3	ANILLO ELÁSTICO	4	-	
4	RODAMIENTO	2	-	

Título		
Pieza de Giro Guía Soldada		
Nº Plano	Plano	
23	Subconjunto	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		

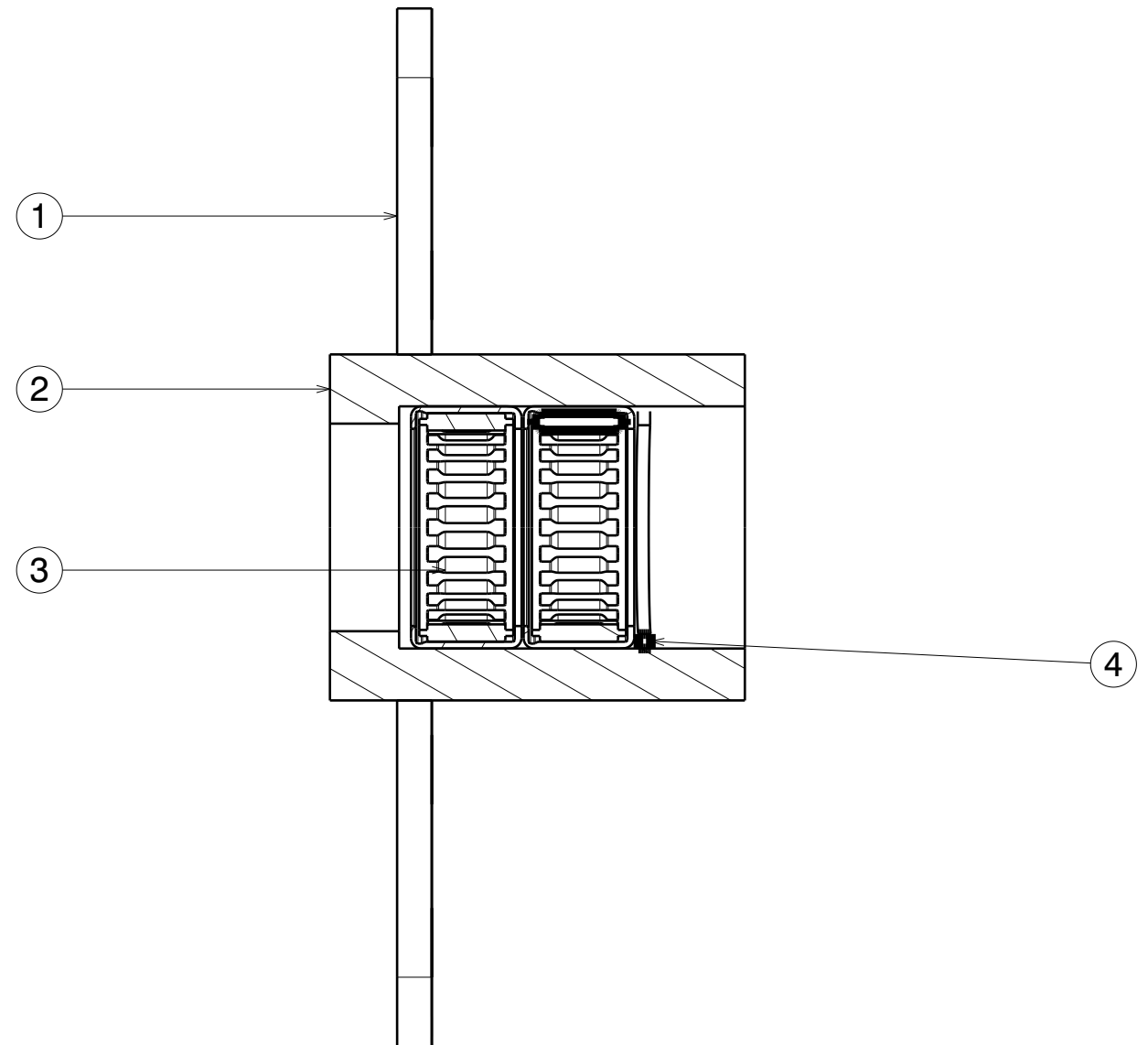
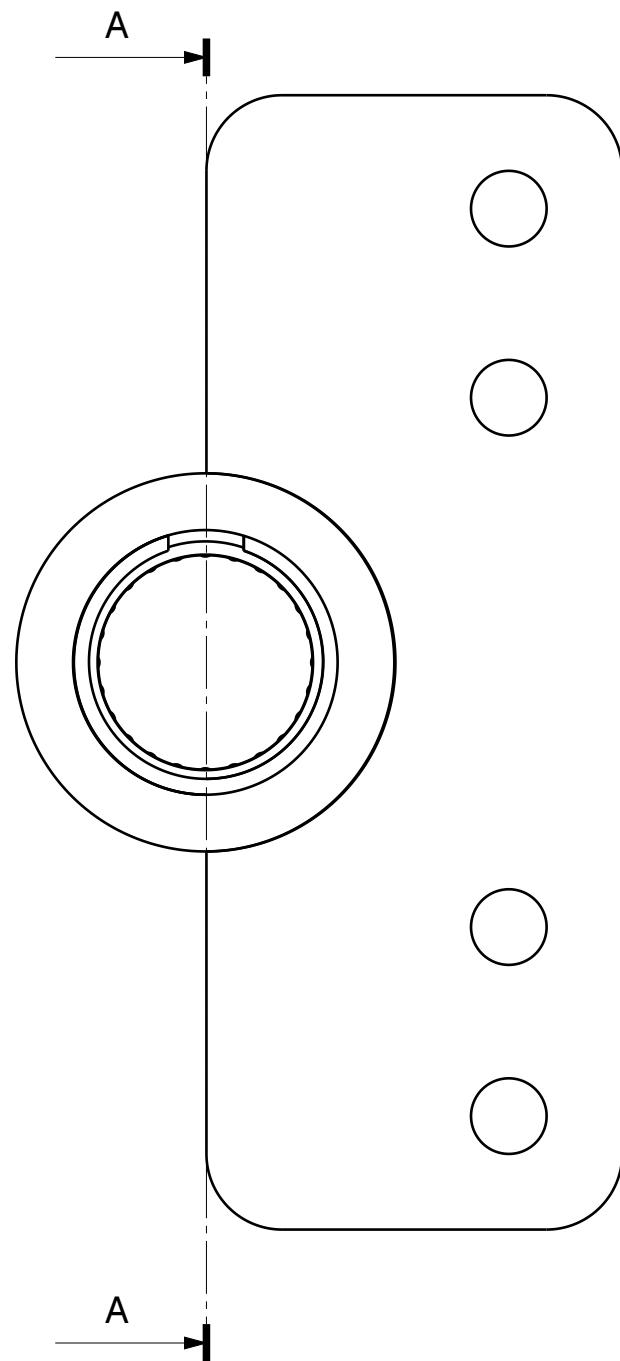


Título		
Soporte Pieza de Giro Guia		
Nº Plano	Plano	
24	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



Vista de Sección A-A

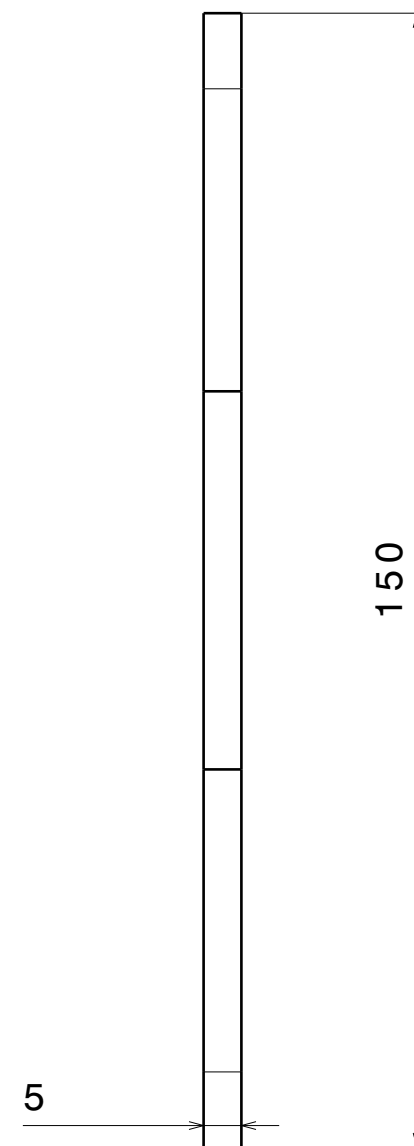
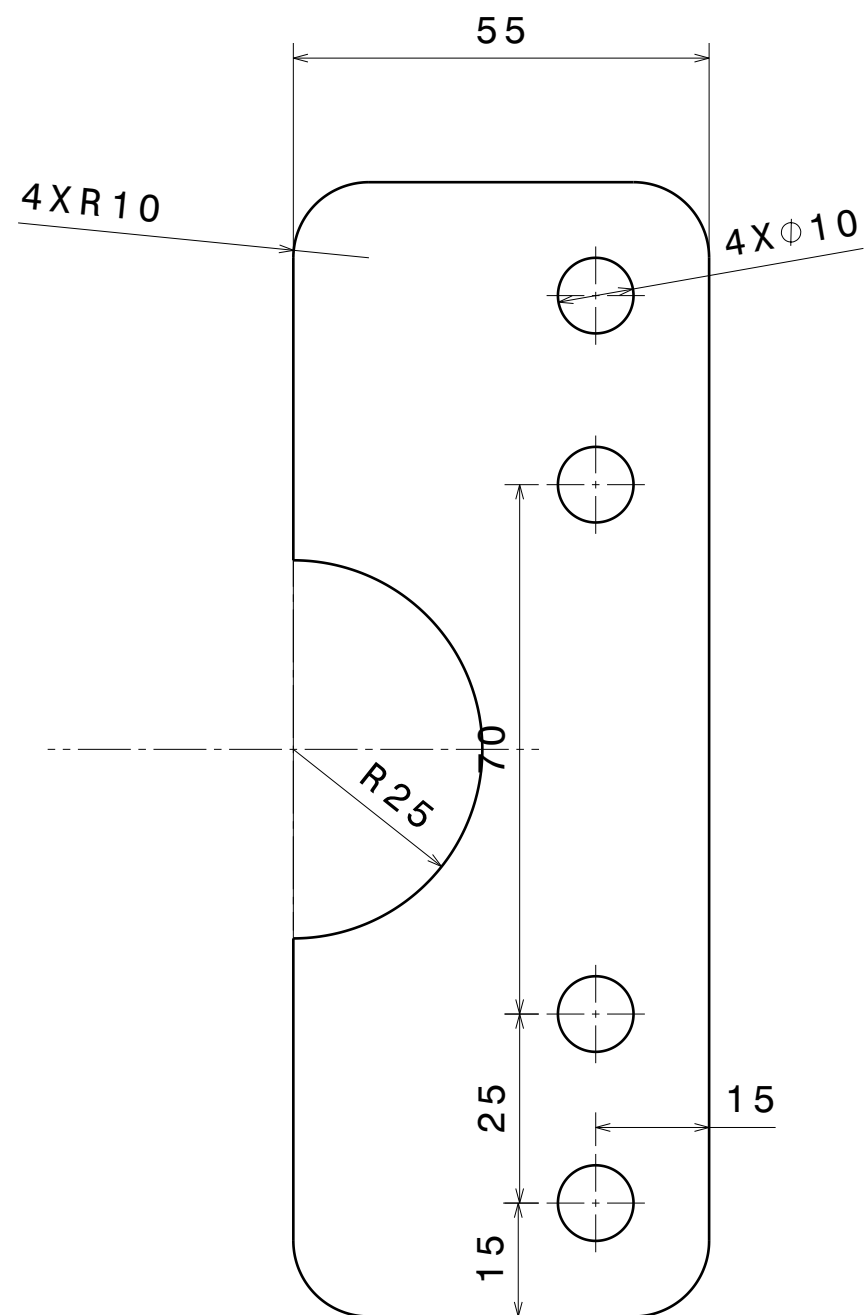
Título		
Pieza de Giro Guía		
Nº Plano	Plano	
25	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



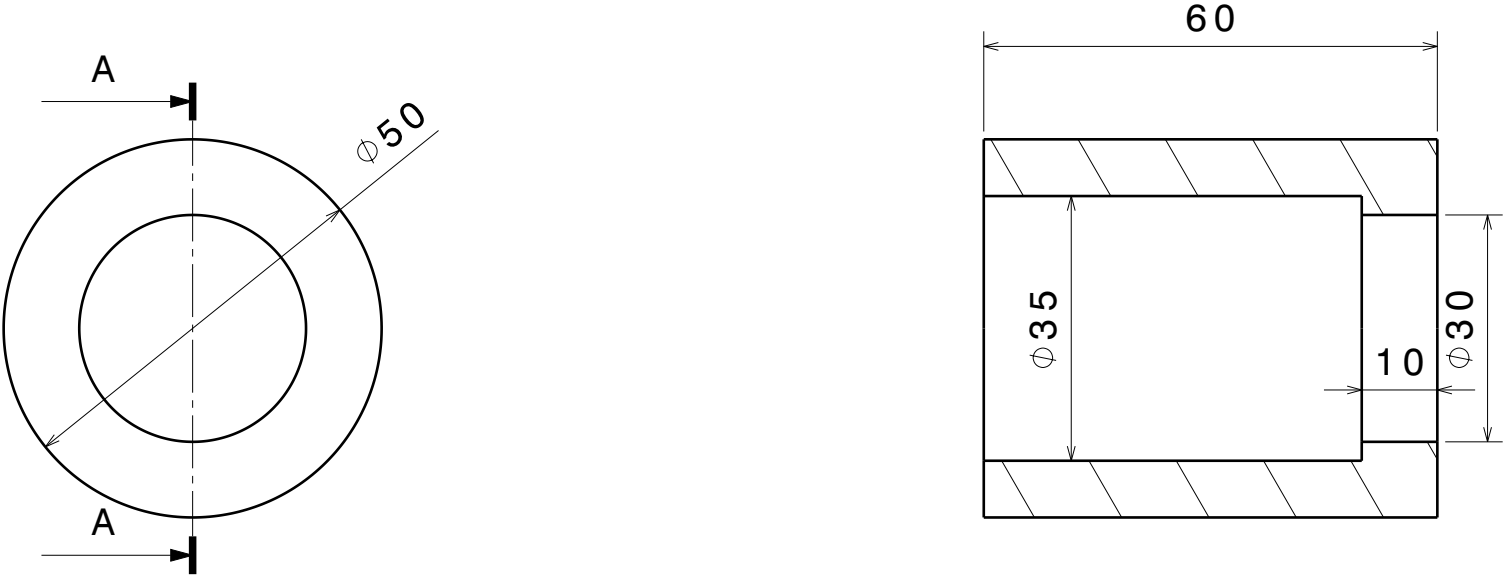
PIEZAS: PIEZA DE GIRO BARRA SOLDADA

Número	Piezas	Cantidad	Plano	Material
1	SOPORTE PIEZA DE GIRO BARRA	1	27	ACERO
2	PIEZA DE GIRO BARRA	1	28	ACERO
3	RODAMIENTO	2	-	-
4	ANILLO ELÁSTICO 35	1	-	-

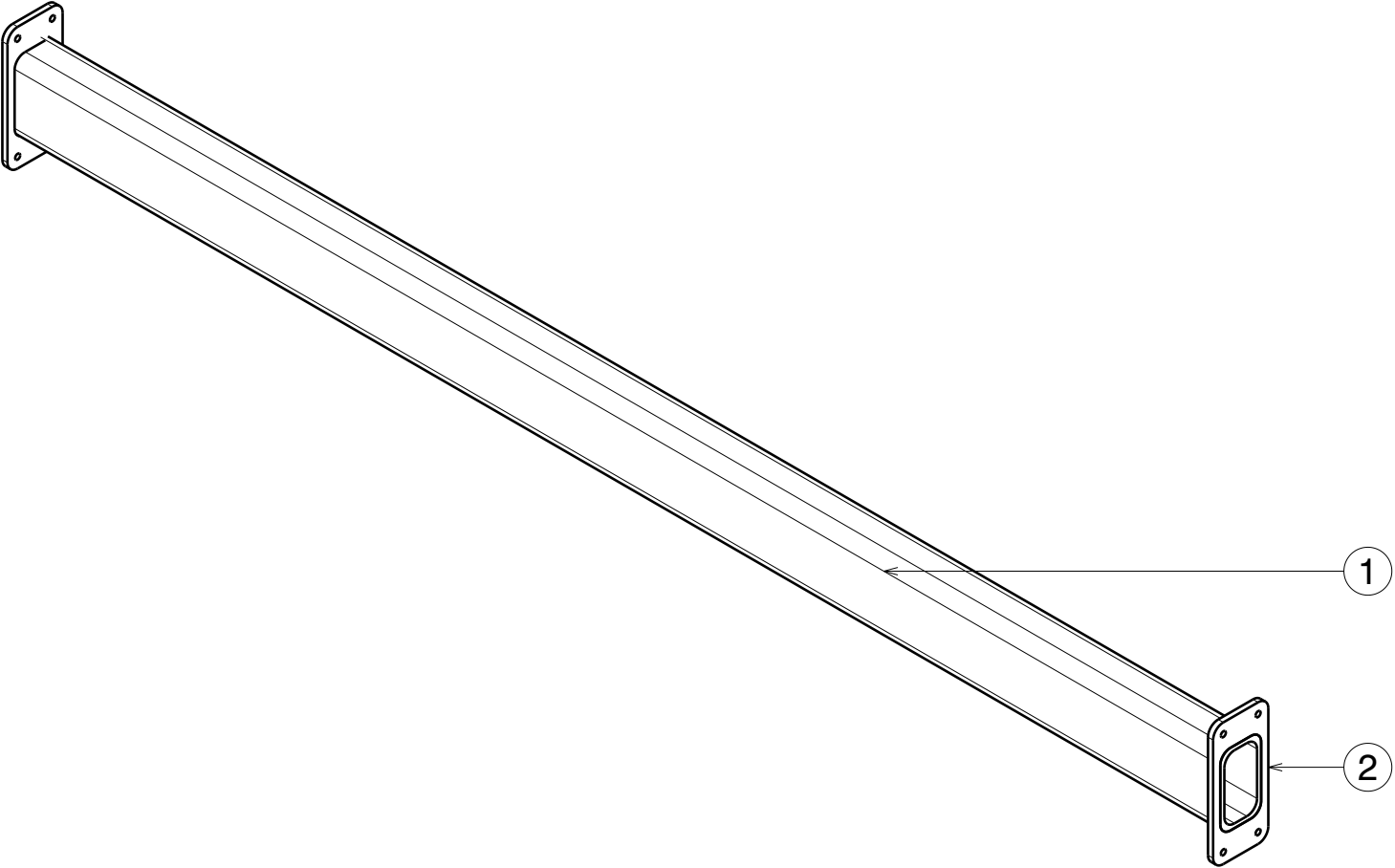
Título		
Pieza de Giro de Barra Soldada		
Nº Plano	Plano	
26	Subconjunto	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



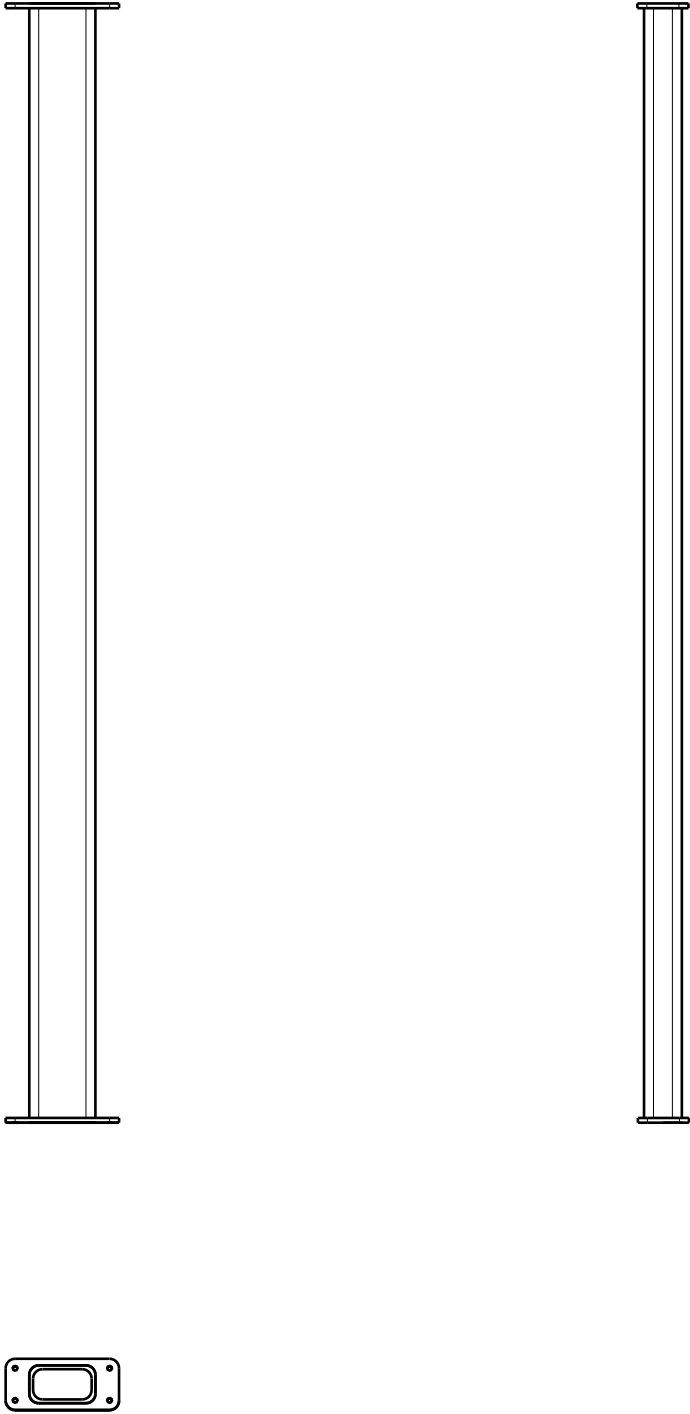
Título		
Soporte Pieza de Giro Barra		
Nº Plano	Plano	
27	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



Título		
Pieza de Giro Barra		
Nº Plano	Plano	
28	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



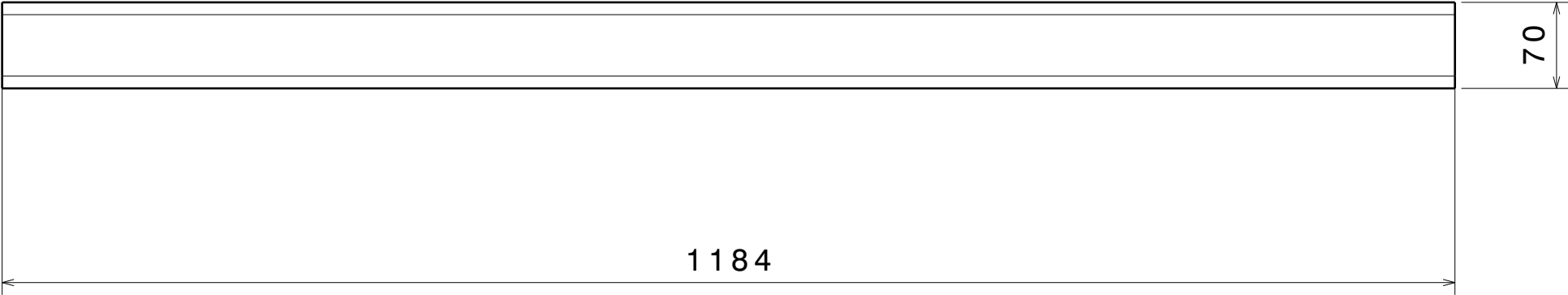
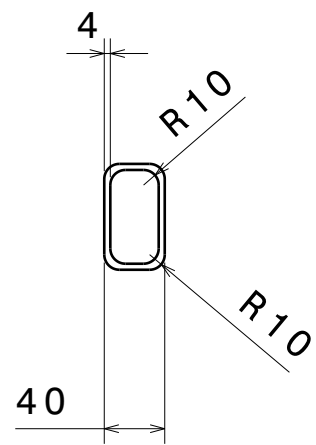
Vista Isométrica
Escala: 1:5



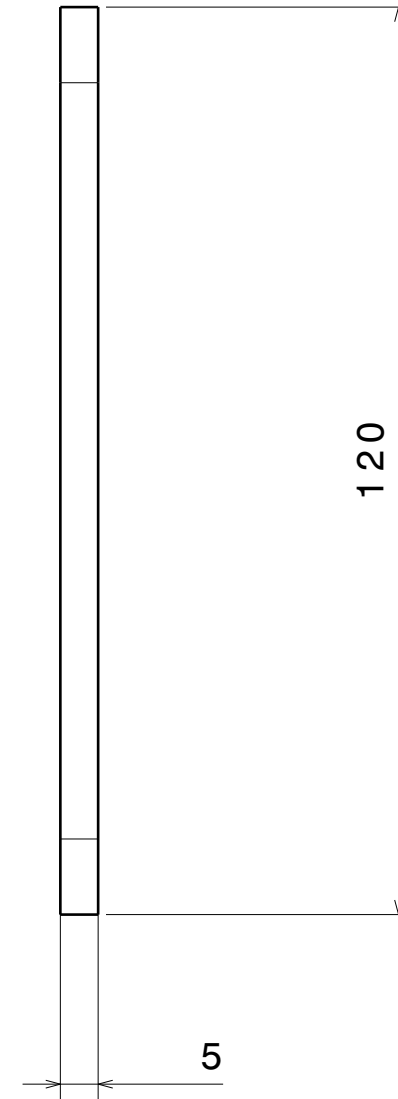
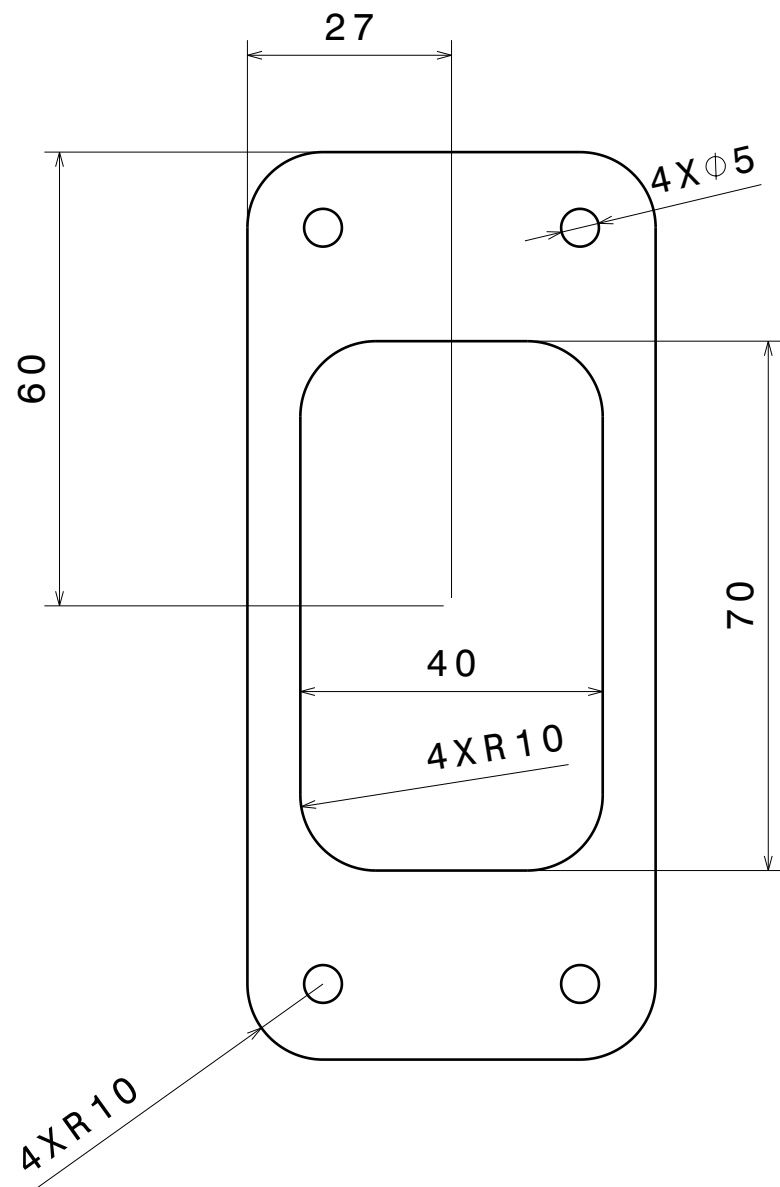
SUBCONJUNTO BARRA DE UNIÓN

Número	Subconjunto	Cantidad	Plano	MAterial
1	PIEZA UNIÓN LATERALES	1	30	ACERO
2	TORNILLOS UNION LATERALES	2	31	ACERO

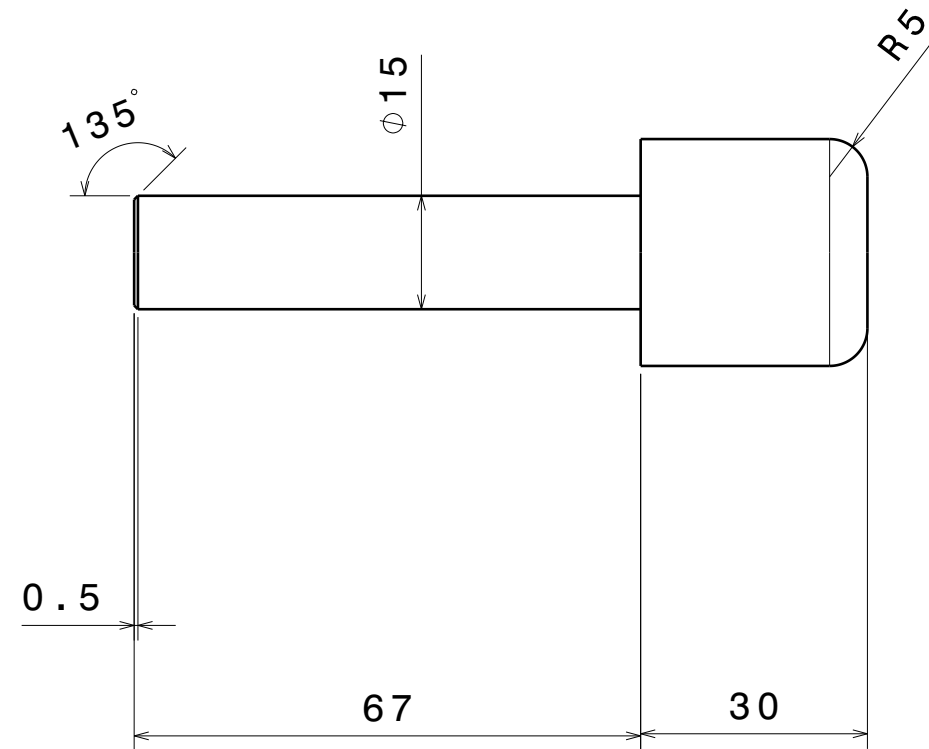
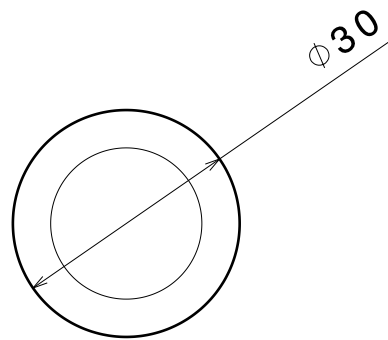
Título		
BARRA UNIÓN		
Nº Plano	Plano	
29	Subconjunto	
Escala	Promotor	Firmado
1:8	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



Título		
PIEZA UNIÓN LATERALES		
Nº Plano	Plano	
30	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:5	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



Título		
TORNILLOS UNION LATERALES		
Nº Plano	Plano	
31	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		



Título		
EJE DE FRENADO		
Nº Plano	Plano	
32	Despiece	
Escala	Promotor	Firmado
1:1	Universidad de Valladolid	Nicolás Morales Iglesias
Fecha		
06/2025		