



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del  
Producto**

**Diseño de pasarela peatonal flotante en el  
río Pisuerga en Valladolid.**

**Autor:**

**Sánchez de las Heras, Carolina Macrina**

**Tutor:**

**Magdaleno Martín, Jesús  
C.A., I.T., M.M.C y Teoría de  
Estructuras**

**Valladolid, junio 2024.**



# Agradecimientos

Quiero empezar este proyecto agradeciendo a todas las personas que me han apoyado durante esta etapa universitaria y durante el desarrollo de este proyecto.

A mi tutor Jesús Magdaleno por su ayuda y darme la oportunidad de aprender durante este proyecto.

Quiero agradecer a mi familia, en especial a mis padres, Juan y Carolina, y a mi hermana Clara, por el apoyo incondicional durante todos estos años, sin vosotros no hubiera llegado a alcanzar esta meta.



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# ÍNDICE

Agradecimientos.....	1
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
RESUMEN.....	13
PALABRAS CLAVE .....	13
ABSTRACT .....	13
KEY WORD .....	13
1. Introducción y objetivos .....	15
1.1. Antecedentes.....	16
1.2. Objetivo.....	16
2. Estado del arte .....	17
2.1. Muelles .....	18
2.1.1. Muelles de gravedad .....	18
2.1.2. Muelles de pantalla .....	20
2.1.3. Muelles de pilotes.....	20
2.2. Pantalanes.....	21
2.2.1. Según su función .....	21
2.2.2. Según su estructura .....	22
2.3. Sistemas de anclaje.....	23
2.3.1. Vigas de pared: .....	23
2.3.2. Bielas de pared .....	24
2.3.3. Arneses elásticos .....	25
2.3.4. Pilotes .....	26
2.4. Conclusión .....	26
3. Ubicación del proyecto.....	27
3.1. Ubicación .....	28
3.2. Medio físico (características climáticas) .....	30
3.3. Crecidas .....	34
3.4. Fenómenos históricos.....	37
4. Diseño final.....	41



4.1.	Pantalán.....	42
4.1.1.	Cálculo del pantalán .....	43
4.2.	Revestimiento.....	44
4.2.1.	Módulos .....	44
4.2.2.	Estructura superior .....	47
4.3.	Sistema de anclaje.....	48
4.3.1.	Método de montaje.....	48
4.4.	Dimensiones generales .....	50
4.5.	Materiales.....	51
4.5.1.	Hormigón .....	51
4.5.2.	Acero .....	53
	Acero galvanizado .....	53
	Acero inoxidable.....	53
4.5.3.	Madera de pino nórdico .....	54
4.5.4.	Acero Corten.....	55
4.6.	Resultado final .....	56
5.	Montaje.....	63
6.	Planos .....	67
7.	Presupuesto.....	87
7.1.	Costes de fabricación .....	88
7.1.1.	Coste de materiales.....	88
7.1.2.	Mano de obra directa .....	89
7.1.3.	Puesto de trabajo.....	90
7.2.	Coste de mano de obra indirecta.....	91
7.3.	Cargas sociales .....	92
7.4.	Gastos generales .....	92
7.5.	Coste de subcontrata.....	93
7.6.	Coste total de fábrica.....	93
7.7.	Beneficio industrial .....	93
7.8.	Presupuesto industrial.....	94
8.	Conclusiones y líneas futuras .....	95
8.1.	Conclusiones y líneas futuras .....	96



9.	Bibliografía.....	99
9.1.	Bibliografía.....	100
10.	ANEXOS.....	105
1.	CAUDALES Y ALTURAS DEL PISUERGA .....	106
2.	DATOS CLIMÁTICOS.....	109
3.	DATOS DEL FABRICANTE DEL PANTALÁN.....	111



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Muelles de cajones. (Structuralia, 2024)</i> .....	18
<i>Ilustración 2. Muelles de bloques prefabricados. (Structuralia, 2024)</i> .....	19
<i>Ilustración 3. Muelles de hormigón sumergidos. (Structuralia, 2024)</i> .....	19
<i>Ilustración 4. Muelles de pantalla. (Structuralia, 2024)</i> .....	20
<i>Ilustración 5. Muelles de pilotes. (Structuralia, 2024)</i> .....	21
<i>Ilustración 6. Pantalán de bloques. (Ad Hoc Smart Solution, 2022)</i> .....	22
<i>Ilustración 7. Pantalán de armazón metálico. (NauticExpo, 2024)</i> .....	22
<i>Ilustración 8. Pantalán de matriz de elementos flotantes. (NauticExpo, 2024)</i> .....	23
<i>Ilustración 9. Vigas de pared. (Lindley, 2024)</i> .....	24
<i>Ilustración 10. Bielas de pared. (Lindley, 2024)</i> .....	24
<i>Ilustración 11. Arneses elásticos. (Lindley, 2024)</i> .....	25
<i>Ilustración 12. Pilotes. (Lindley, 2024)</i> .....	26
<i>Ilustración 13. Localización en España. Google Maps.</i> .....	28
<i>Ilustración 14. Localización en Castilla y León. Google Maps</i> .....	28
<i>Ilustración 15. Localización en Valladolid. Google Maps</i> .....	29
<i>Ilustración 16. Anchura del río. Google Maps</i> .....	29
<i>Ilustración 17. Gráfica temperatura y precipitaciones 2023. (Meteoblue, 2024)</i> .....	31
<i>Ilustración 18. Precipitaciones anuales. Media y anomalías. (Meteoblue, 2024)</i> .....	32
<i>Ilustración 19. Gráfica de Temperaturas medias y anomalías. (Meteoblue, 2024)</i> .....	32
<i>Ilustración 20. Rosa del viento. (Meteoblue, 2024)</i> .....	33
<i>Ilustración 21. Información sobre la fuente de datos. (CEDEX, 2024)</i> .....	34
<i>Ilustración 22. Ubicación estación 209. (CEDEX, 2024)</i> .....	34





<i>Ilustración 23. Diagrama de los caudales de los últimos 50 años. (CEDEX, 2024)</i> .....	35
<i>Ilustración 24. Caudales máximos medios diarios mensuales en m<sup>3</sup>/s. Elaboración propia</i> .....	35
<i>Ilustración 25. Alturas máximas instantáneas</i> .....	36
<i>Ilustración 26. Crecida siglo XX. (Vallisoletvm, 2024)</i> .....	37
<i>Ilustración 27. Crecida 2001. (Vallisoletvm, 2024).</i> .....	38
<i>Ilustración 28. Crecida 2010 (Vallisoletvm, 2024)</i> .....	38
<i>Ilustración 29. Crecida 2019. (Vallisoletvm, 2024)</i> .....	39
<i>Ilustración 30. Partes principales. Elaboración propia</i> .....	42
<i>Ilustración 31. Pieza 1. Elaboración propia</i> .....	44
<i>Ilustración 32. Módulo 1. Elaboración propia</i> .....	46
<i>Ilustración 33. Módulo 2. Elaboración propia</i> .....	46
<i>Ilustración 34. Módulo 3. Elaboración propia</i> .....	47
<i>Ilustración 35. Piezas estructura superior. Elaboración propia</i> .....	48
<i>Ilustración 36: Máquina para hinca de pilotes. (Lindley, 2024)</i> .....	49
<i>Ilustración 37. Hinca de pilotes. (Lindley, 2024)</i> .....	50
<i>Ilustración 38. Dimensiones generales. Elaboración propia</i> .....	50
<i>Ilustración 39. Dimensiones generales 2. Elaboración propia.</i> .....	51
<i>Ilustración 40. Hormigón (Freepik, 2024)</i> .....	52
<i>Ilustración 41. Acero galvanizado. (DIPAC, 2024)</i> .....	53
<i>Ilustración 42. Acero inoxidable. (WLD Steel, 2023)</i> .....	54
<i>Ilustración 43. Madera de pino. (FesMés, 2023)</i> .....	55
<i>Ilustración 44. Acero Corten. (ACEROpanel, 2023)</i> .....	56
<i>Ilustración 45. Render 1. Elaboración propia</i> .....	56
<i>Ilustración 46. Render 2. Elaboración propia</i> .....	57
<i>Ilustración 47. Render 3. Elaboración propia</i> .....	57
<i>Ilustración 48. Render 4. Elaboración propia</i> .....	58
<i>Ilustración 49. Render 5. Elaboración propia</i> .....	58
<i>Ilustración 50. Pieza sin soldar. Elaboración propia</i> .....	64
<i>Ilustración 51. Pieza soldada. Elaboración propia</i> .....	64
<i>Ilustración 52: Barandilla soldada a los módulos. Elaboración propia.</i> .....	65



<i>Ilustración 53. Unión con tronillos de los módulos al pantalán. Elaboración propia.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 54. Gráfica anomalías mensuales de temperatura y precipitaciones. (Meteoblue, 2024).....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 55. Precipitaciones 2023. (Meteoblue, 2024).....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 56. Gráfica viento 2023. (Meteoblue, 2024).....</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 57. Gráfica temperatura 2023. (Meteoblue, 2024).....</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 58. Datos técnicos. (Lindley, 2024).....</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 59. Hormigón PFC con las dimensiones del pantalán. (Lindley, 2024).....</i>	<i>112</i>



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Pesos de las piezas.</i> .....	43
<i>Tabla 2. Costo de materiales.</i> .....	89
<i>Tabla 3. Coste de mano directa.</i> .....	90
<i>Tabla 4. Costo herramientas.</i> .....	90
<i>Tabla 5. Tiempo de amortizaciones y funcionamiento.</i> .....	91
<i>Tabla 6. Amortizaciones</i> .....	91
<i>Tabla 7. Coste del puesto por unidad.</i> .....	91
<i>Tabla 8. Mano de obra indirecta.</i> .....	91
<i>Tabla 9. Cargas sociales.</i> .....	92
<i>Tabla 10. Gastos generales</i> .....	92
<i>Tabla 11. Costos subcontratados.</i> .....	93
<i>Tabla 12. Presupuesto industrial.</i> .....	94
<i>Tabla 13. Caudales máximos medios diarios mensuales en m<sup>3</sup>/s (Qc). (CEDEX, 2024)</i> .....	106
<i>Tabla 14. Aportaciones en Hm<sup>3</sup> (CEDEX, 2024).</i> .....	106
<i>Tabla 15. Caudal instantáneo mensual en m<sup>3</sup>/s. (CEDEX, 2024).</i> .....	107
<i>Tabla 16. Caudales medios mensuales en m<sup>3</sup>/s. (CEDEX, 2024).</i> .....	107
<i>Tabla 17. Alturas máximas instantáneas en m. (CEDEX, 2024).</i> .....	108



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# RESUMEN

Con este proyecto se quiere diseñar una plataforma peatonal flotante en el río Pisuerga, la plataforma estará compuesta por una serie de módulos de pantalán anclado al río mediante un sistema de pilotes y como revestimiento y a modo de barandilla una estructura en acero.

Se pretende que el diseño se adapte a las diferentes condiciones de caudal y altura del río dando uso a estructuras ya existente para reducir el coste de inversión. Además, realizar un diseño de fácil fabricación, mantenimiento y reparación gracias los materiales utilizados y a la construcción en módulos.

# PALABRAS CLAVE

Plataforma flotante  
Modularidad  
Adaptabilidad  
Valladolid  
Pisuerga

# ABSTRACT

With this project, the target is to design a floating pedestrian platform on the Pisuerga River. The platform will consist of a series of modules anchored to the river using a system of piles, and Corten Steel structure has been designed as cladding and railing.

It is intended that the design adapts to the different conditions of flow and height of the river, making use of existing structures to reduce the cost of investment. In addition, a design that is easy to manufacture, maintain and repair thanks to the materials used and the construction in modules.

# KEY WORD

Floating platform  
Modularity  
Adaptability  
Valladolid  
Pisuerga



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# 1. Introducción y objetivos





## 1.1. Antecedentes

El ayuntamiento de Valladolid tiene actualmente un muelle en la zona de la playa de las Moreras como embarcadero de la “Leyenda del Pisuerga”

Es una zona recreativa de alto valor turístico y de esparcimiento de los vallisoletanos que incluyen varias zonas verdes con servicios de restauración y oferta de actividades al aire libre.

## 1.2. Objetivos

El objeto de este Trabajo de Fin de Grado es la construcción de un pantalán flotante que suponga el menor coste económico, la utilización de infraestructuras ya existentes y facilitar la construcción e implantación de la estructura.

Menor coste económico:

- Crear un diseño que minimice el uso de materiales y el tiempo de fabricación haciendo uso de diseños estándar y de fácil fabricación
- Selección de materiales económicos que ofrecen una buena relación calidad precio y estandarizar el uso de materiales para poder comprar grandes cantidades minimizando el coste.
- Conseguir una estructura que necesite poco mantenimiento utilizando materiales anticorrosión y de poco desgaste.

Utilización de infraestructuras ya existentes:

- Integración en muelles actuales de manera que se adapte el diseño y se pueda acoplar a las infraestructuras ya existentes.

Facilidad de construcción e implantación:

- Conseguir un diseño modular y prefabricado que se pueda ensamblar “in situ” de forma rápida y eficiente.
- Montaje rápido: diseñar la estructura del pantalán de manera que se pueda montar e intercambiar piezas de manera simple y que facilite el montaje o reparación de este.

En resumen, para construir un pantalán flotante con el menor coste económico y utilizando infraestructuras ya existentes, es crucial la selección de materiales y diseño adecuado, integrar el proyecto con las estructuras y servicios disponibles, y adoptar métodos de construcción que simplifiquen y aceleren el proceso de implantación. Estos enfoques no solo reducen costes, sino que también facilitan la construcción y aseguran una rápida puesta en marcha del pantalán.



# 2.

## Estado del arte

Atendiendo a lo planteado, se procede a evaluar las posibles soluciones para adecuar la propuesta a los requerimientos que se pretende conseguir. Por ello se procederá a realiza un estudio de las posibles soluciones.

En cuanto a las estructuras flotantes se pueden estudiar 2 posibles soluciones: muelles y pantalanes. (Academy, 2024)

## 2.1. Muelles

Se trata de una estructura marina más común en las instalaciones portuarias o de uso náutico. Están formadas por una línea de atraque continua y conectadas de manera parcial con la tierra. Según su estructura se pueden clasificar en:

### 2.1.1. Muelles de gravedad

Estos muelles tienen menos superficie específica, es decir, menos superficie por unidad de volumen, por lo que su deterioro es más lento. Aquí se diferencian tres grandes grupos. (Structuralia, 2024)

- **MUELLES DE CAJONES:** están constituidas por un muro formado por cajones que reposan sobre una banqueta. Este tipo de muelle se emplea principalmente cuando las dimensiones del muelle a construir son muy elevadas ya que cuentan con estructuras de hormigón armado muy esbeltas por lo que el ataque al medio es más probable que en otro tipo de muelle.

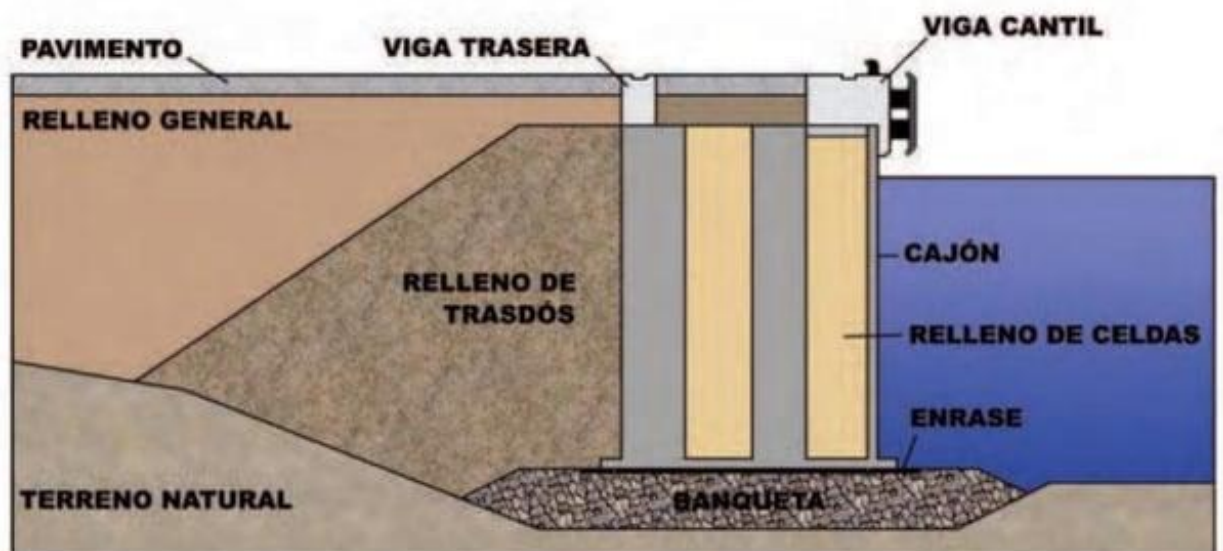


Ilustración 1. Muelles de cajones. (Structuralia, 2024)

- MUELLES DE BLOQUES PREFABRICADOS: estos muelles están formados por un conjunto de bloques prefabricados de hormigón colocados sobre una banqueta, se construyen cuando por razones de espacio no se pueden construir los muelles de cajones.

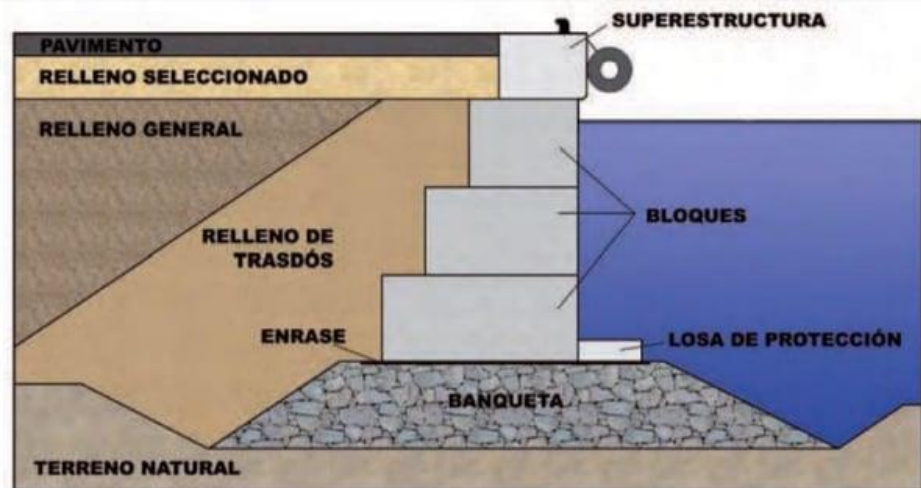


Ilustración 2. Muelles de bloques prefabricados. (Structuralia, 2024)

- MUELLES DE HORMIGÓN SUMERGIDOS: en esta tipografía de muelle los hormigonados se realizan “in situ”. Y se realizan en determinados casos, como cuando el terreno sobre el que se cimienta es poco deformable si no se dispone de explanadas para un parque de bloques prefabricados o no hay equipos de transporte. En estos casos la dosificación del hormigón tiene que ser tal que permita ser bombeable, lo que requiere que la consistencia sea fluida y plástica.

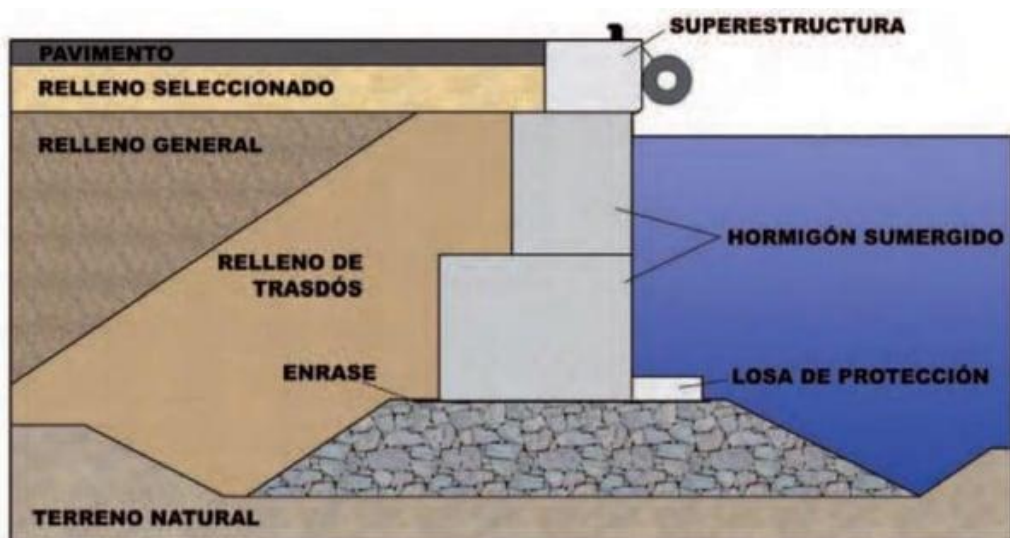


Ilustración 3. Muelles de hormigón sumergidos. (Structuralia, 2024)

### 2.1.2. Muelles de pantalla

Esta estructura, formada por un muro pantalla de hormigón, permite transmitir las cargas al terreno natural empotrando en él. Los muelles de pantalla pueden ser de tablaestacas metálicas o de hormigón y suelen ser los de mayor superficie específica y menor vida útil.

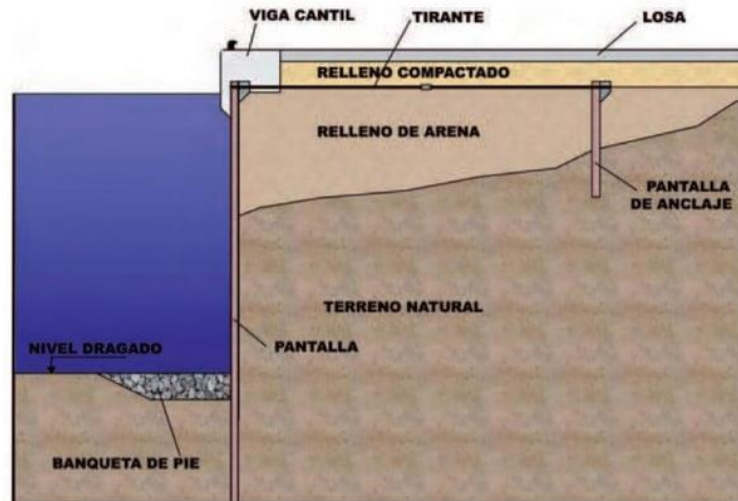


Ilustración 4. Muelles de pantalla. (Structuralia, 2024)

### 2.1.3. Muelles de pilotes

Se trata de una estructura sustentada por pilotes que transmiten el esfuerzo al terreno, se suele utilizar en casos en los que el terreno de cimentación tiene poca capacidad portante, zonas sísmicas, lugares donde se pretende disminuir la reflexión del oleaje y zonas con mucho calado.

Los pilotes suelen ser de acero donde se instala una superestructura de hormigón armado con forma de entramado de vigas.

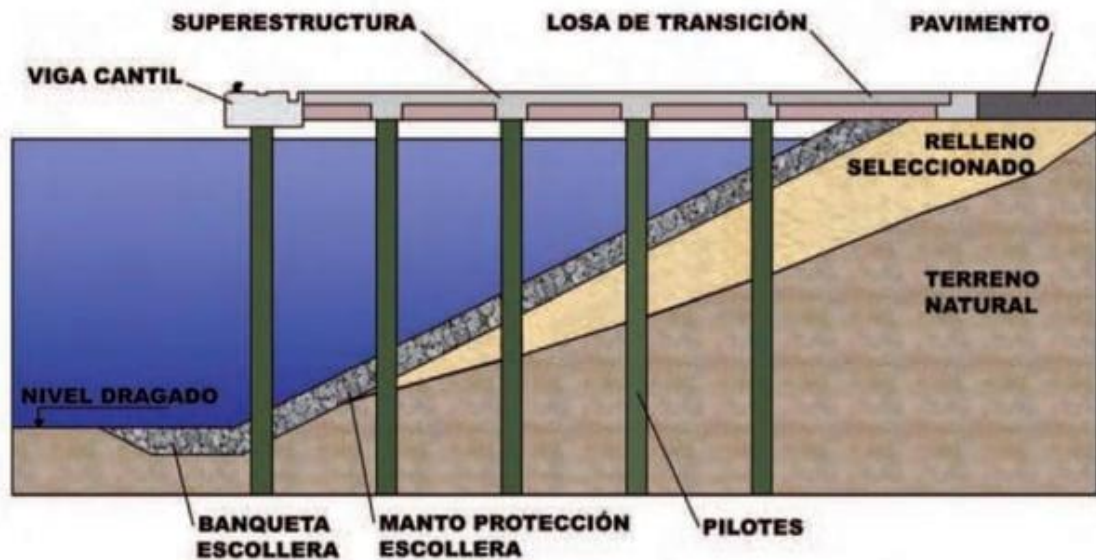


Ilustración 5. Muelles de pilotes. (Structuralía, 2024)

## 2.2. Pantalanes

Por norma general, se trata de estructuras menores que los muelles, y su principal diferenciación es que, en vez de ser una estructura fija como los muelles, son estructuras flotantes. Esta estructura no se ancla directamente a la tierra, sino que se une a partir de elementos auxiliares como pasarelas de acceso. (Ad Hoc Smart Solution, 2022)

### 2.2.1. Según su función

- **ATRAQUE:** su función es servir como punto de amarre para las embarcaciones.
- **VARADA:** su función es servir de punto de estacionamiento fuera del agua.
- **EMBARQUE:** las embarcaciones que los operan solo se amarran para realizar funciones de embarque y desembarque.
- **PASO O CONEXIÓN:** son aquellas que sirven de puente de acceso entre dos estructuras de diferente naturaleza.

### 2.2.2. Según su estructura

- **DE BLOQUE:** Su unidad mínima modular la compone un bloque que aporta flotabilidad y base estructural. Normalmente se trata de estructuras de hormigón armado con celdas en el interior para darle flotabilidad.



Ilustración 6. Pantalán de bloques. (Ad Hoc Smart Solution, 2022)

- **DE ARMAZÓN METÁLICO:** la flotabilidad se aporta por elementos auxiliares de distinta naturaleza sobre la que se asienta la estructura compuesta por perfiles metálicos que se unirán al resto de elementos.

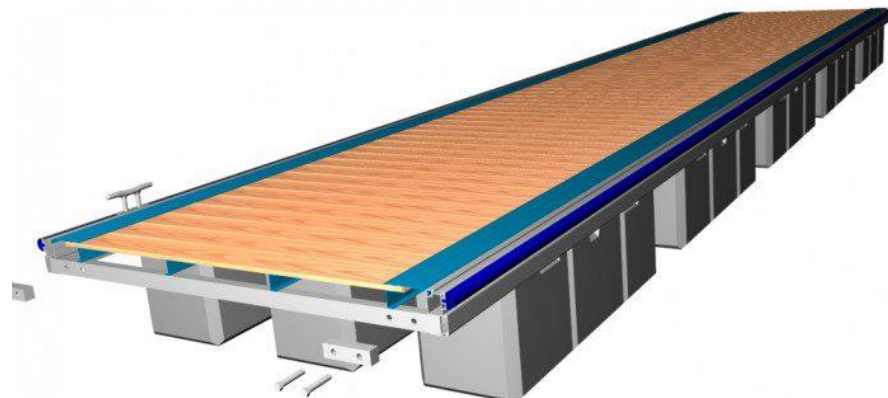


Ilustración 7. Pantalán de armazón metálico. (NauticExpo, 2024)

- **MATRIZ DE ELEMENTOS FLOTANTES:** la superficie funcional está compuesta por elementos de una matriz de elementos con flotabilidad propia, formando una superficie estable.



Ilustración 8. Pantalán de matriz de elementos flotantes. (NauticExpo, 2024)

## 2.3. Sistemas de anclaje

En cuanto a los sistemas de anclaje se pueden diferenciar varios tipos dependiendo de la forma y disposición del pantalán. (Lindley, 2024)

### 2.3.1. Vigas de pared:

Sistema guiado por un conjunto de vigas HB 160 fijadas al muelle en disposición vertical, mediante anclajes químicos y bridas con dos rodillos de Nylatron unidas al pantalán.



Los rodillos permiten el movimiento vertical del pantalán siguiendo los movimientos oscilatorios de las olas y la marea, pero evitan movimientos horizontales del mismo con una fuerte sujeción al muelle.



Ilustración 9. Vigas de pared. (Lindley, 2024)

### 2.3.2. Bielas de pared

Aplicado normalmente en pantalanes unidos a esculleras o fondos con menor pendiente, en los que el pantalán debe quedar a mayor distancia del punto de anclaje. Este sistema, igual que el anterior, permite el movimiento vertical del pantalán evitando movimientos horizontales, mediante bielas articuladas en sus extremos y/o plataformas de acceso igualmente articulada.



Ilustración 10. Bielas de pared. (Lindley, 2024)

### 2.3.3. Arnese elástico

Los elásticos están configurados para estar tensos en la marea baja, extendiéndose a medida que sube la marea o con cargas horizontales al pantalán. Se caracterizan por tener una extensión proporcional, amortiguando las cargas y evitando comprometer la estructura.

La principal ventaja del sistema de amarre elástico es un mantenimiento reducido, al no contactar con el fondo marino no provoca desgaste en la línea de amarre y a su vez minimiza los daños en el ecosistema marino.

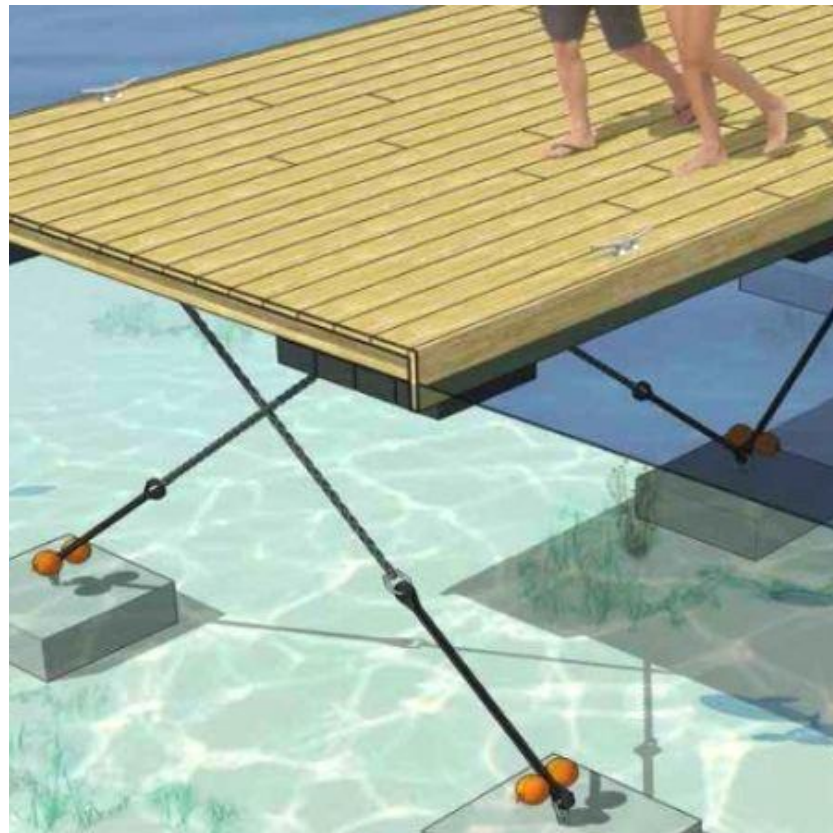


Ilustración 11. Arnese elástico. (Lindley, 2024)

#### 2.3.4. Pilotes

Sistema formado por pilotes clavados en el fondo marino unidos al pantalán mediante bridas laterales o interiores que permiten la movilidad del pantalán debido al oleaje y las mareas, pero evita movimientos horizontales del mismo.



*Ilustración 12. Pilotes. (Lindley, 2024)*

## 2.4. Conclusión

Después de realizar el estudio de alternativas se ha decidido que la mejor opción y la que más se adecua a las necesidades del proyecto es un pantalán flotante de bloques de hormigón debido a su fácil fabricación y montaje. Además, es el único material que permite la construcción de un muelle de 5m de ancho, dimensión necesaria ya que el pantalán estará destinado a la circulación de personas y tiene que ser lo suficientemente ancho para que permita el desplazamiento sin impedimento.

En cuanto al sistema de anclaje se utilizará un sistema de pilotes ya que es el sistema que permite más basculación. Esto es importante ya que la ubicación y las alturas de la superficie del río puede variar de manera aleatoria debido a las crecidas.



# 3. Ubicación del proyecto

### 3.1. Ubicación

La pasarela flotante se pretende instalar en el río Pisuerga que se sitúa en la parte central de la meseta norte de la península. Se extiende por la zona centro-norte de la península y está delimitada por las cordilleras Cantábrica y la Central. Aquí se incluyen regiones como Castilla y León, más concretamente Valladolid. Se trata de un río aluvial, con fondo y laterales de gravas.



Ilustración 13. Localización en España. Google Maps.

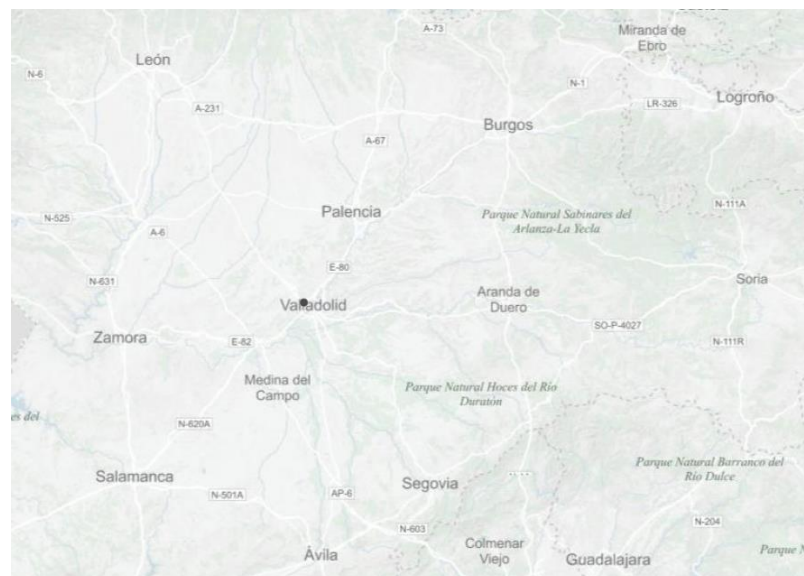


Ilustración 14. Localización en Castilla y León. Google Maps

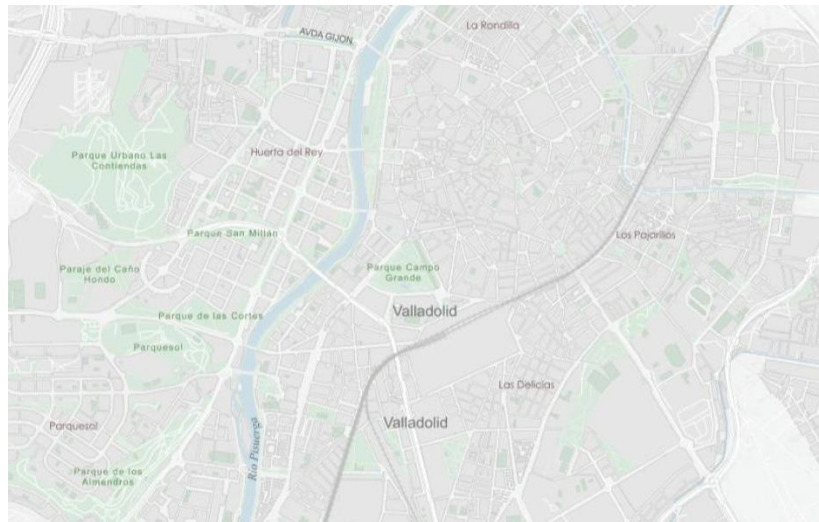


Ilustración 15. Localización en Valladolid. Google Maps

La ciudad de Valladolid cuenta con el Embarcadero de Las Moreras del río Pisuerga donde se encuentran las infraestructuras previas necesarias para la instalación de la pasarela flotante.

La infraestructura consta de un muelle de atraque donde irá colocada la pasarela y permitirá la instalación de ésta sin la necesidad de obras previas y gastos adicionales.

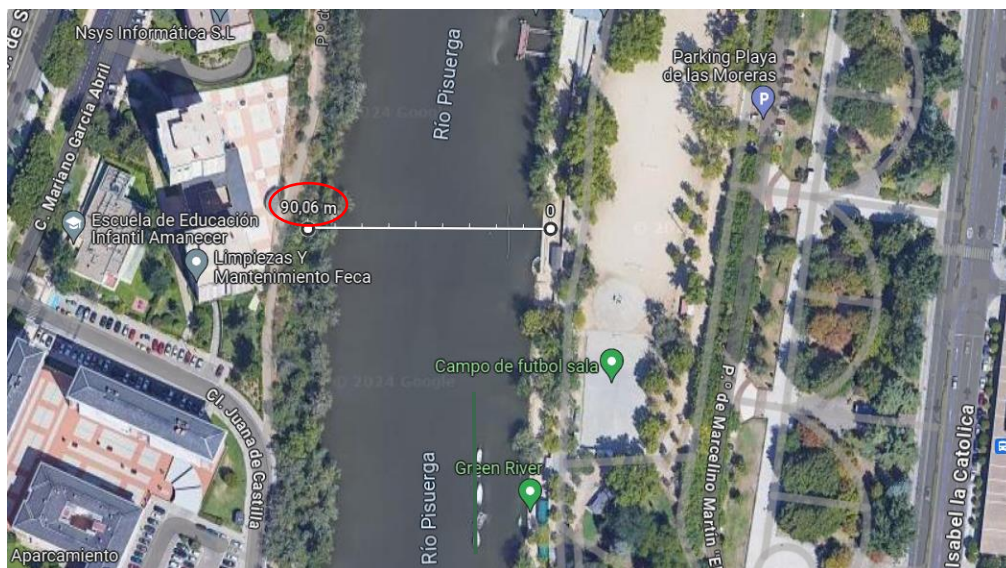


Ilustración 16. Anchura del río. Google Maps

El Pisuerga recorre la ciudad de norte a sur y desemboca en el río Duero y la zona en la que se coloca es una de las más anchas del río con aproximadamente 90 m de ancho. En el tramo de Valladolid, el Pisuerga tiene



una profundidad media de 16 m que hace posible la instalación de esta estructura. (Tomé, 2022)

## 3.2. Medio físico (características climáticas)

El clima de Valladolid se conoce como oceánico continental. Este clima se caracteriza por tener unos inviernos fríos y unos veranos calurosos con cortos periodos primaverales y otoñales. Las temperaturas suelen oscilar entre 40°C en verano y los - 2°C en los meses de invierno.

El promedio de las precipitaciones en Valladolid se registra alrededor de 425mm de precipitación anual. Esta cifra viene dada por una distribución moderada de lluvia a lo largo de todo el año manteniendo la frescura del entorno. Los meses de otoño e invierno son los más propensos a recibir este tipo de precipitaciones mientras que los veranos suelen ser la estación más seca.

La lluvia presenta un patrón algo diferente y son en los meses de octubre y marzo donde la ciudad conlleva una mayor probabilidad de lluvia con picos en noviembre y diciembre. Sin embargo, en ocasiones la ciudad experimenta lluvias intensas como las tormentas de verano.

La lluvia en Valladolid, aunque no es tremendamente abundante, mantiene el equilibrio del clima y la vitalidad de la vegetación. (Meteoblue, 2024)

A continuación, se mostrarán unas gráficas donde se podrá apreciar de mejor manera las condiciones climáticas de la ciudad de Valladolid.

En la gráfica inferior se puede observar los datos recogidas en el año 2023 donde se puede apreciar el aumento de temperatura en la época estival y el aumento de precipitaciones en los meses de otoño y primavera.

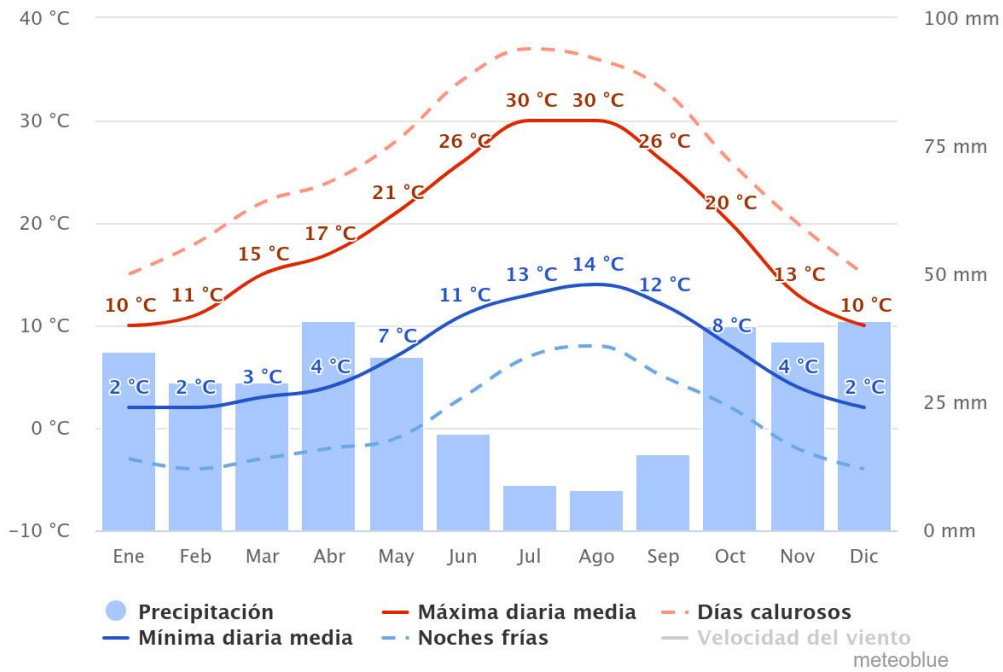


Ilustración 17. Gráfica temperatura y precipitaciones 2023. (Meteoblue, 2024)

En la gráfica inferior se puede observar las precipitaciones anuales medias desde 1979 a 2023, donde pasa de color verde oscuro en los años donde más precipitaciones se han registrado, hasta el marrón más oscuro donde se encuentran los años más secos. Se puede observar una línea en el centro de la gráfica donde se indica la media de las precipitaciones a lo largo de todos estos años. De esta manera se evidencia de manera clara que las precipitaciones medias se mantienen constantes a lo largo de los años sin tendencia a la disminución de éstas.



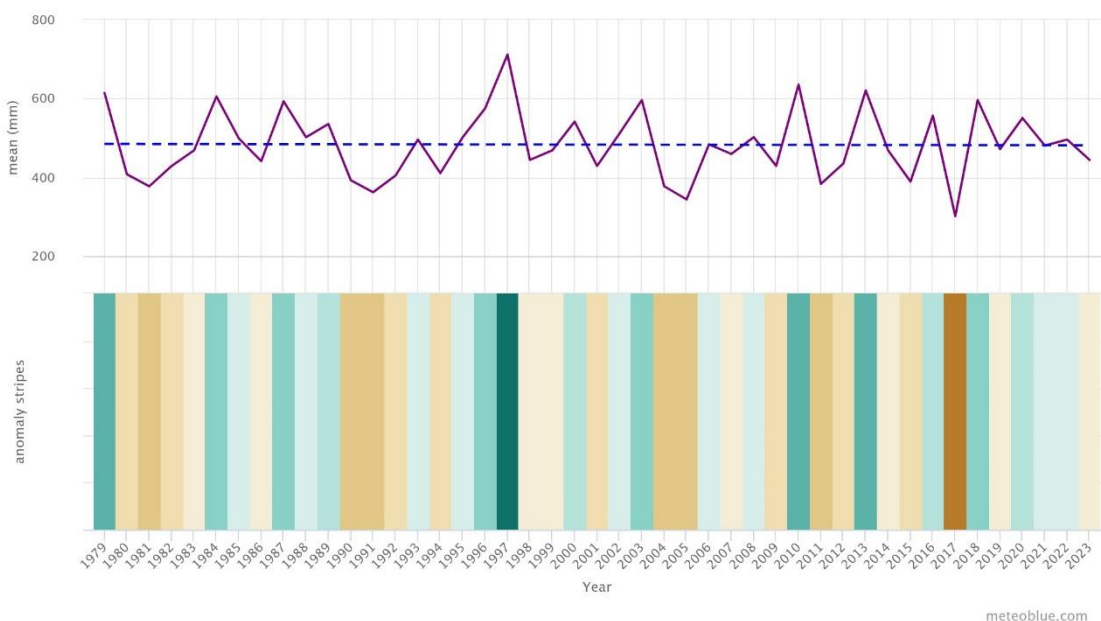


Ilustración 18. Precipitaciones anuales. Media y anomalías. (Meteoblue, 2024)

A continuación, al igual que con las precipitaciones, se muestra una gráfica donde se observa las temperaturas medias de los últimos 40 años. El color azul oscuro indica los años más fríos hasta llegar al rosa oscuro donde se encuentran los años más calurosos. Aquí si se puede apreciar una tendencia donde las temperaturas medias se van elevando (línea a trazos en la gráfica).

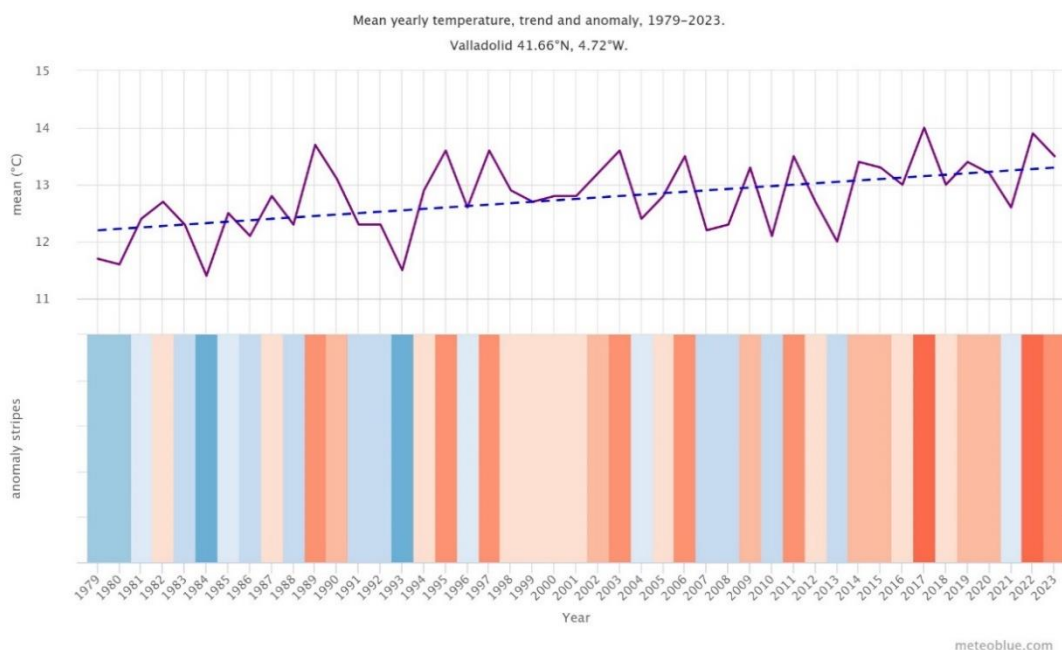


Ilustración 19. Gráfica de Temperaturas medias y anomalías. (Meteoblue, 2024)

Por último, se muestra una gráfica que contiene la rosa del viento donde se puede apreciar una tendencia a la dirección del aire noreste y suroeste.

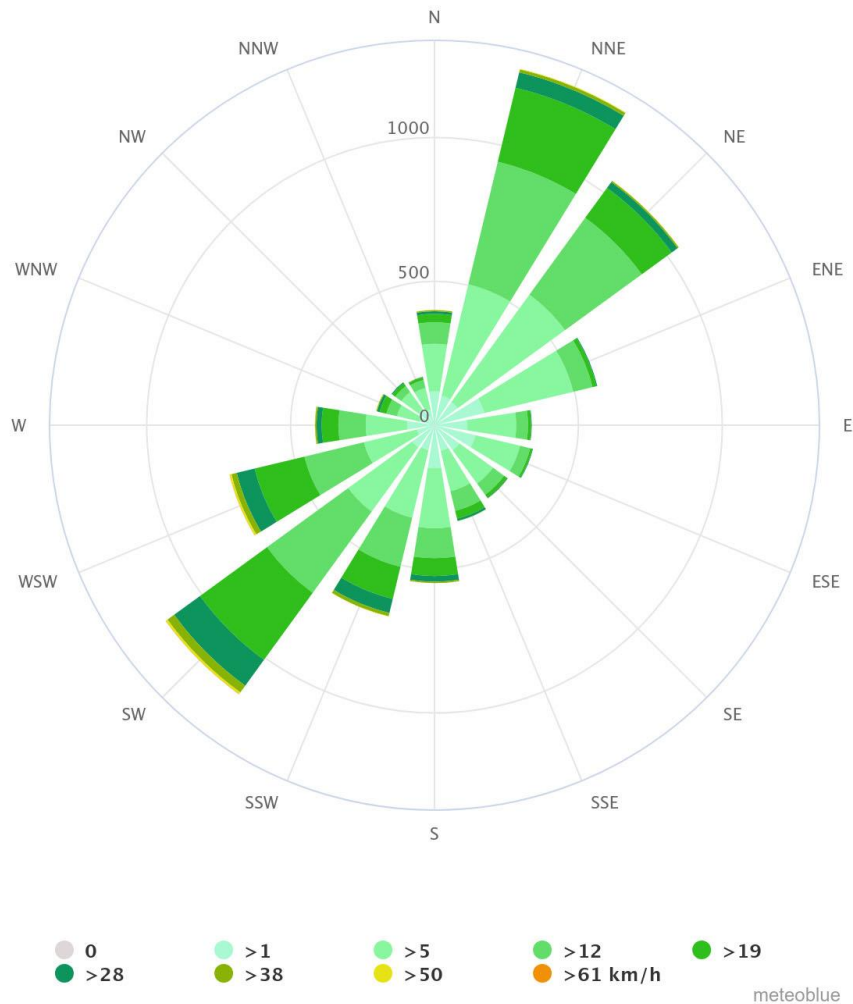


Ilustración 20. Rosa del viento. (Meteoblue, 2024)

En conclusión, se puede observar que los meses donde se debe prestar más atención al clima de Valladolid son los meses donde existe mayor variación de temperatura y mayor probabilidad de precipitaciones. Estos meses suelen corresponder con las estaciones de primavera y otoño.

### 3.3. Crecidas

Para comenzar con el estudio de crecidas del Pisuerga a la altura de Valladolid, se puede observar en la imagen inferior un resumen con la información correspondiente a la fuente de datos con la ubicación de la estación. (CEDEX, 2024)

<b>Nº de años con datos:</b> 49	<b>Nº de años completos:</b> 47	<b>Incompletos:</b> 2
<b>Año inicial de la serie:</b> 1969	<b>Año final:</b> 2019	<b>Nº de meses:</b> 580
<b>Caudal medio anual:</b> 61,52 m <sup>3</sup> /s	<b>Mínimo anual:</b> 20,57 m <sup>3</sup> /s	<b>Máximo anual:</b> 168,53 m <sup>3</sup> /s
<b>Coefficiente de variación de la serie anual:</b> 0,5	<b>Máximo mensual:</b> 603,96 m <sup>3</sup> /s	<b>Coefficiente de sesgo:</b> 1,12
<b>Caudal mínimo mensual:</b> 1,82 m <sup>3</sup> /s		

Ilustración 21. Información sobre la fuente de datos. (CEDEX, 2024)

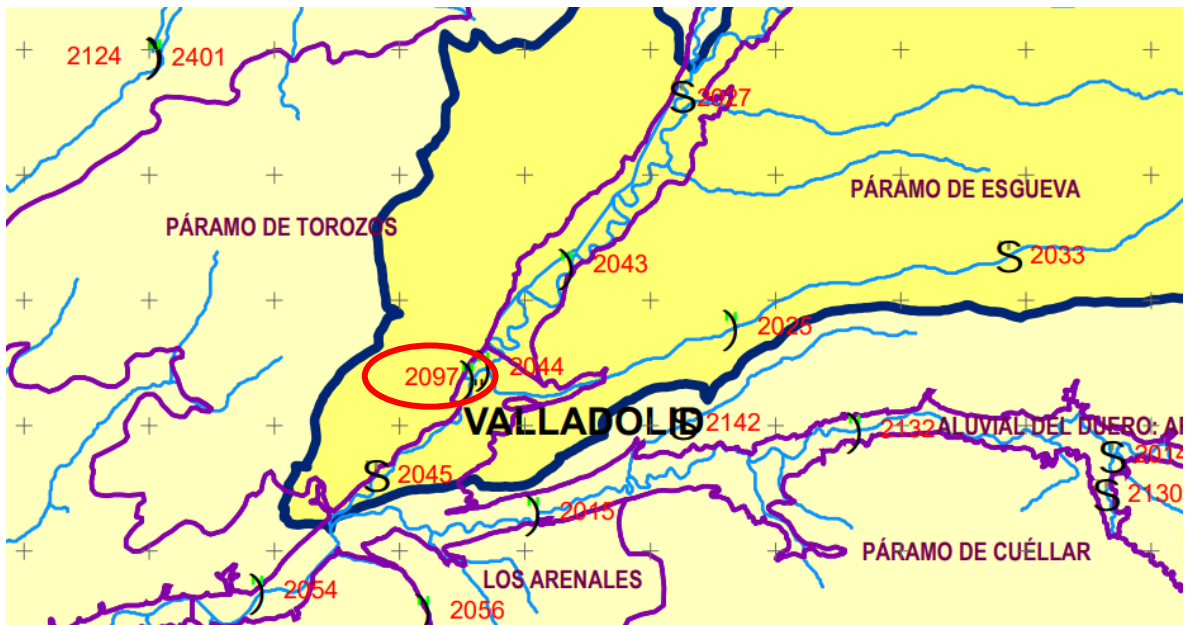


Ilustración 22. Ubicación estación 209. (CEDEX, 2024)

Los datos estudiados del río Pisuerga y recogidos con un seguimiento y estudio diario empiezan en 1969 y se han publicado hasta 2020. En la gráfica inferior se puede ver los caudales aportados a lo largo de estos años y la media que gira en torno a los 2000 Hm<sup>3</sup> anuales.

Estación de Aforo: 2097 Río Pisuegra en Valladolid-Pisuegra

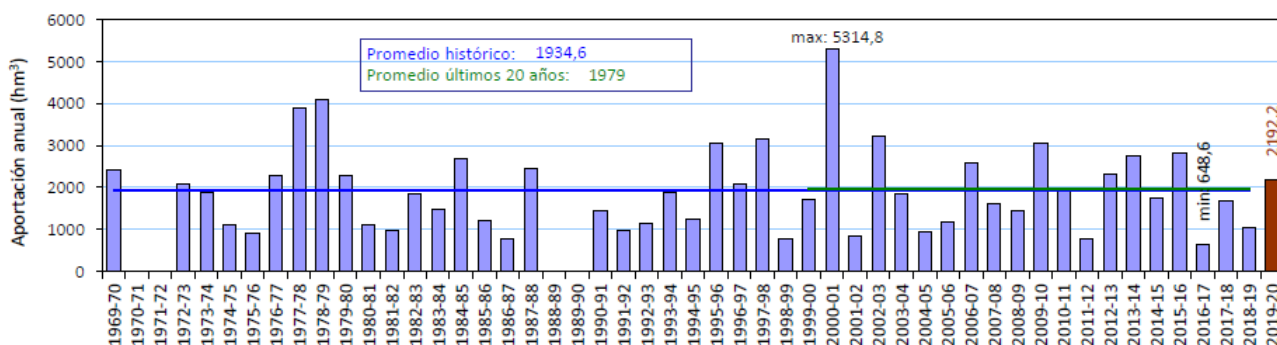


Ilustración 23. Diagrama de los caudales de los últimos 50 años. (CEDEX, 2024)

Más detalladamente, los datos límite que debe soportar la plataforma se han realizado en base a dos gráficas para poder ver de una manera visual cuales son los valores críticos en cada caso.

En cuanto a los valores de caudales máximos medios diarios, el mayor es el mes de marzo, en concreto en el año 2019.

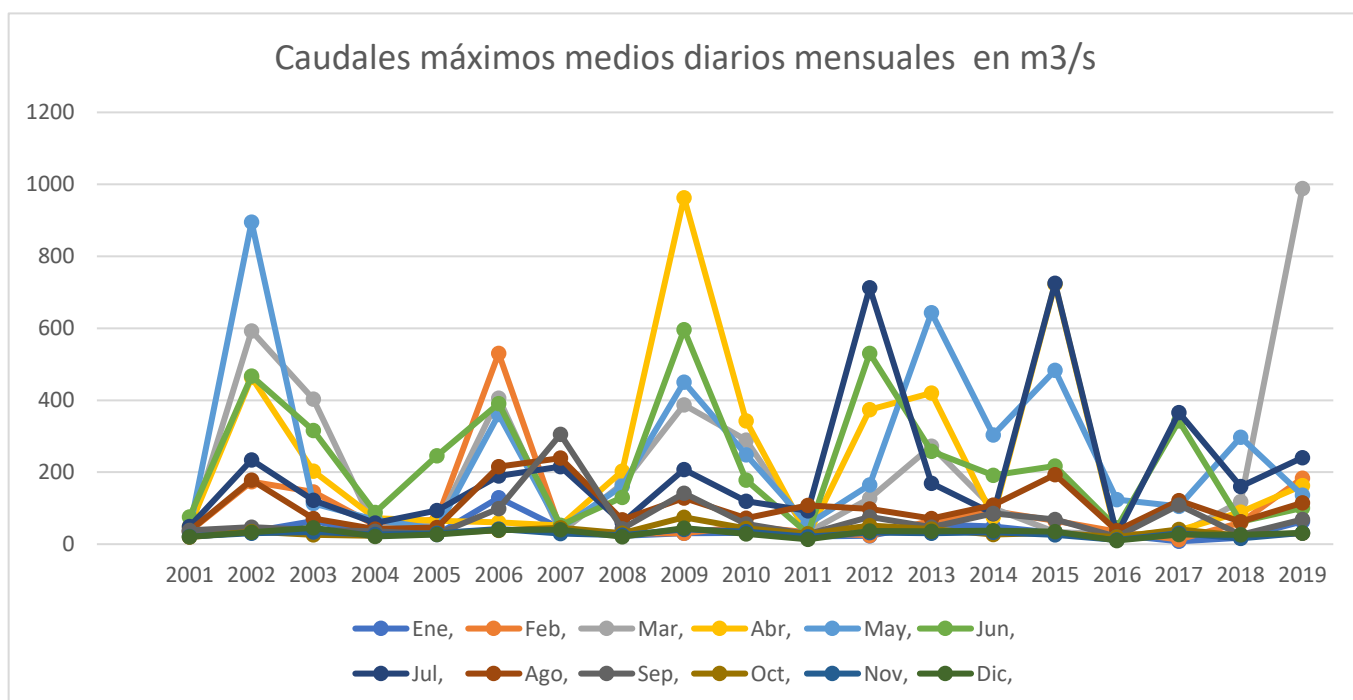


Ilustración 24. Caudales máximos medios diarios mensuales en m³/s. Elaboración propia

Posteriormente, en la gráfica inferior se puede observar los datos sobre las alturas que alcanza el río. Aunque el valor más elevado que se ha recogido es de 7 metros en el 2001, los pilotes tendrán una altura de 3 metros por lo que no se recomienda el uso de la plataforma cuando haya crecidas extraordinarias.

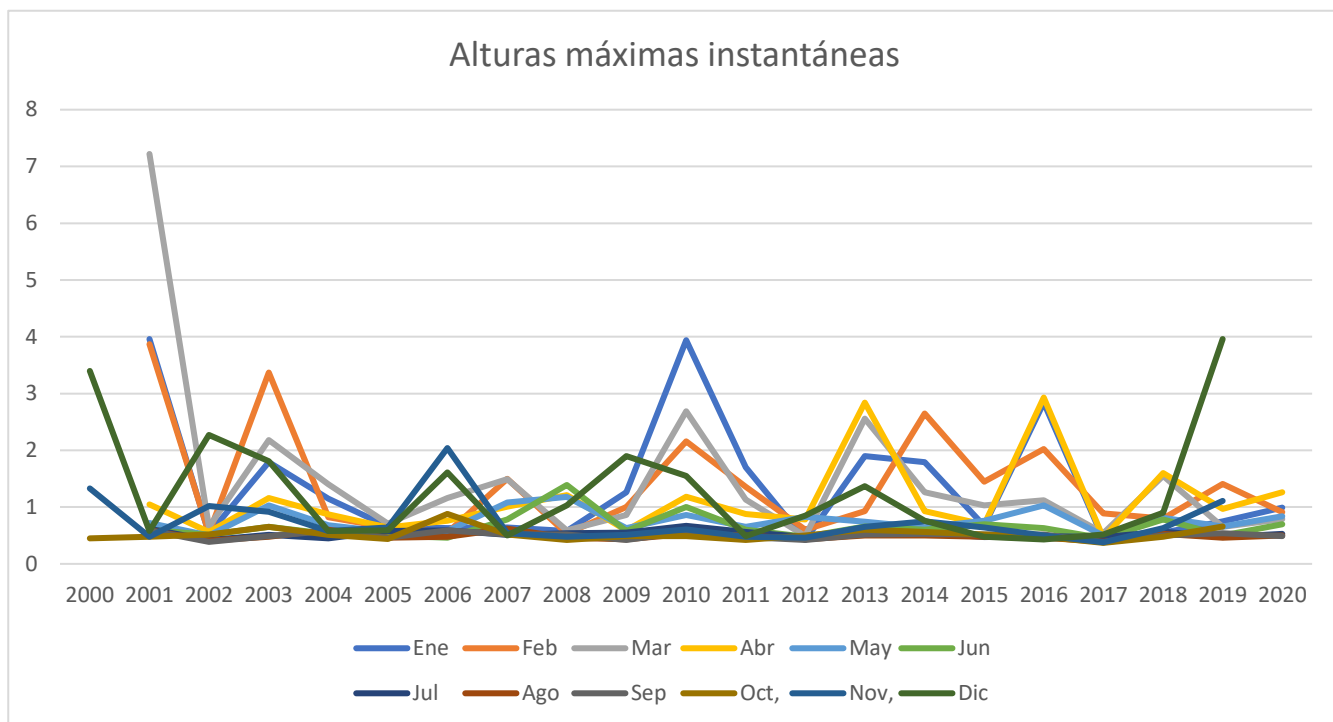


Ilustración 25. Alturas máximas instantáneas

En conclusión, después de realizar este estudio sobre los caudales medios y alturas máximas, se puede sacar los valores críticos que se van a necesitar para los posteriores estudios de resistencia a la corriente, y la altura que deberán tener los pilotes de anclaje por las posibles crecidas que tenga el río.

La corriente máxima que se debe soportar viene dada por el valor de 1000.0 m<sup>3</sup>/s que es el valor correspondiente a la crecida de 2019.

Los pilotes sobrepasarán el nivel de la superficie del río 3 metros, de esta manera se asegurará que la plataforma no sufra ningún daño para condiciones normales de caudal. Para la elección de esta medida también se ha tenido en cuenta la instalación previa del embarcadero de la Leyenda del Pisuerga que ronda los 2 metros de altura.

### 3.4. Fenómenos históricos

El 4 de febrero de 1636 la abundancia de lluvias y el rápido deshielo provocaron una gran crecida que duró unas 48 h donde las aguas llegaron a la baranda del Puente Mayor y la ruina de unos 800 edificios. En 1739 los días 5 y 6 de diciembre también hubo una gran crecida dejando a los pueblos de Zaratán, Cigüeñuela y Villanubla inaccesibles. (Vallisoletvm, 2024)

En 25 de febrero de 1788 se elevó el caudal del río de tal forma que en tres horas el agua llegó a las calles.

En siglo XX la ciudad tuvo dos crecidas importantes rebasando por 8 metros la altura habitual del río y se llegó de alcanzar un caudal de 1400m<sup>3</sup>.



*Ilustración 26. Crecida siglo XX. (Vallisoletvm, 2024)*

En los últimos 25 años ha habido tres grandes crecidas, la primera en 2001 donde hubo una sucesión de continuas borrascas y frentes atlánticos. Desde octubre hasta marzo las precipitaciones medias se habían superado con creces y añadiendo el factor de la nieve, la tierra no fue capaz de absorber todo el agua y los ríos ya crecidos empezaron a desbordarse.



Ilustración 27. Crecida 2001. (Vallisoletvm, 2024).

La segunda fue en enero de 2010 donde el río marco un registro de 1.200 m<sup>3</sup>/s que es doce veces su nivel habitual llegando a tapar casi por completo los ojos del Puente Mayor.



Ilustración 28. Crecida 2010 (Vallisoletvm, 2024)

Por último, el 22 de diciembre de 2019 después de un diciembre muy lluvioso y dos potentes borrascas hicieron aumentar considerablemente el caudal del Pisuerga, provocando que llegase a 1200 m<sup>3</sup>/s



*Ilustración 29. Crecida 2019. (Vallisoletvm, 2024)*





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# 4. Diseño final

El modelo consta de dos partes principales: la primera está formada por el pantalán flotante y la segunda formada por el revestimiento decorativo a modo de barandilla.

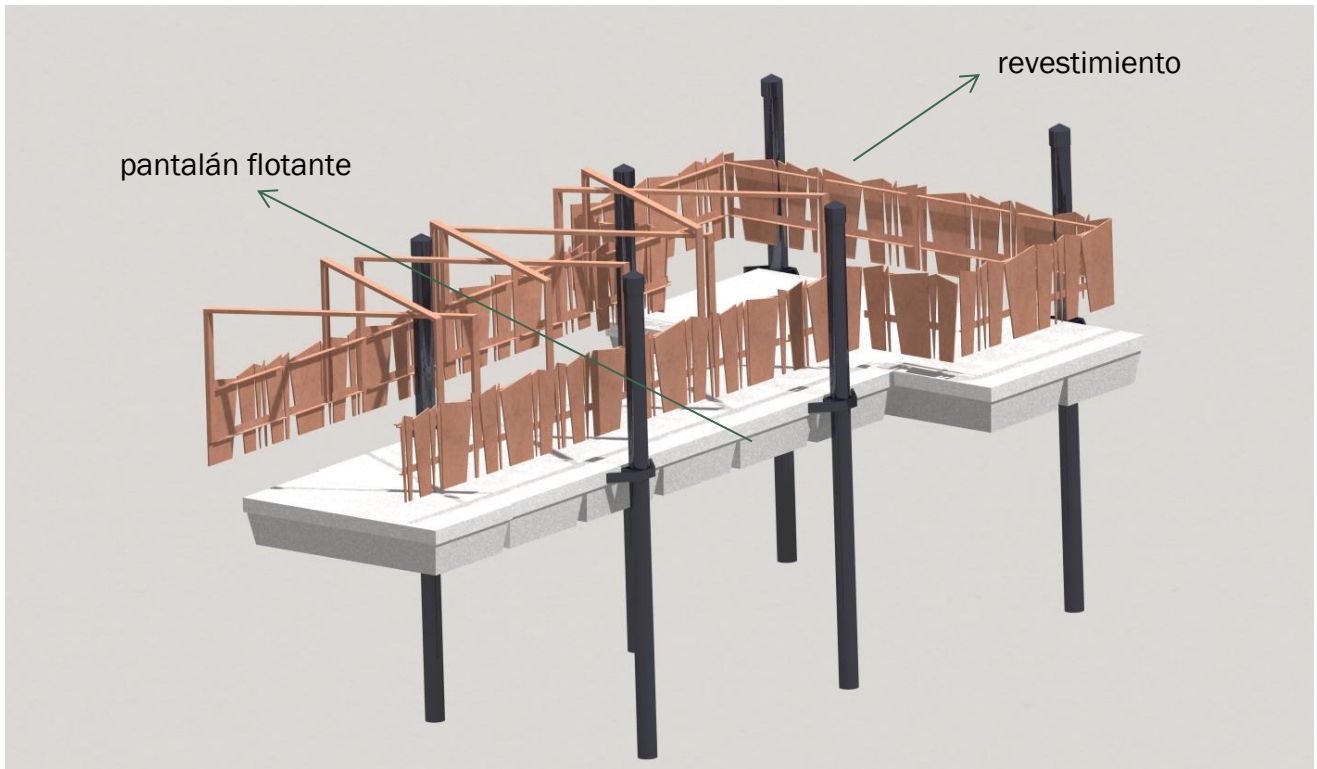


Ilustración 30. Partes principales. Elaboración propia

## 4.1. Pantalán

El pantalán flotante está constituido por 10 módulos prefabricados de 2,5 metros de largo y 5 metros de ancho que se fabricará en hormigón marítimo que dotará de mucha robustez a la plataforma y así facilitará que la gente pueda desplazarse con seguridad.

La plataforma también contará con seis pilotes y sus correspondientes anillas para permitir que la plataforma suba o baje (bascule) dependiendo del caudal del río en cada momento. Los pilotes están fabricados en acero y también son elementos prefabricados.

Para el diseño del revestimiento se han fabricado cinco piezas de forma trapezoidal que se unirán formando tres módulos de combinaciones diferentes. Estos módulos se fabricarán y montarán en origen, antes del transporte y el montaje *in situ*. Estos módulos miden 2,5 metros de ancho al igual que los

módulos del pantalán y están pensados para que se puedan colocar indistintamente.

Cada módulo, como se ha mencionado anteriormente, está formado por una combinación de las cinco piezas diseñadas y una barandilla que encaja con las piezas. Además, se le añadirá un perfil que actuará como unión entre el revestimiento y el pantalán.

#### 4.1.1. Cálculo del pantalán

Para realizar el cálculo de estructuras lo primero que hemos realizado es una tabla con los diferentes pesos de las piezas de revestimiento.

	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	Pieza 5	Barandilla 1	Barandilla 2	Barandilla 3	Techo	
kg/pieza	75,42	39,174	11,23	15,902	8,263	12,472	14,567	12,534	96,831	Peso total
Módulo 1	1	2	1		1	1			1	234,14
Módulo 2	1	1	1	2	2		1		1	237,13
Módulo 3	1	2	1		1			1	1	234,20

Tabla 1. Pesos de las piezas.

Como se puede observar en la tabla el módulo que más pesa es el módulo 2, en el peor de los casos el módulo de la plataforma tendría que soportar 2 veces el peso del módulo 2 lo que conllevaría soportar una carga de 474,26 kg.

Debido a que la plataforma flotante puede aguantar una sobrecarga de 4 KN/m<sup>2</sup> como se indica en las especificaciones del producto y cada módulo tiene una superficie de 12,5 m<sup>2</sup>, es decir cada módulo soporta una carga de 50 KN.

Cálculos:

- Superficie de cada módulo unitario

$$2,5m \times 5m = 12,5 m^2$$

- KN que puede soportar cada módulo

$$12,5m^2 \times \frac{4 KN}{1m^2} = 50 KN$$

- Peso del conjunto de los dos módulos de revestimiento

$$474,26 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 4647,7 \text{ N} = 4,647 \text{ KN}$$

Como se puede observar el módulo flotante puede soportar perfectamente el peso del revestimiento y a un amplio número de personas.

## 4.2. Revestimiento

El revestimiento cuenta a su vez de dos partes diferenciadas. La primera que está constituida por una serie de módulos compuestos por 5 y 8 piezas y la segunda que está formado por una estructura con forma de arco que proveerá a la estructura de iluminación cuando sea necesario.

### 4.2.1. Módulos

La estructura decorativa está formada por 3 módulos diferentes y a su vez cada módulo está formado por diferentes combinaciones de las 5 piezas en acero Corten. Estas piezas son huecas y están construidas por una chapa de 3 mm de espesor consiguiendo una gran rigidez y ligereza. Las piezas miden 1800 mm de los cuales 360 mm van sumergidos en el agua. La altura de la barandilla es de 1,1 m según el Código Técnico de la Edificación (CTE) - DB-SUA

A continuación, se muestra las 5 piezas diferentes que se han diseñado para la barandilla exterior. Estas cinco piezas se combinan formando módulos de cuatro o cinco piezas.



Ilustración 31. Pieza 1. Elaboración propia



Ilustración 32. Pieza 2. Elaboración propia



Ilustración 33. Pieza 3. Elaboración propia



Ilustración 34. Pieza 4. Elaboración propia



Ilustración 35. Pieza 5. Elaboración propia

A este conjunto de piezas se le añade una barandilla a modo de pasamanos. Se han diseñado tres barandillas diferentes, cada una de estas barandillas encaja con su respectivo módulo de piezas. Estas medidas permiten que encajen con cualquier configuración de módulos facilitando el montaje y futuros reemplazos a lo largo de la vida útil. La modularidad de los diferentes conjuntos permiten que cada montaje pueda ser único.



Ilustración 32. Módulo 1. Elaboración propia



Ilustración 33. Módulo 2. Elaboración propia



*Ilustración 34. Módulo 3. Elaboración propia*

#### 4.2.2. Estructura superior

La estructura superior está formada por siete arcos cuadrados colocados a lo largo de la pasarela, cuya función principal es la iluminación de la pasarela y la estética del conjunto.





Ilustración 35. Piezas estructura superior. Elaboración propia

### 4.3. Sistema de anclaje

El sistema de anclaje que se va a realizar para este proyecto es un sistema basado en pilotes. Estos pilotes se fijan en el fondo del río y sirven para impedir el movimiento del pantalán por la corriente transversal. Además, gracias a las anillas que los rodean, la plataforma puede variar su altitud dependiendo del caudal del río.

En definitiva, es un sistema de anclaje que optimiza el aprovechamiento de la lámina del agua y consigue que los desplazamientos horizontales sean prácticamente inexistentes y al mismo tiempo que la libertad de movimiento en sentido vertical absorbe las oscilaciones de las crecidas del medio.

El método de cálculo empleado para calcular la profundidad de la hinca de los pilotes se basa en determinar que profundidad es necesaria para que el terreno resista a rotura por tiro horizontal.

#### 4.3.1. Método de montaje

El método de montaje de esta estructura de anclaje se hace a través de la hinca de pilotes, el método más utilizado es por impacto, en el cual se introduce el pilote en el terreno por una sucesión de golpes en su cabeza, con equipos denominados martinetes o martillos.

El martinete o martillo se suspende de un cable y desliza por unas guías que hacen la función de gemelas. Existen dos variedades, las que se izan con un cabrestante con embrague, que experimentan cierto frenado por rozamientos y la inercia del cabrestante; y las de escape en la propia maza, siendo estas últimas las que mayor control de energía proporciona por la ausencia de rozamientos del cabrestante.



Ilustración 36: Máquina para hincas de pilotes. (Lindley, 2024)

En el caso más específico de la hincas de pilotes marinos, se necesita una plataforma de pilotaje que es transportada a la obra por módulos en un camión. Una vez que se llega a la zona de montaje, los módulos se montan y colocan en el agua por medio de una grúa y se procede al montaje de la torre.

Los tubos metálicos para los pilotes se descargan junto al agua permitiendo así la colocación progresiva para la plataforma flotante.

Finalmente, la hincas de los pilotes se realiza siguiendo un programa de topografía y alineamiento con la torre para garantizar su posición y verticalidad. La incrustación en los suelos se realiza con un martillo de caída libre. Al final de la fijación, la parte superior del pilote se corta según la cota de coronamiento, cota que se determinará a partir de los estudios de topografía y alineamiento mencionados anteriormente.



Ilustración 37. Hinca de pilotes. (Lindley, 2024)

## 4.4. Dimensiones generales

La superficie de la plataforma es de 125 m<sup>2</sup>. Tiene una longitud de 20 metros del largo y 5 de ancho, permitiendo un fácil uso y desplazamiento de las personas.

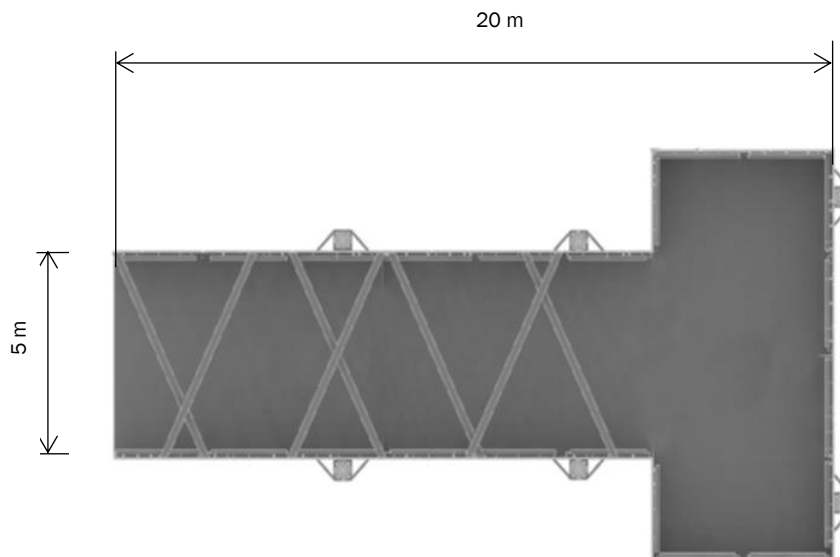


Ilustración 38. Dimensiones generales. Elaboración propia

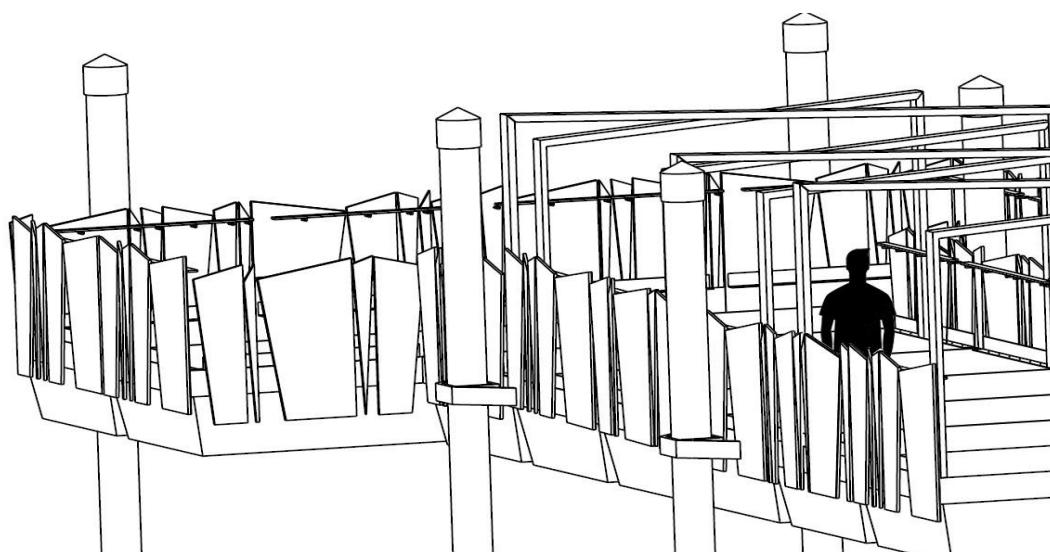


Ilustración 39. Dimensiones generales 2. Elaboración propia.

## 4.5. Materiales

Para la realización de este proyecto se van a utilizar diversos materiales:

Para la construcción de la estructura pantalán se va a utilizar como material principal el hormigón marítimo con una densidad de  $2500 \text{ kg/m}^3$  estanco y reforzado con una malla de acero galvanizado. Además, el núcleo se utilizará poliestireno expandido. Para el recubrimiento del suelo se va a utilizar madera de pino nórdico.

Los pilotes de anclaje están hechos en acero de calidad X50(“MOVA”) con un espesor de 10 mm, el acero es un material óptimo para la utilización ya que soporta estar sumergido y el contacto con el agua.

Para la estructura decorativa se va a utilizar acero Corten que es resistente a las condiciones atmosféricas y a numerosos entornos corrosivos.

### 4.5.1. Hormigón

El hormigón es uno de los materiales más utilizados en la construcción marítima y fluvial. Su uso normalmente es como hormigón armado o reforzado, es decir, un material usado con fines estructurales tanto en muelles fijos como en pantalanes flotantes que tiene una estructura interior de acero. Hay ocasiones en las que se usa hormigón sin reforzar, pero suele ser para acabados superficiales de la obra. (Ferroviál, 2022)

Durante el último siglo se han desarrollado muchos tipos de hormigones, en especial los hormigones “especiales” en los que podemos incluir

hormigones como los de alta resistencia, pesados, ligeros, porosos o reforzados con fibras.

Para la realización de este proyecto se seleccionó este material porque permite la construcción del pantalán de hasta 5 metros de ancho. Además, la resistencia que ofrece este material, la trabajabilidad y el bajo coste hace que sea un material dominante en el mercado actual.

Algunas de sus características mecánicas son (Civilgeeks, 2024):

- Densidad: en torno a  $2350 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a la compresión: de  $150$  a  $500 \text{ kg/cm}^2$  ( $15$  a  $50 \text{ MPa}$ ) para el hormigón ordinario.
- Resistencia a la tracción: proporcionalmente baja, generalmente despreciable en el cálculo global, del orden de un décimo de la resistencia a la compresión.



Ilustración 40. Hormigón (Freepik, 2024)

#### 4.5.2. Acero

En obras marítimas se puede encontrar casi exclusivamente dos tipos de acero. (Kuzu, 2023)

##### Acero galvanizado

Este tipo de acero está recubierto con una capa de zinc para protegerlo contra la corrosión que se realiza por inmersión en caliente o la electrogalvanización

El zinc actúa como capa protectora ya que es más reactivo que el hierro y por lo tanto se oxida primero cuando entra en contacto con la humedad. Esto previene la aparición de óxido en el acero prolongando su vida útil.

Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado para la realización de las anillas de los pilotes de anclaje.



Ilustración 41. Acero galvanizado. (DIPAC, 2024)

##### Acero inoxidable

Este acero contiene cromo en su composición. Esta aleación crea una capa pasiva de óxido lo que consigue una alta resistencia a la corrosión y a la oxidación en la mayoría de los entornos.

El cromo reacciona con el oxígeno presente en el agua y crea una capa delgada de óxido que protege al acero. Además del cromo este acero puede contener otros elementos que mejoran sus propiedades químicas y físicas. Debido a sus excelentes propiedades, el acero inoxidable es ampliamente utilizado en una amplia variedad de aplicaciones.

Para la realización del proyecto se ha utilizado este material para la fabricación de los pilotes de anclaje. (Material Mundial, 2024)

- Su resistencia a la tracción oscila entre los 585 MPa
- Su módulo de elasticidad es de 193 GPa
- Dureza Brinell de 201 HBW

- Elongación de hasta un 50%, así como una reducción de área del 50%.



Ilustración 42. Acero inoxidable. (WLD Steel, 2023)

#### 4.5.3. Madera de pino nórdico

La madera de pino nórdico es una madera que crece en el norte de Europa, esta madera se caracteriza por tener una textura uniforme que la hace ideal para aplicaciones de carpintería. Además, es una madera liviana que facilita su manejo y transporte en comparación con algunas maderas más densas. (Puu Info, 2020)

Esta madera tiene una gran estabilidad dimensional, esto quiere decir que si la madera se seca adecuadamente la madera de pino nórdico es muy estable en condiciones de humedad y temperatura.

En este proyecto se va a utilizar este material como revestimiento para la realización del suelo de la plataforma, consiguiendo así un acabado más estético.

Las propiedades mecánicas de la madera de pino nórdico son (Maderame, 2024).

- Resistencia a la compresión: 434 kg/cm<sup>2</sup>.
- Resistencia a flexión estática: 874 kg/cm<sup>2</sup>.
- Módulo de elasticidad: 90.000 kg/cm<sup>2</sup>.
- Coeficiente de contracción volumétrico: 0,44% es una madera medianamente nerviosa.



*Ilustración 43. Madera de pino. (FesMés, 2023)*

#### 4.5.4. Acero Corten

El acero Corten o el acero intemperie es un tipo de acero aleado que se caracteriza por su capacidad para desarrollar capa superficial de óxido que actúa como barrera protectora contra la corrosión atmosférica sin recubrimientos protectores. (COR-TEN, 2024)

Una de sus principales características, como se ha mencionado anteriormente, la resistencia a la corrosión atmosférica, pero una de las singularidades de este acero es su aplicación estética ya que el óxido superficial que forma es de un marrón oxidado que aprecia por su belleza natural y aspecto rústico.

Debido a sus propiedades de resistencia a la corrosión y a su aspecto estético, el acero Corten se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, que incluyen arquitectura paisajística, construcción de edificios, puentes, recipientes para transporte de carga, esculturas al aire libre, y más.



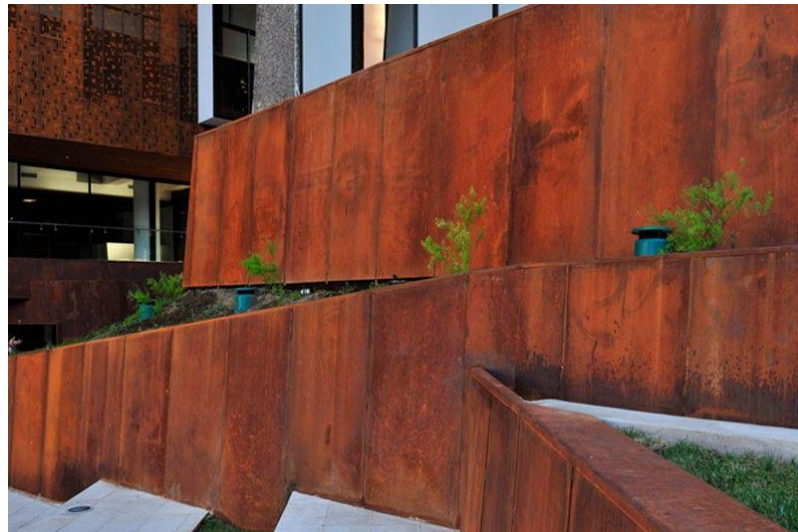


Ilustración 44. Acero Corten. (ACEROpanel, 2023)

## 4.6. Resultado final



Ilustración 45. Render 1. Elaboración propia



Ilustración 46. Render 2. Elaboración propia

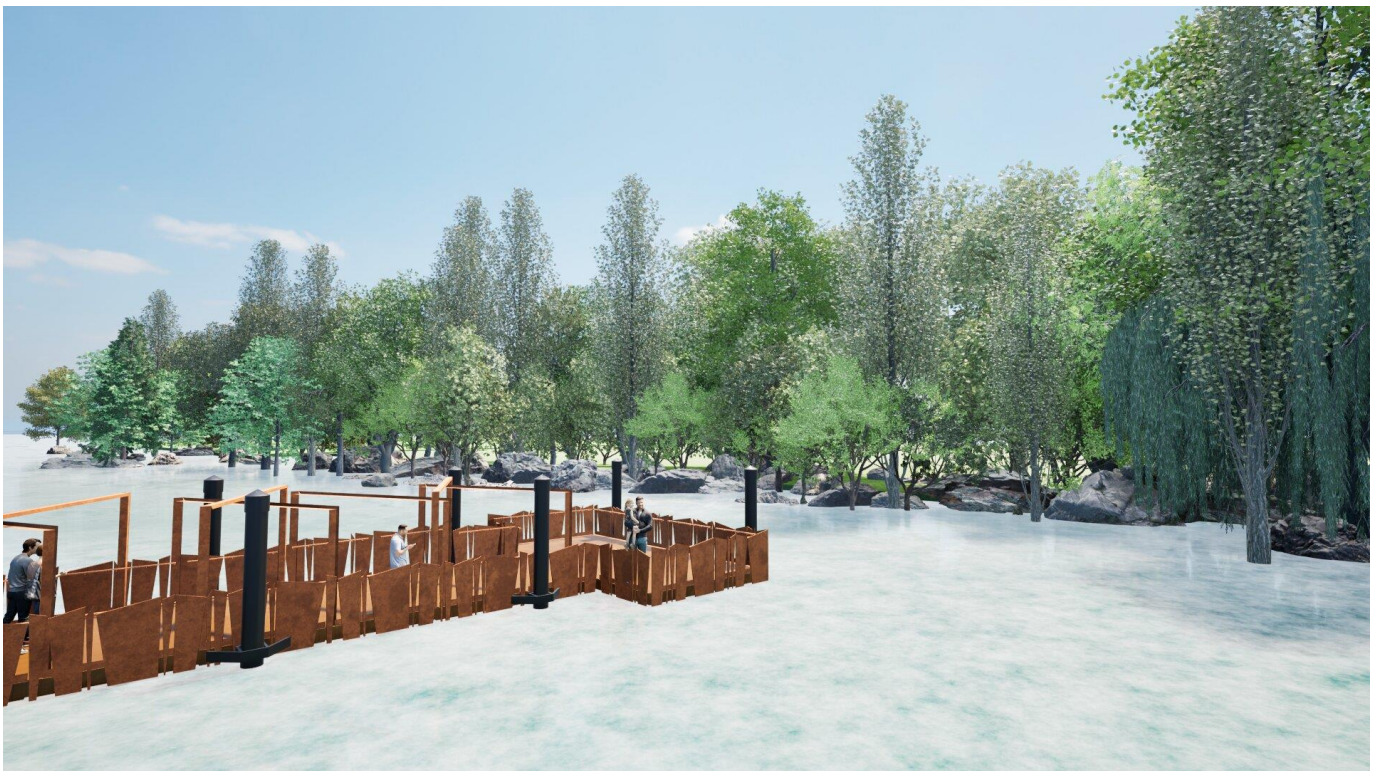


Ilustración 47. Render 3. Elaboración propia

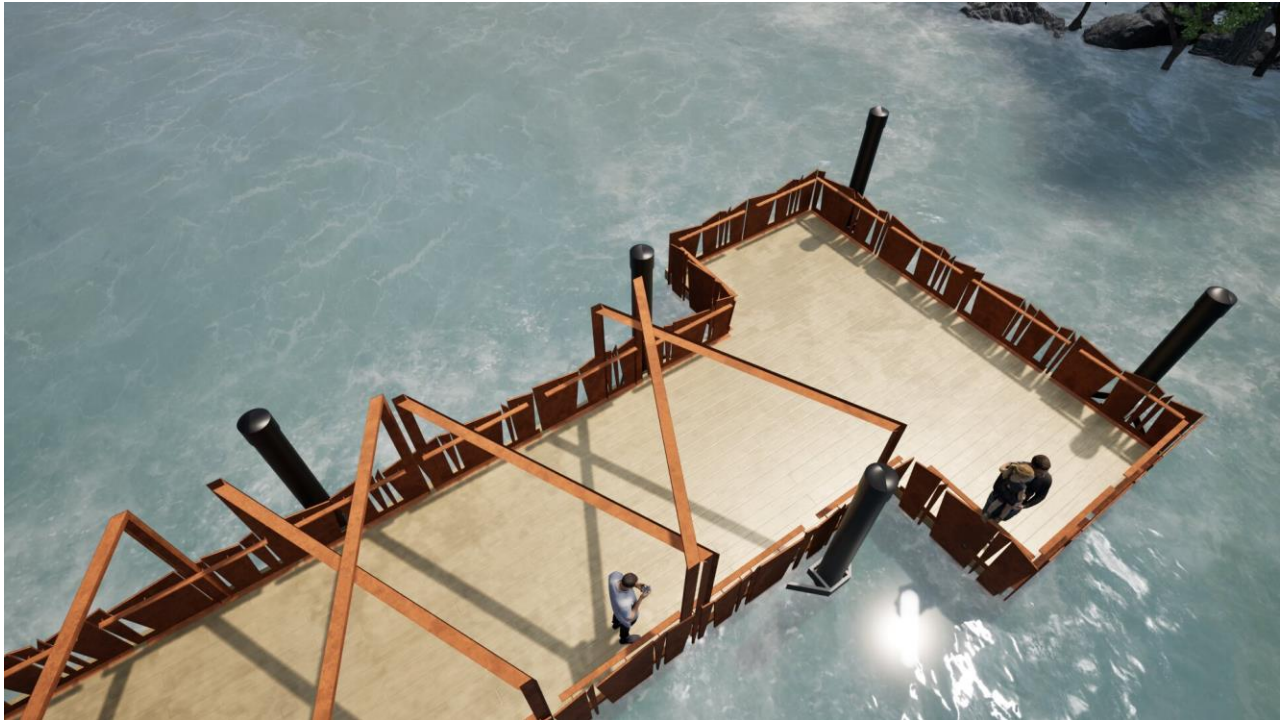


Ilustración 48. Render 4. Elaboración propia



Ilustración 49. Render 5. Elaboración propia









**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# 5.

## Montaje



Para la realización del montaje de la plataforma se ha intentado simplificar tanto el montaje *in situ* como en montaje en fabricación. Para ello se ha intentado organizar todas las estructuras en módulos.

Los módulos del pantallán son prefabricados y los instalará la empresa que los fabrica al igual que la hinca de los pilotes como sistema de anclaje.

Las piezas que se han diseñado huecas para rebajar de la mayor manera el peso, por lo que las diferentes caras que forman la pieza se soldaran formando una especie de cajón.



Ilustración 50. Pieza sin soldar. Elaboración propia

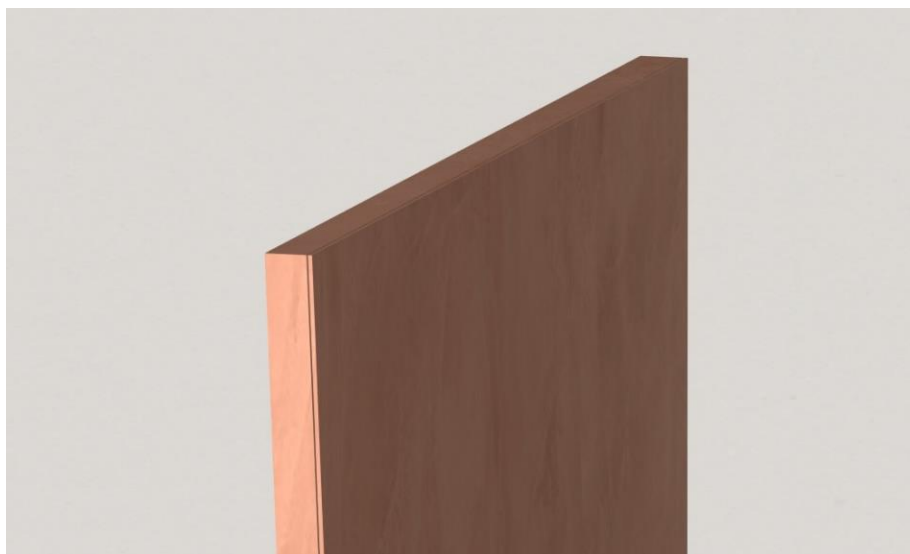
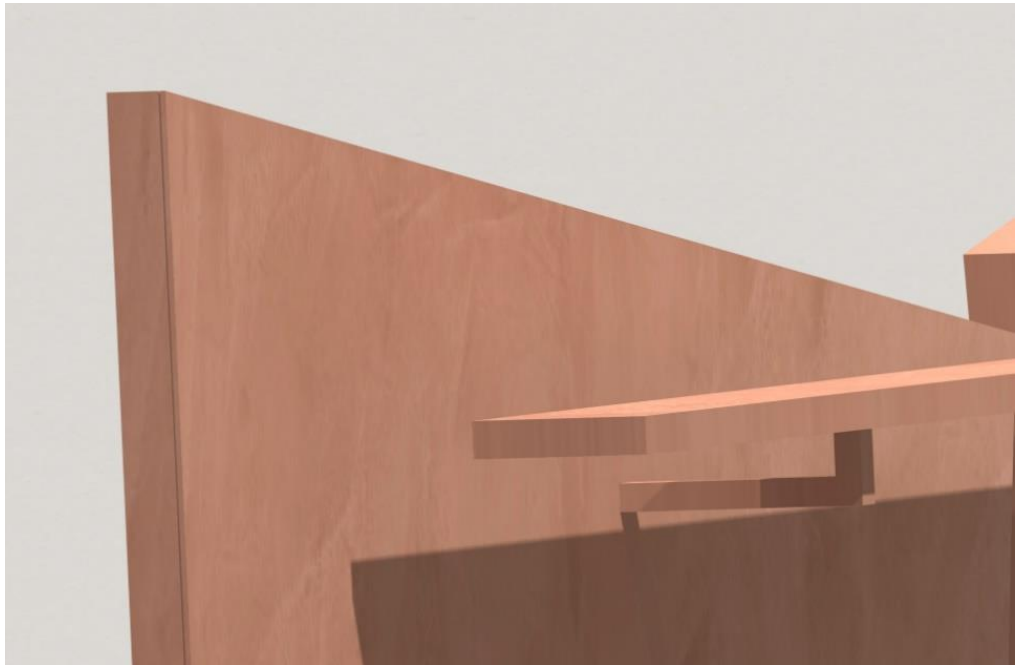


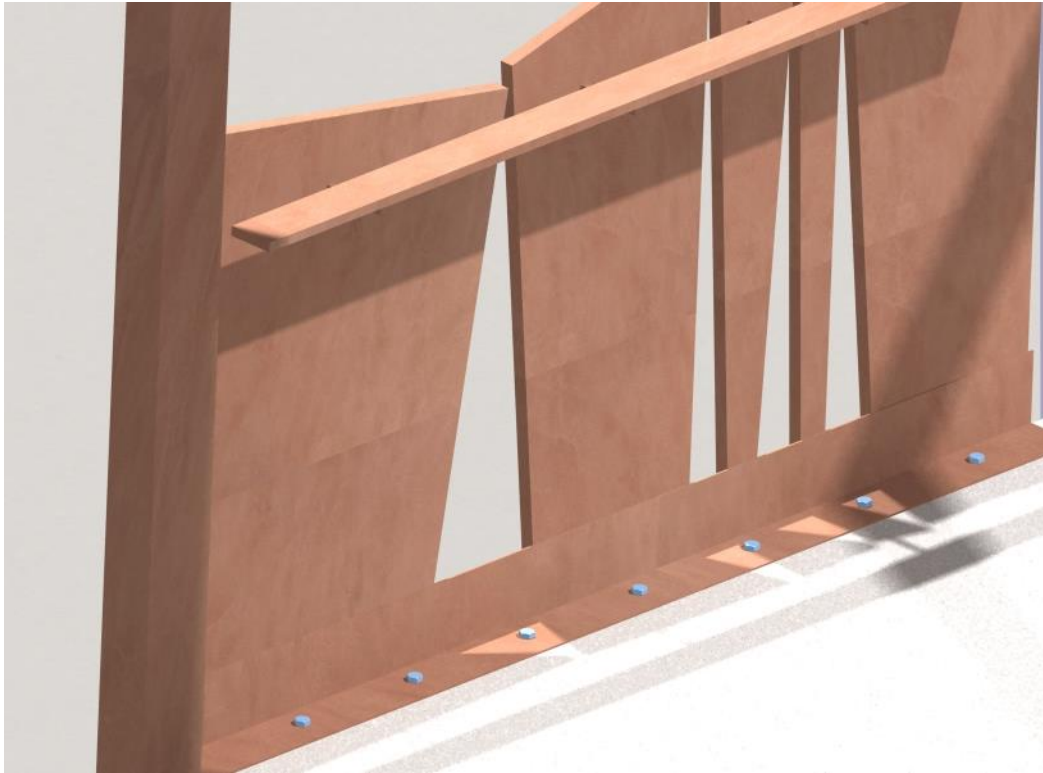
Ilustración 51. Pieza soldada. Elaboración propia.

La barandilla de apoyo se suelda a cada pieza individual a través de un brazo que sale de la barandilla dando unidad al módulo y de esa forma quedarán formado los tres diferentes módulos que se han diseñado.



*Ilustración 52: Barandilla soldada a los módulos. Elaboración propia.*

A esta estructura se le soldará un perfil del mismo material dando más robustez a la estructura cuya función principal será unir el módulo a la estructura flotante. Esta última operación se realizará *in situ* y se realizará a través de una unión atornillada con tornillos inoxidables de M18 que permitirá el montaje y desmontaje de la estructura exterior si hubiera necesidad de cambio o reparación.

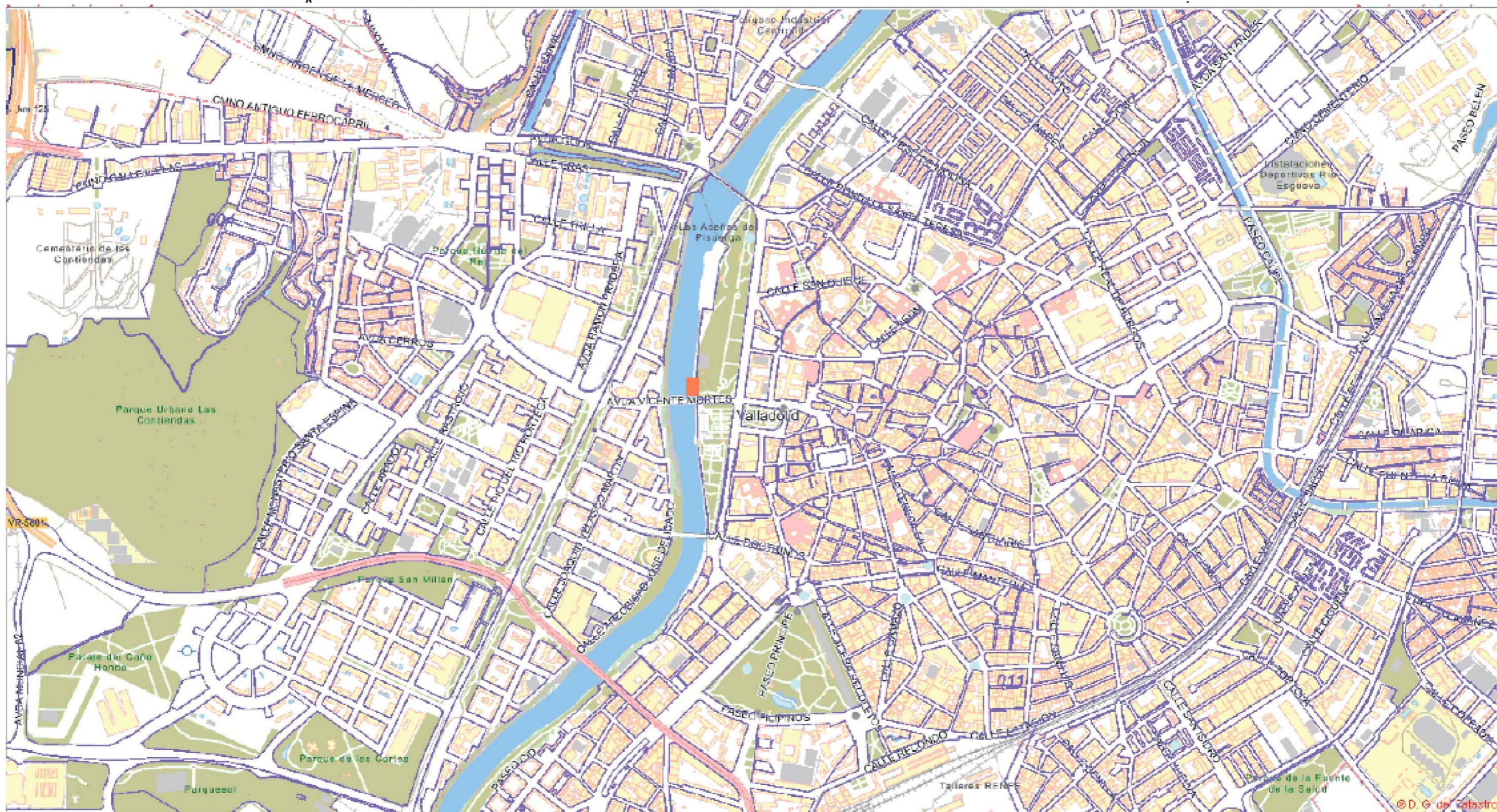


*Ilustración 53. Unión con tronillos de los módulos al pantalán. Elaboración propia.*



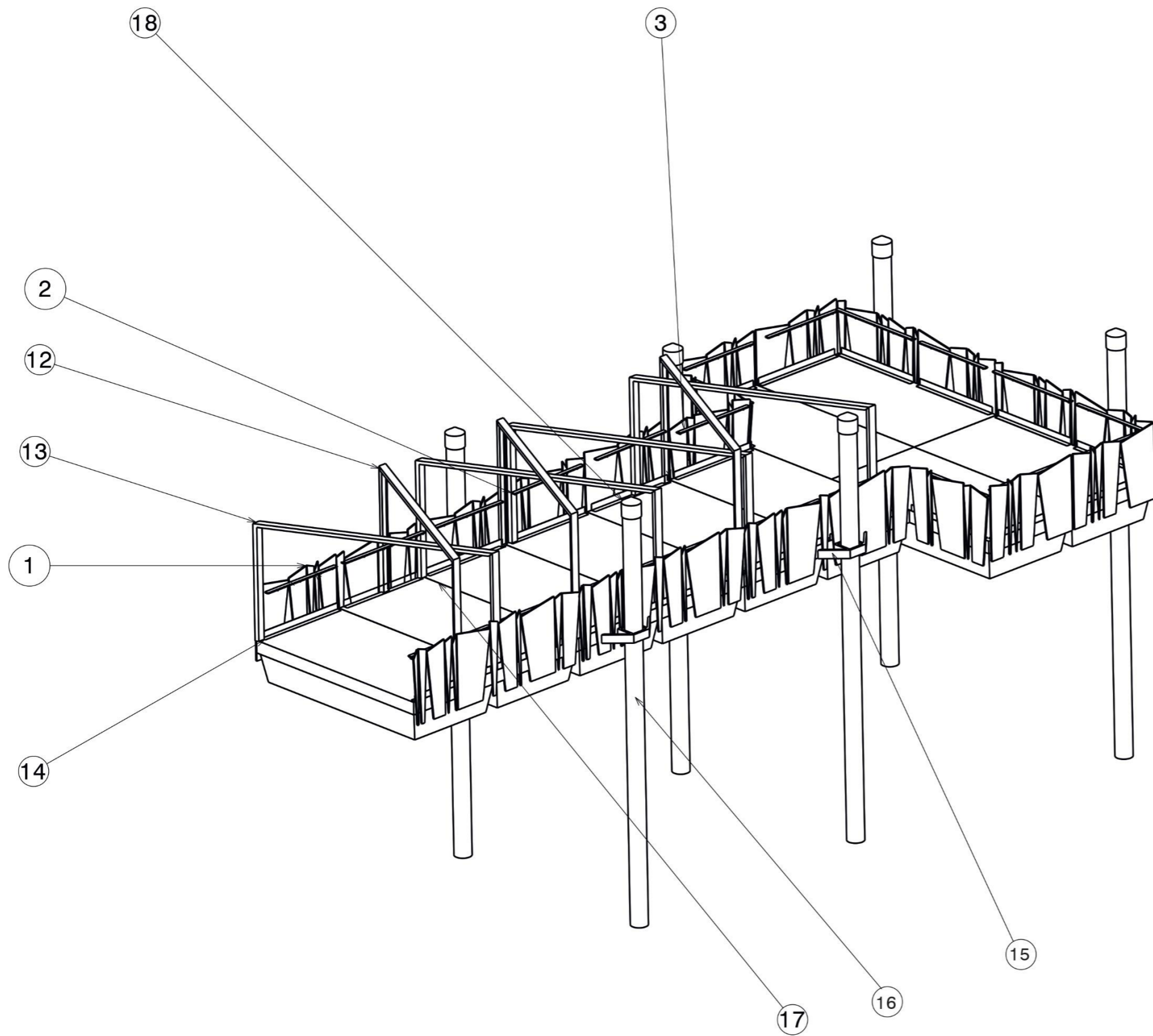
# 6.

## Planos



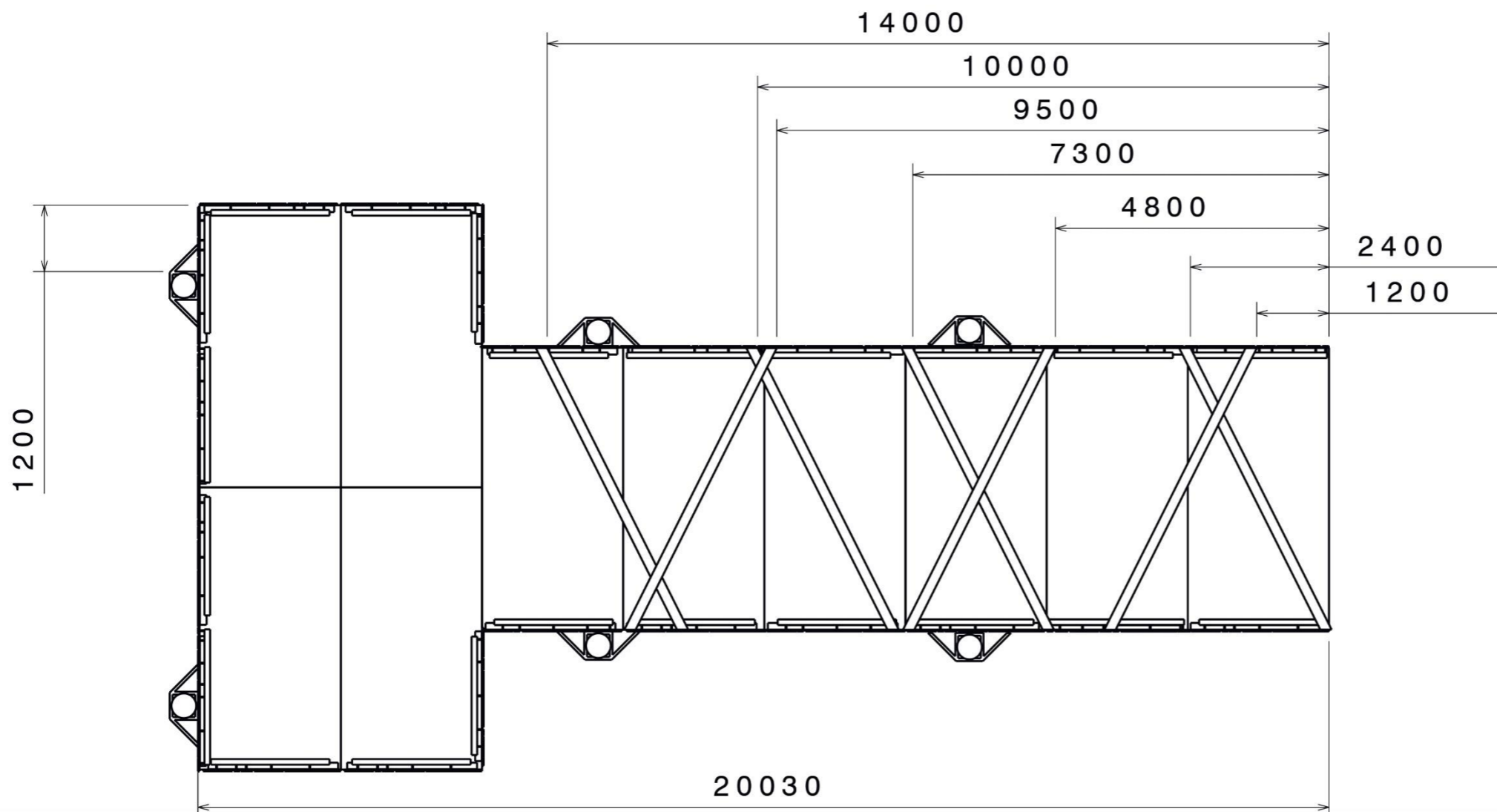
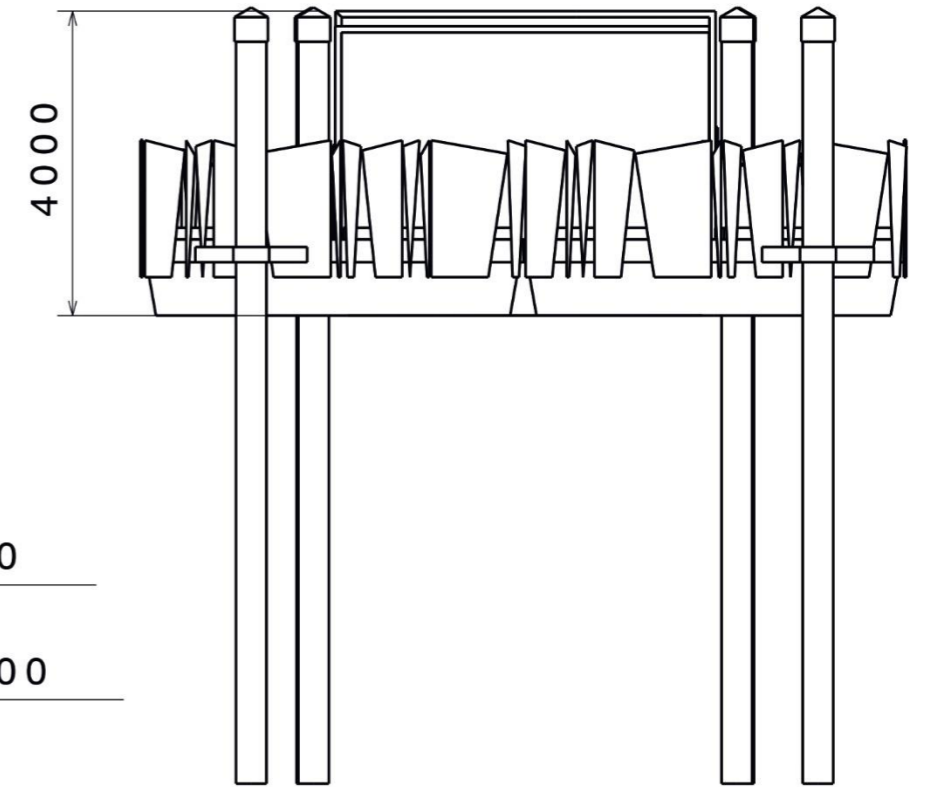
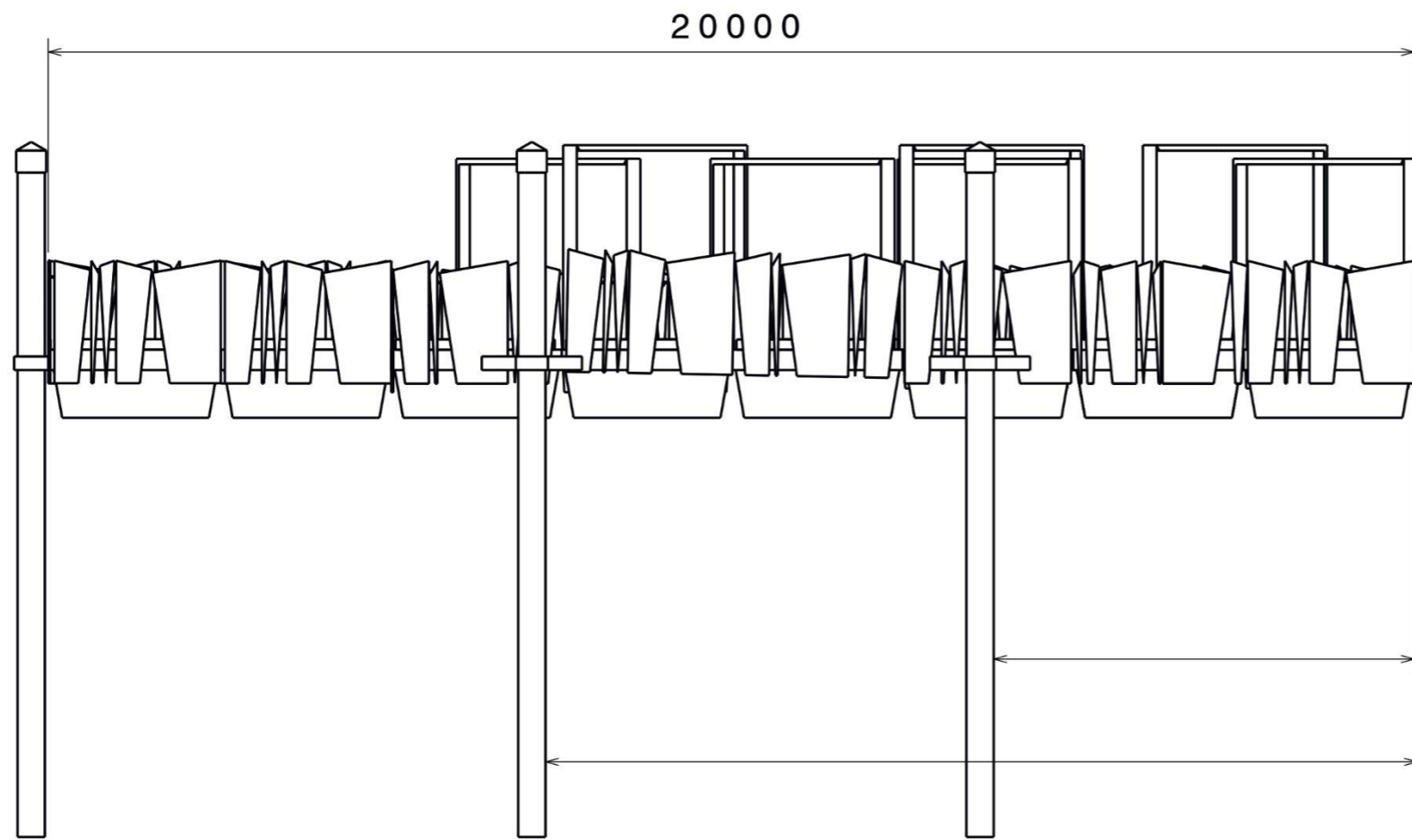
DIN A3	Marca	Nº de Plano 2	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:20.000	Sistema de Protección 	Denominación Plano emplazamiento 2	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	


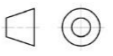




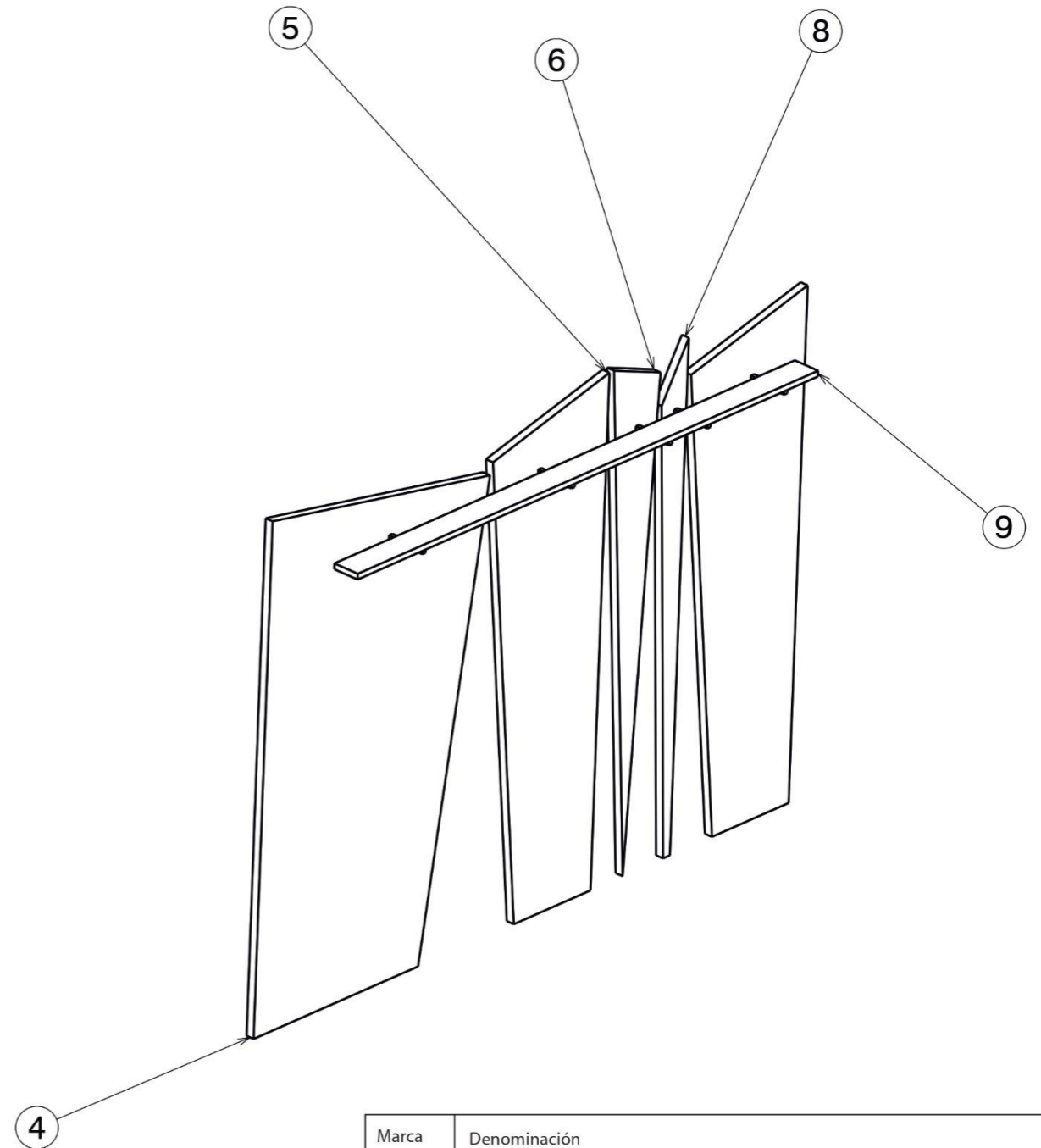
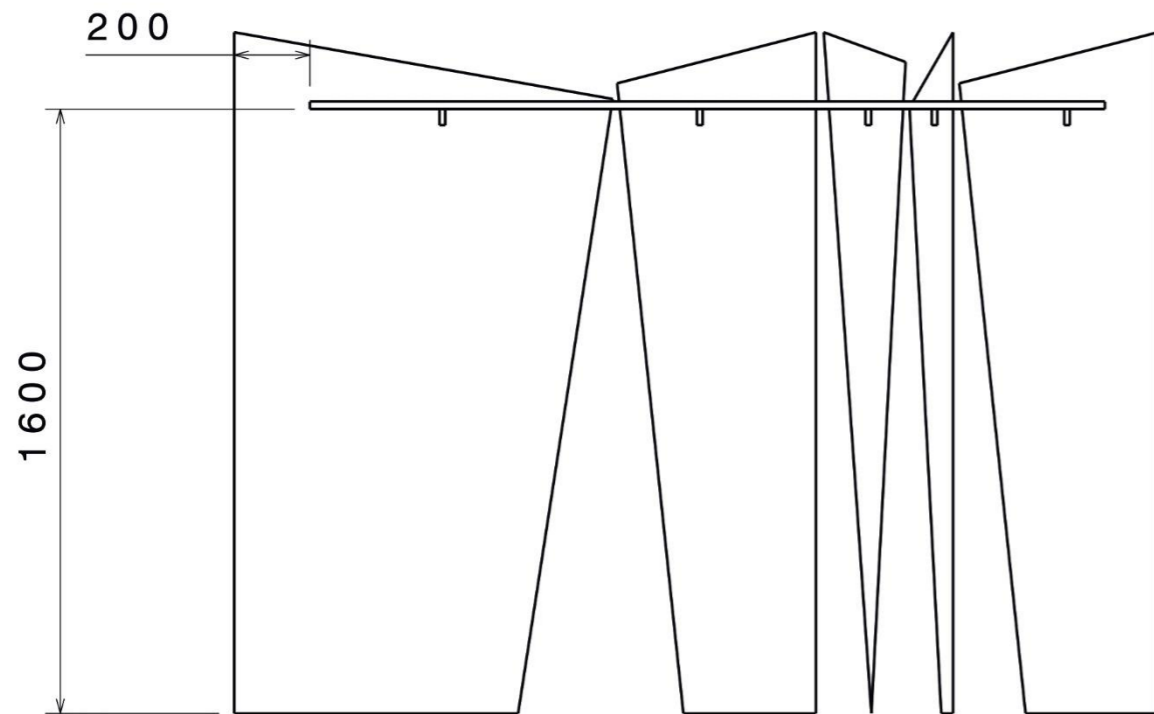
Marca	Denominación	Und.
1	Módulo 1	9
2	Módulo 2	6
3	Módulo 3	7
12	Techo 1	3
13	Techo 2	4
14	Unión	22
15	Anilla para pilote PL 1016	6
16	Pilote (DN 400)	6
17	Pantalán Lindley Hormigón reforzado PFC	10
18	Capucha para pilote 500939	6

DIN A3	Marca	Nº de Plano 4	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:100	Sistema de Protección 	Denominación Conjunto	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	



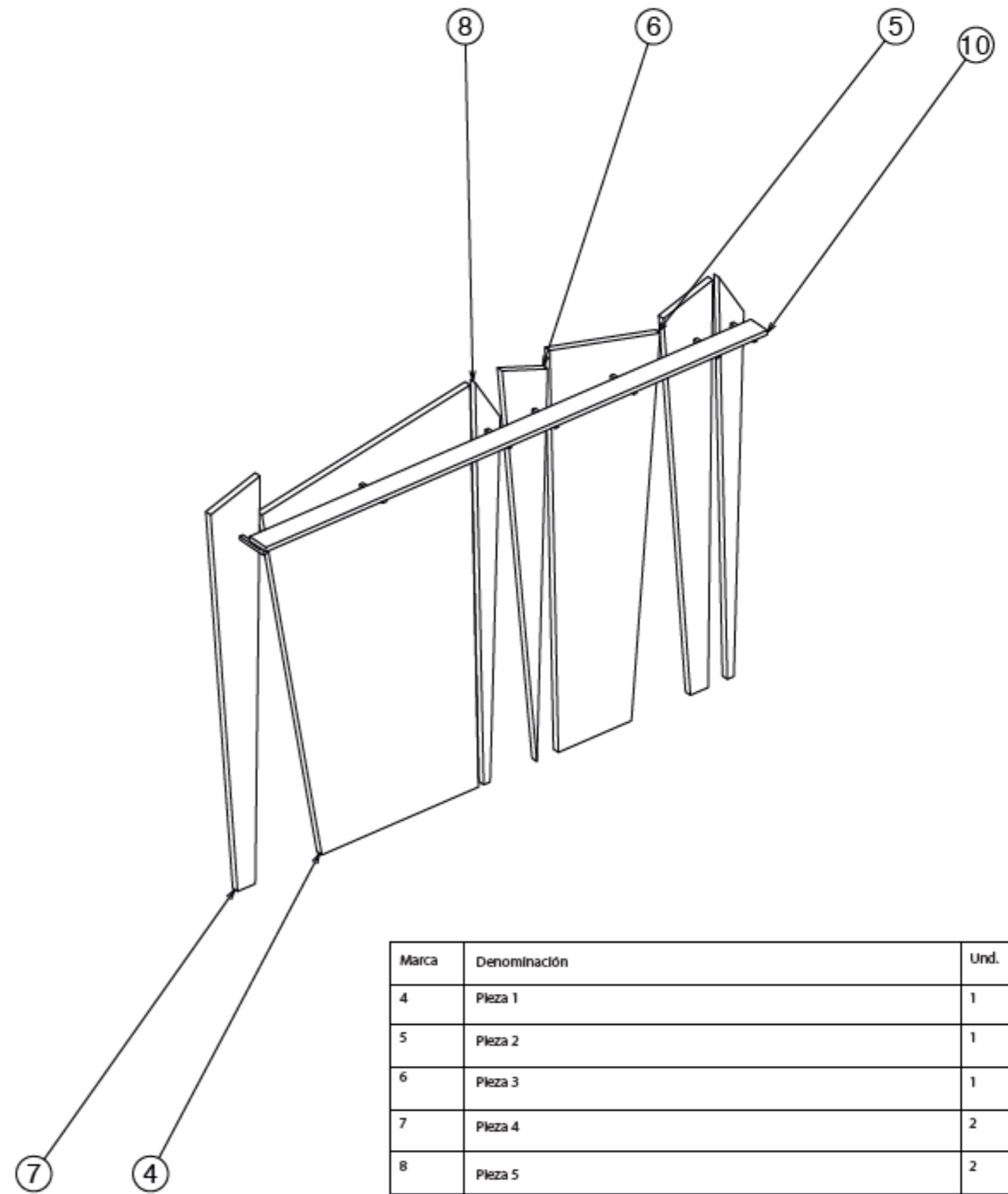
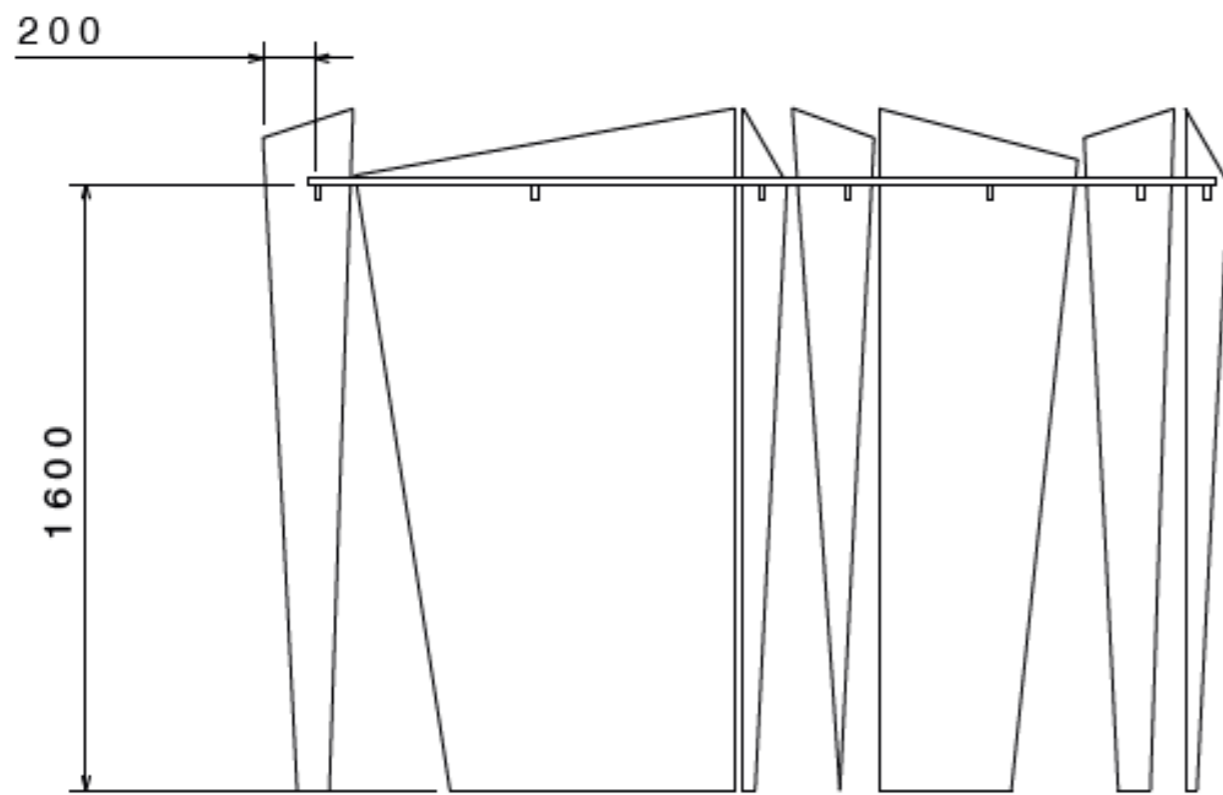
DIN A3	Marca	Nº de Plano 5	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:100	Sistema de Protección 	Denominación Dimensiones generales		Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG





Marca	Denominación	Und.
4	Pieza 1	1
5	Pieza 2	2
6	Pieza 3	1
8	Pieza 5	1
9	Barandilla 1	1

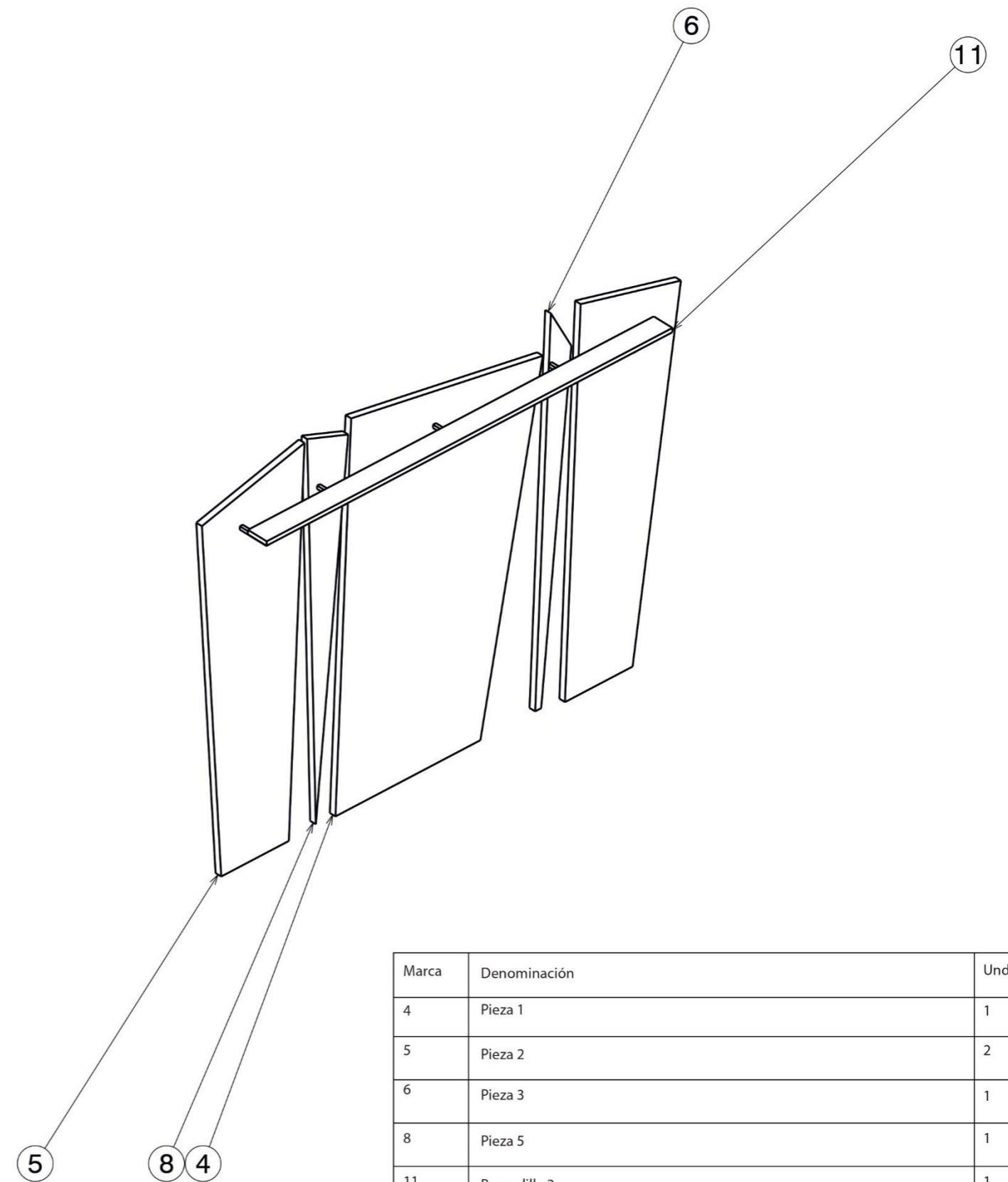
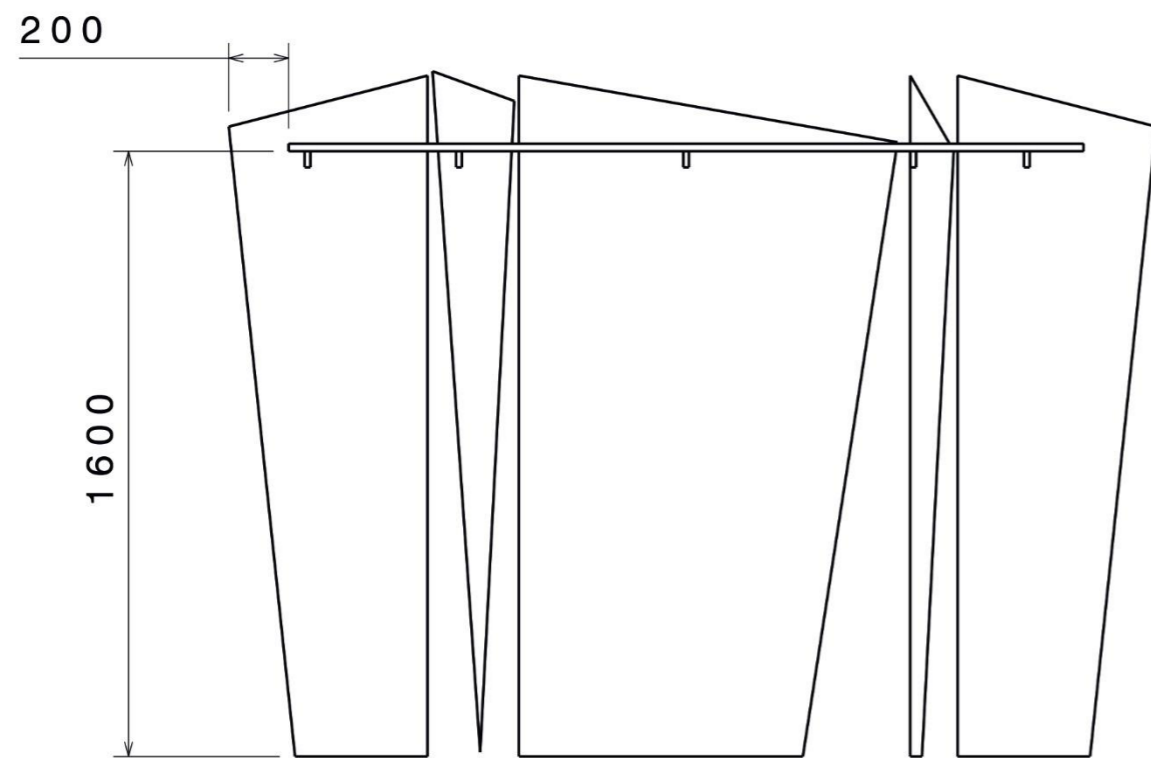
DIN A3	Marca 1	Nº de Plano 6	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:20	Sistema de Protección 	Denominación Módulo 1	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	



Marca	Denominación	Und.
4	Pieza 1	1
5	Pieza 2	1
6	Pieza 3	1
7	Pieza 4	2
8	Pieza 5	2
10	Barandilla 1	1

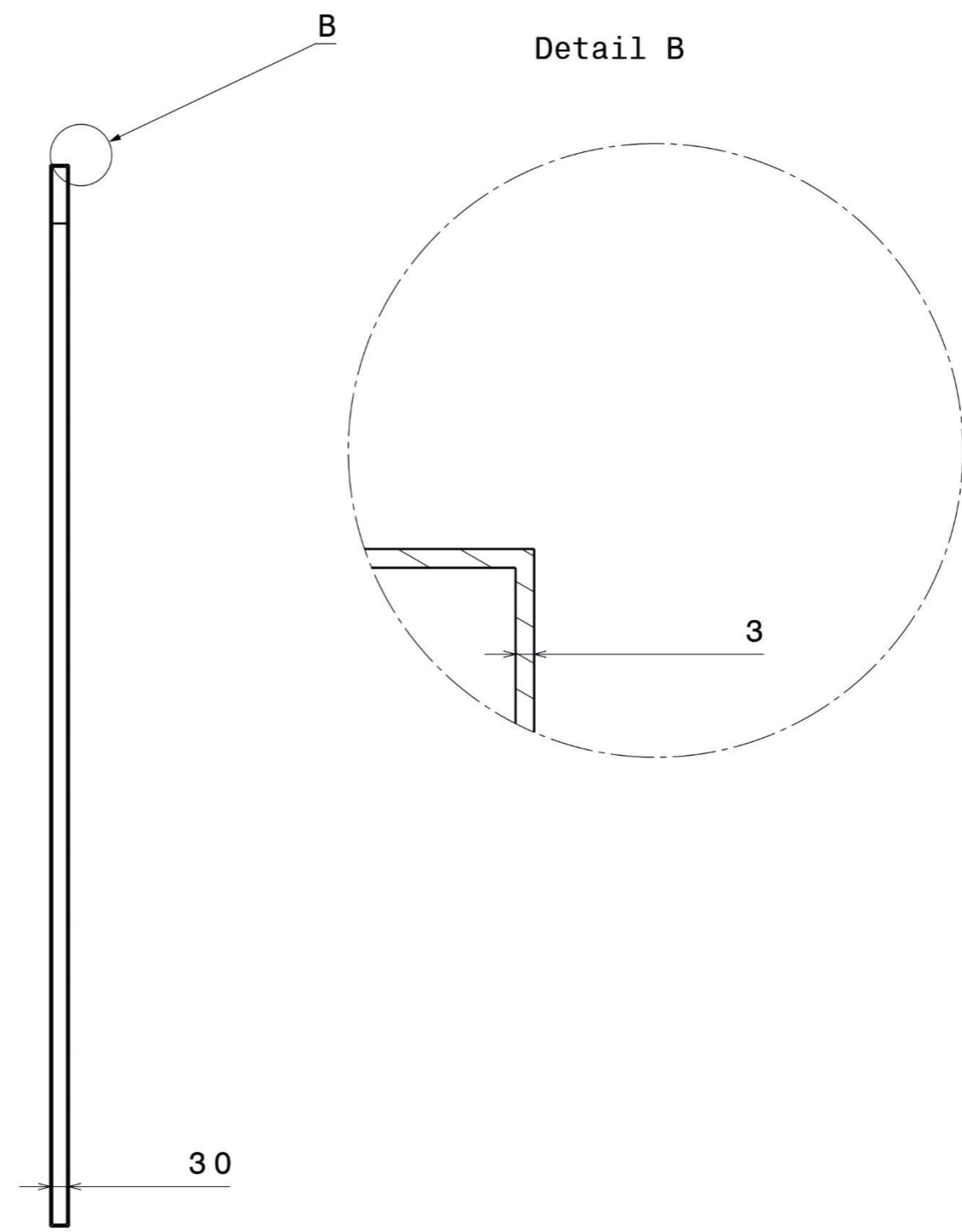
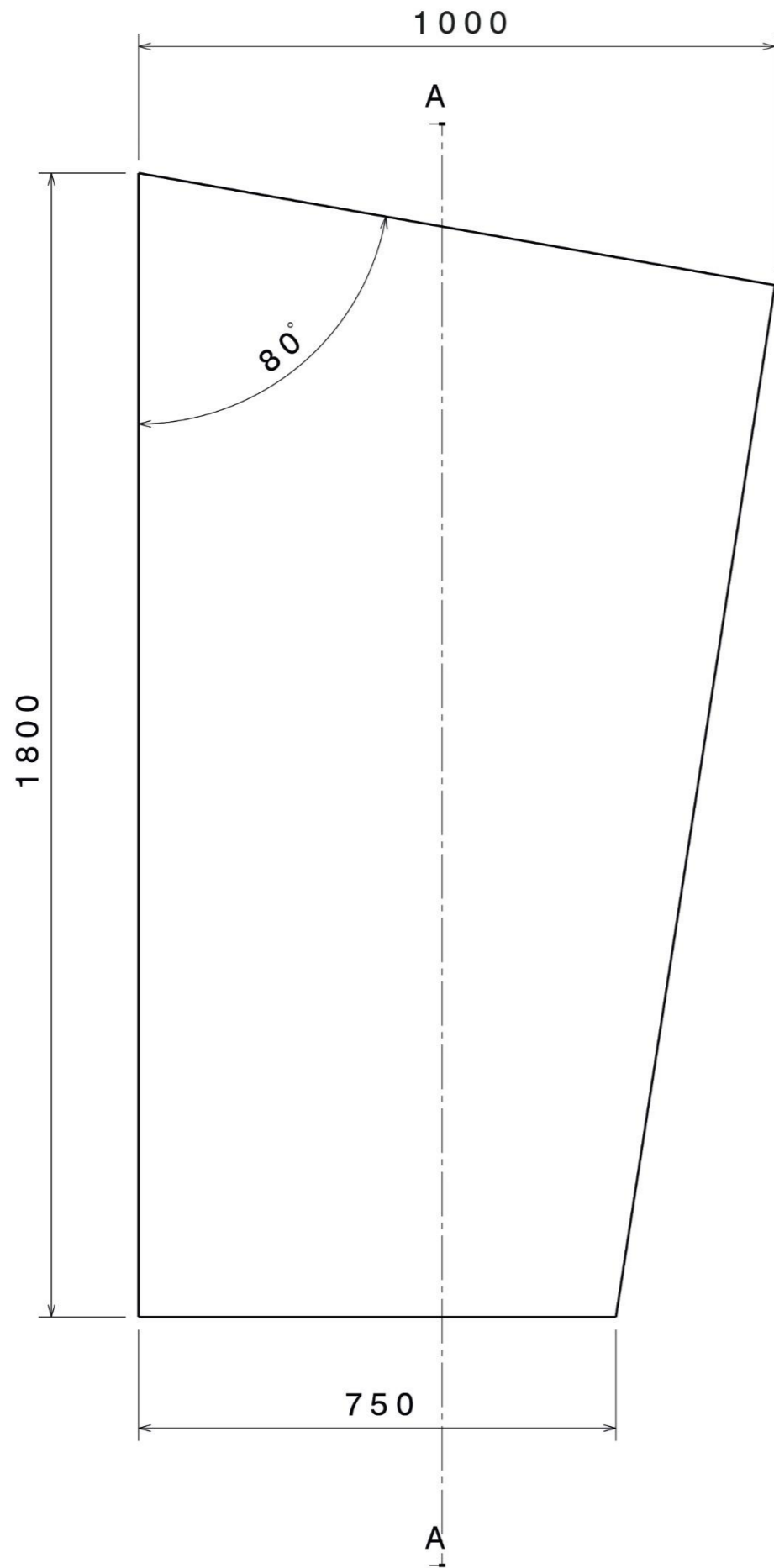
  


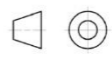
DIN	Marca	Nº de Plano	Fecha	Firmado
A3	2	7	28-03-2024	
Esca	Sistema de Protección	Denominación	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	
1:20		Módulo 2		

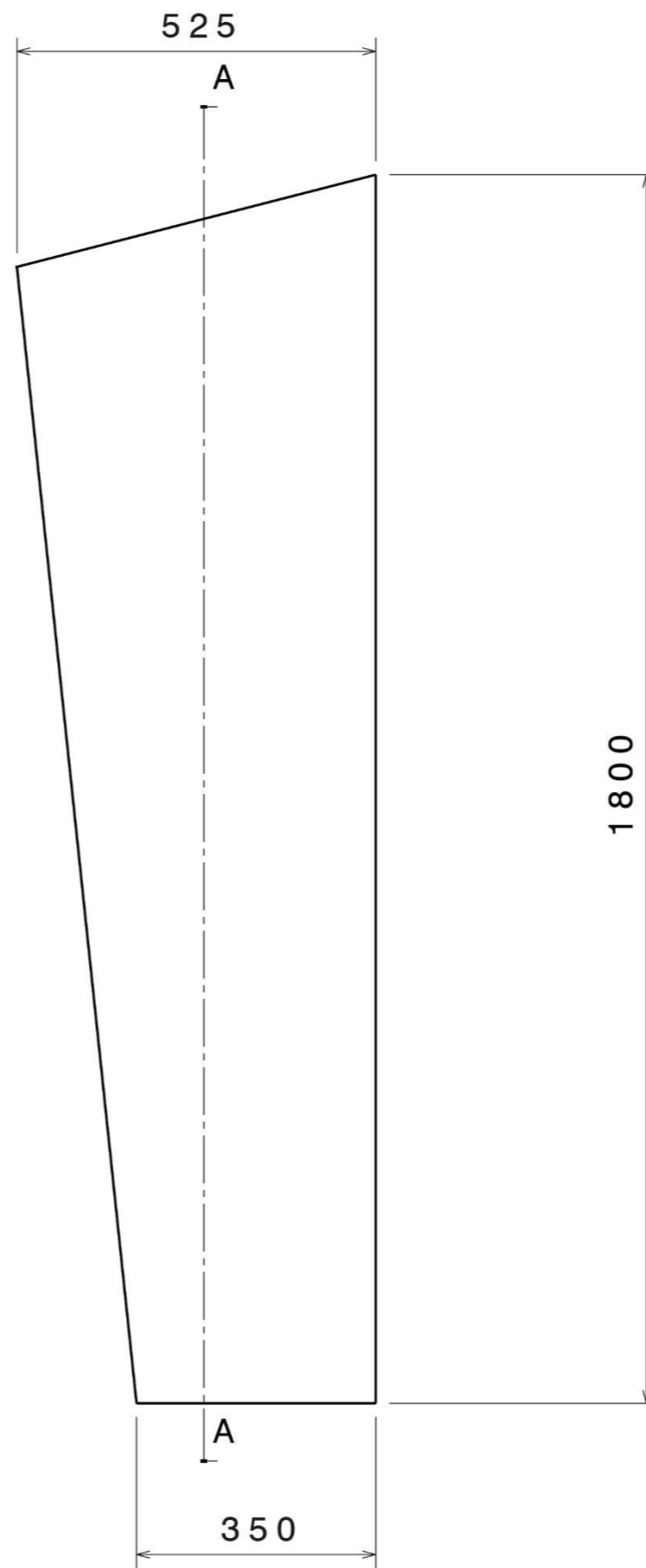
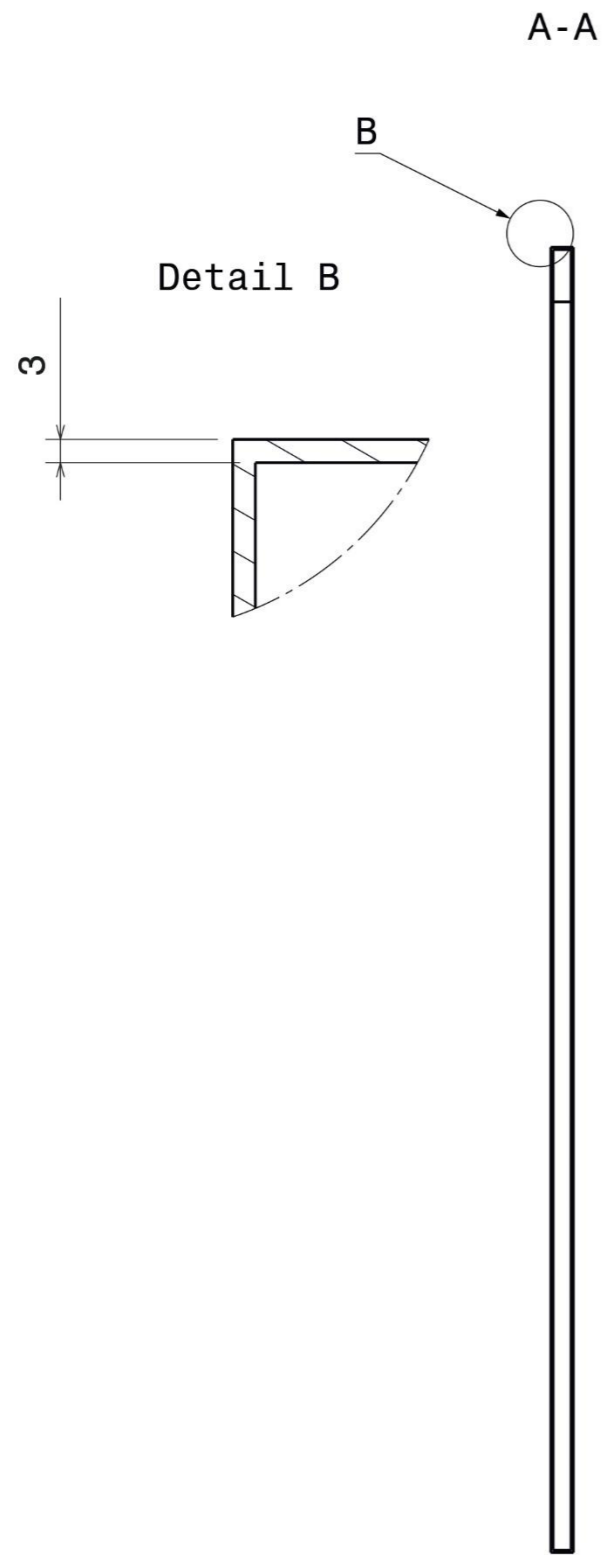



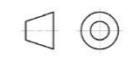
Marca	Denominación	Und.
4	Pieza 1	1
5	Pieza 2	2
6	Pieza 3	1
8	Pieza 5	1
11	Barandilla 3	1

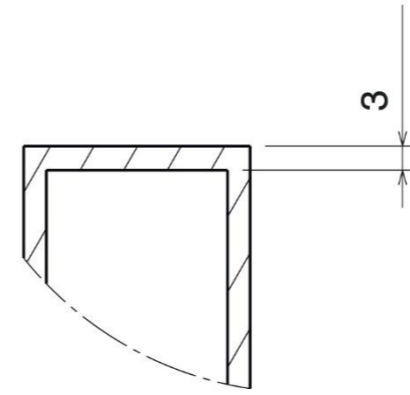
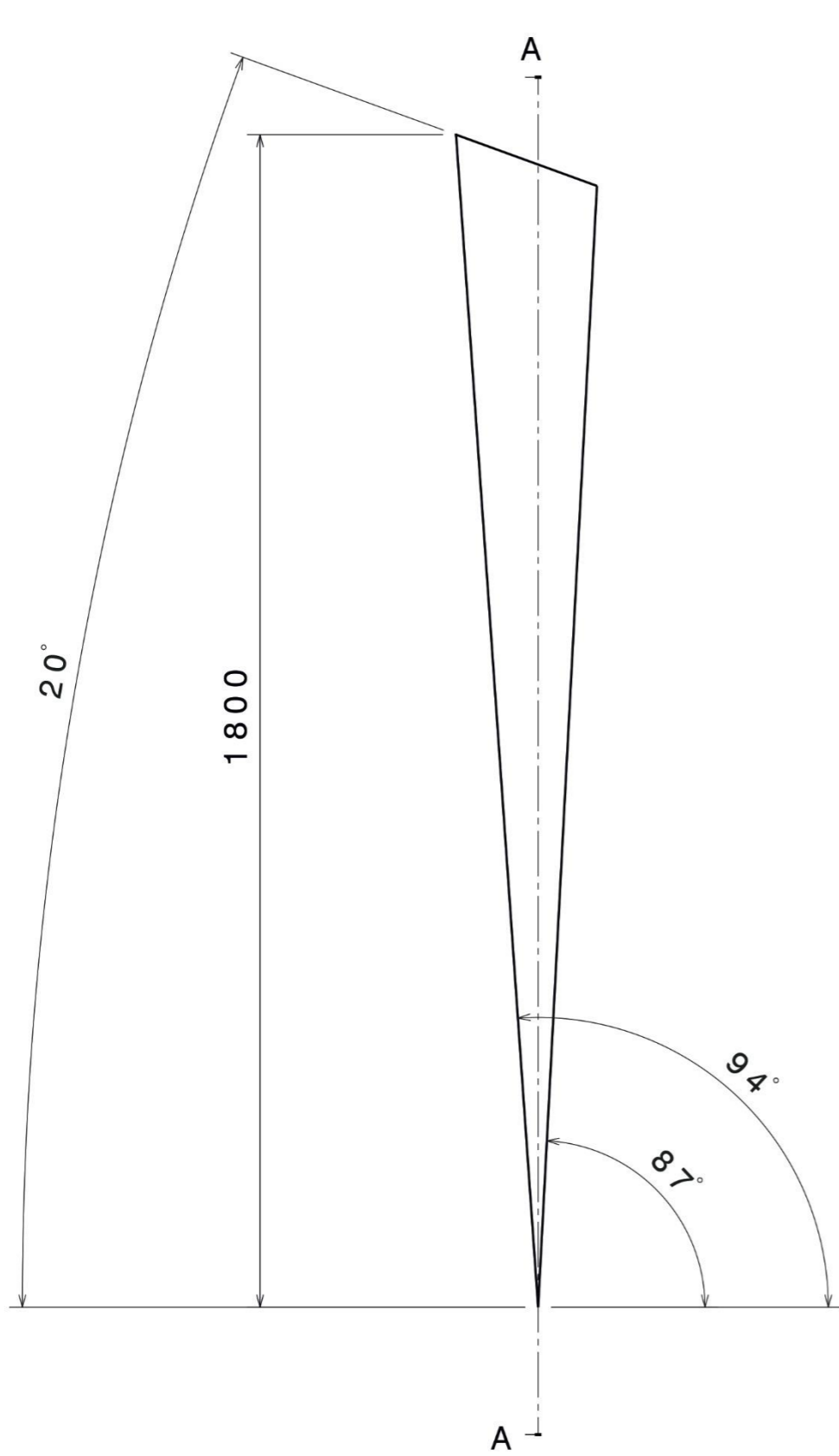
DIN A3	Marca 3	Nº de Plano 8	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:20	Sistema de Protección 	Denominación Módulo 3	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	





DIN A3	Marca 4	Nº de Plano 9	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:10	Sistema de Protección 	Denominación Pieza 1	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	

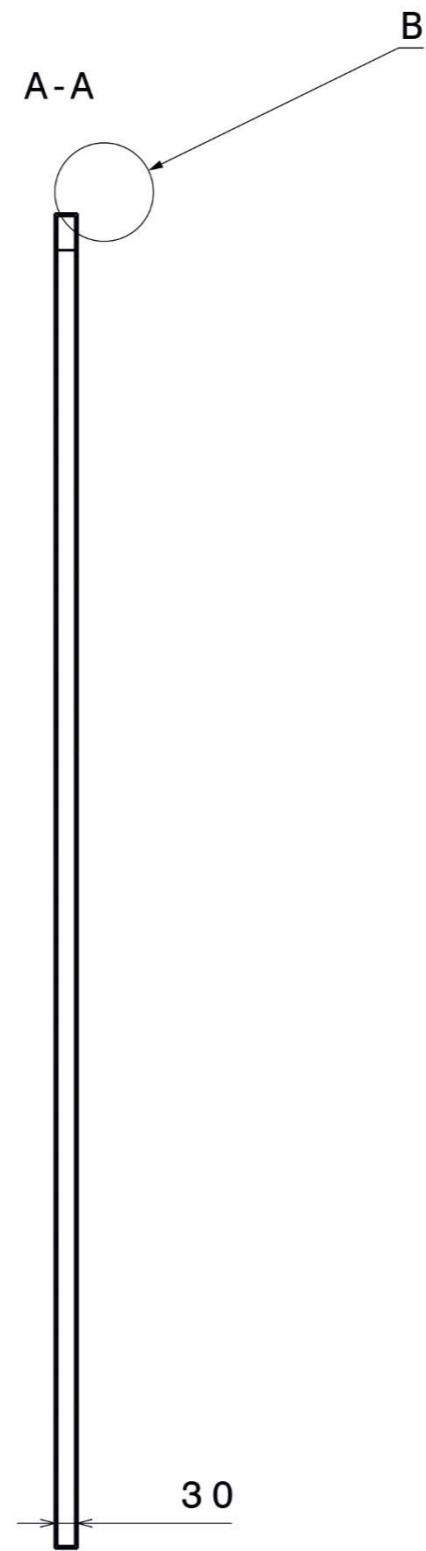
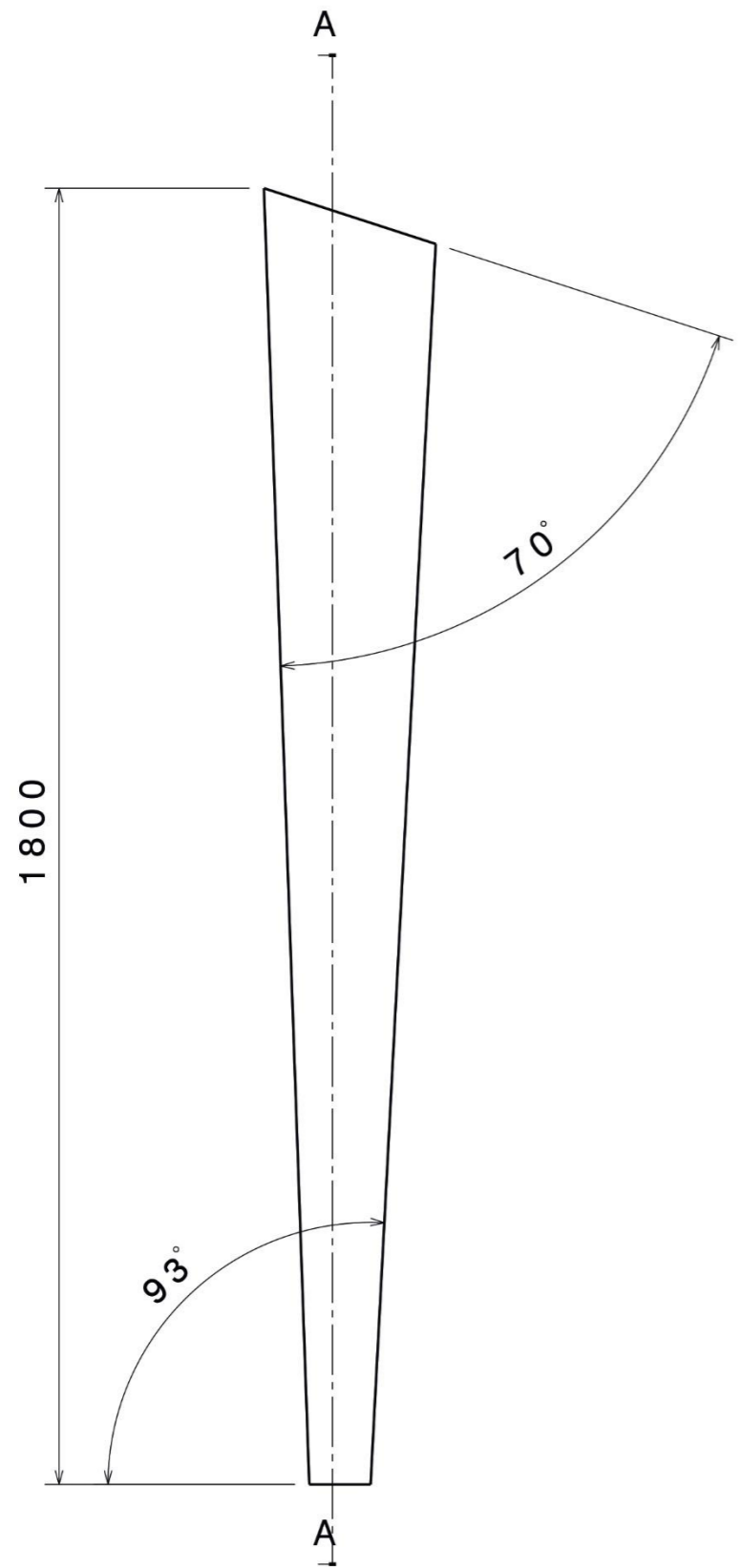


DIN A3	Marca 5	Nº de Plano 10	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:10	Sistema de Protección 	Denominación Pieza 2	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	

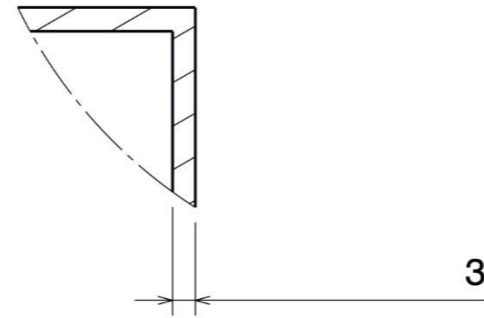




Detail B

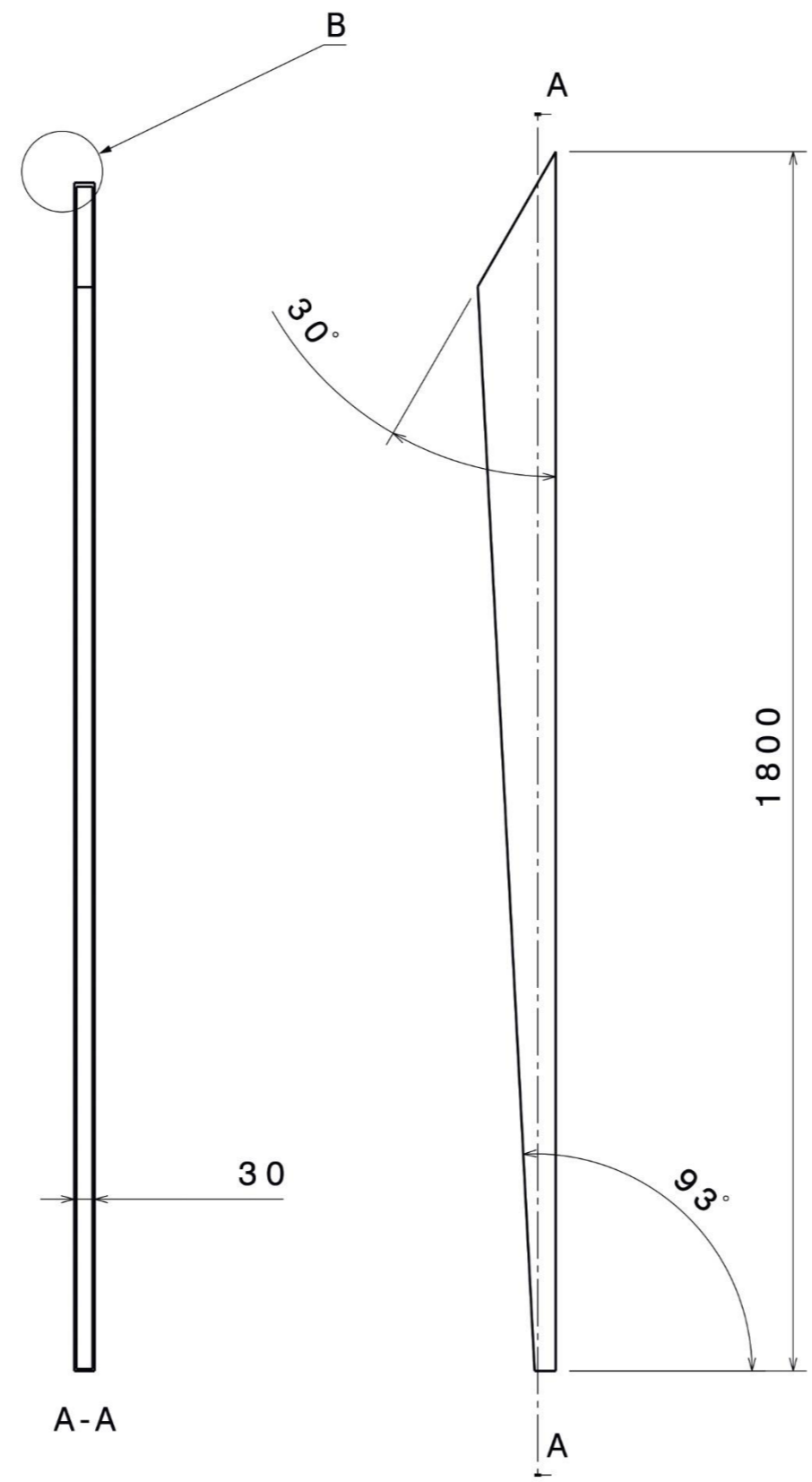
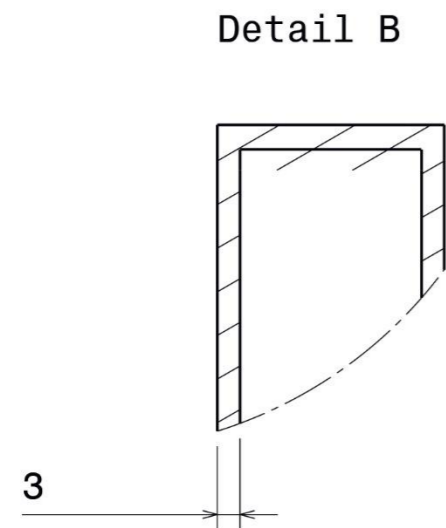
DIN A3	Marca 6	Nº de Plano 11	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:10	Sistema de Protección 	Denominación Pieza 3	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	



Detail B

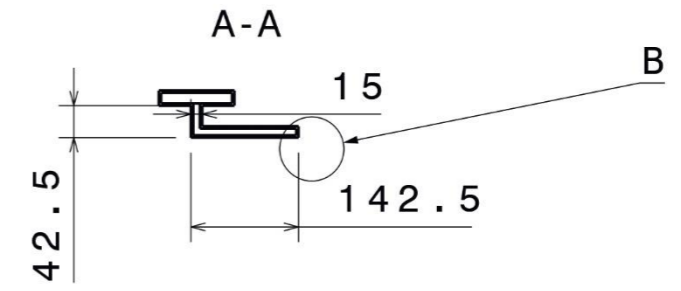
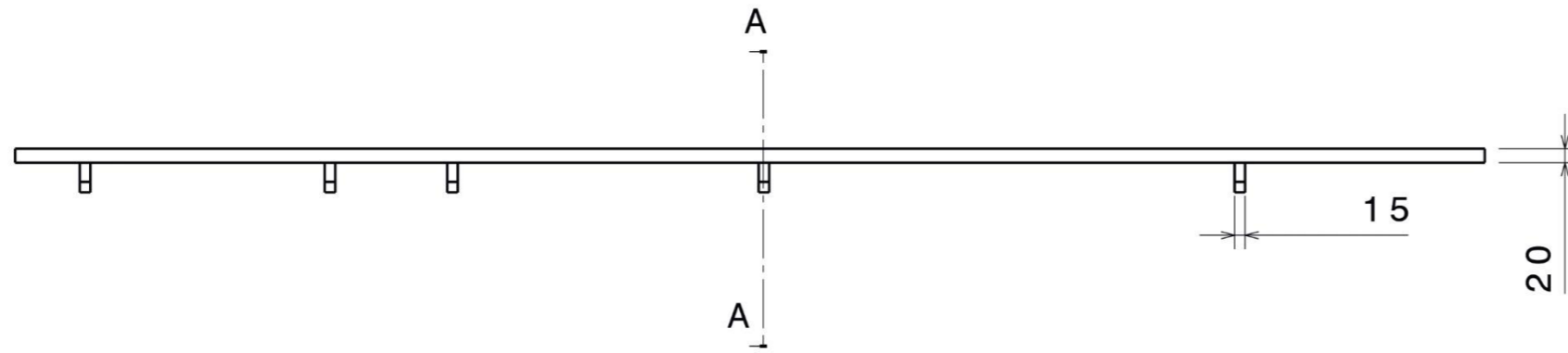


DIN A3	Marca 7	Nº de Plano 12	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:10	Sistema de Protección 	Denominación Pieza 4	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	

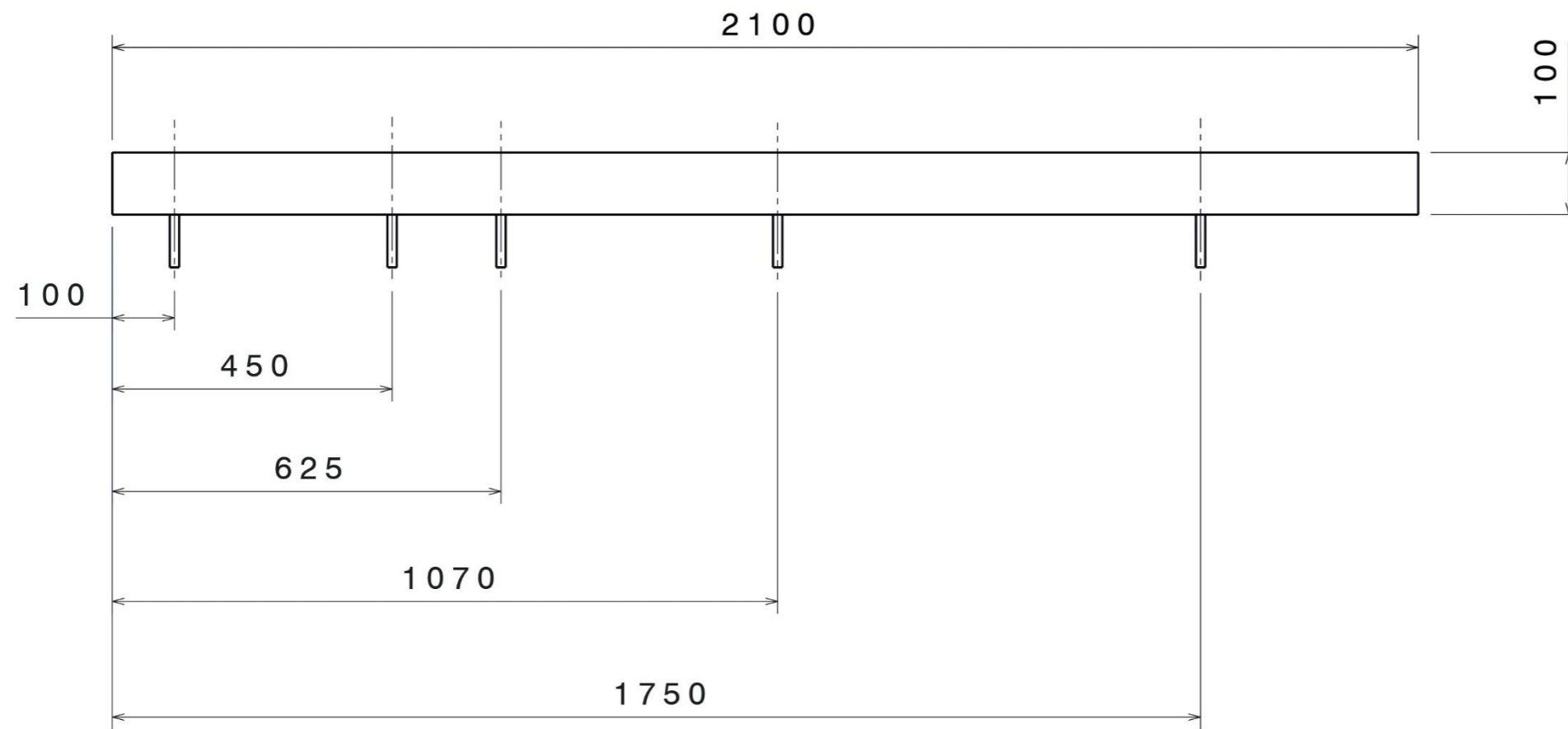
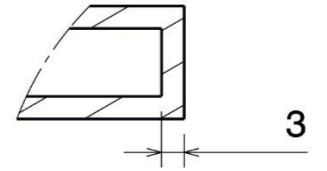


DIN A3	Marca 8	Nº de Plano 13	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:10	Sistema de Protección 	Denominación Pieza 5	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	

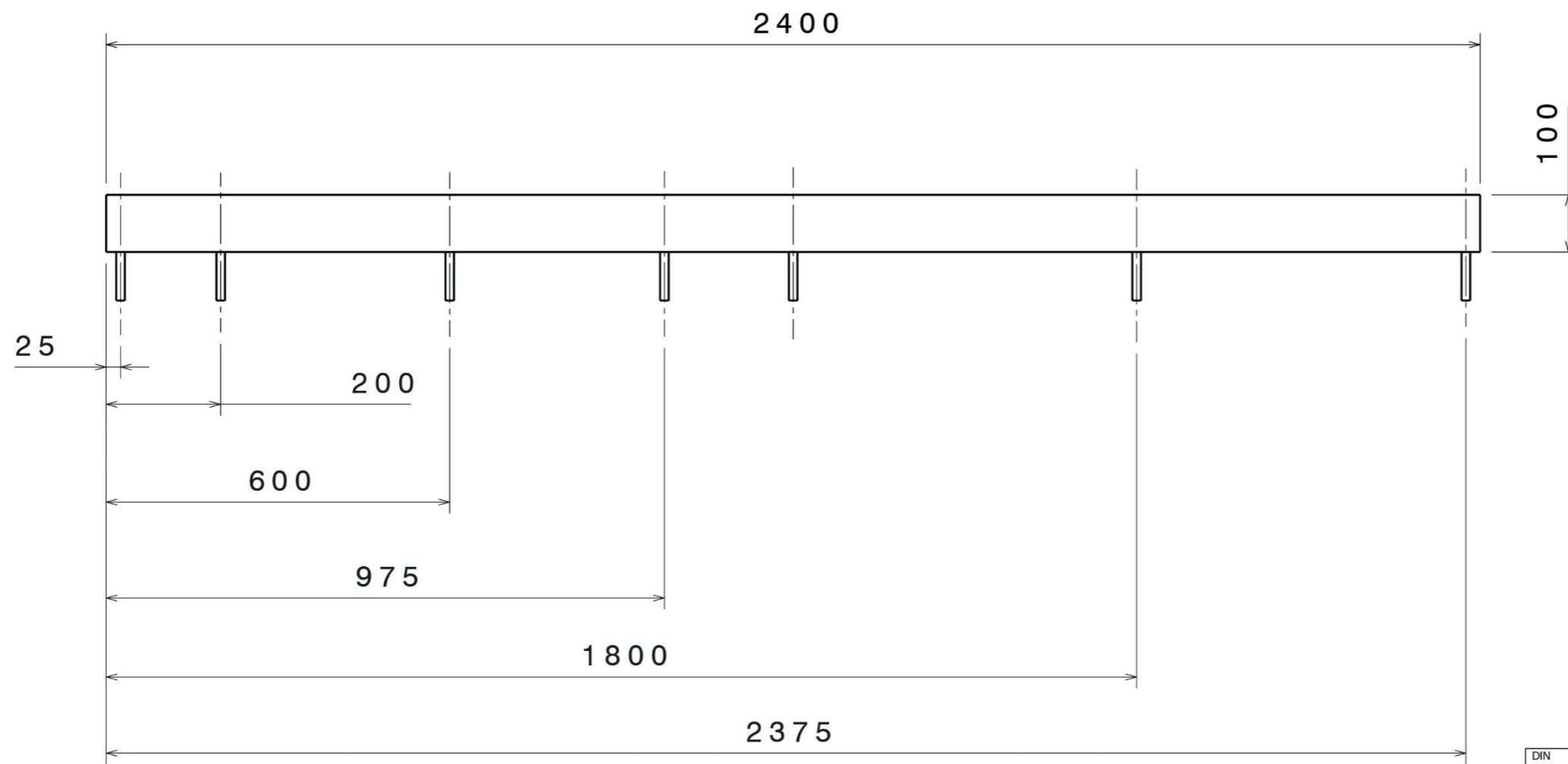
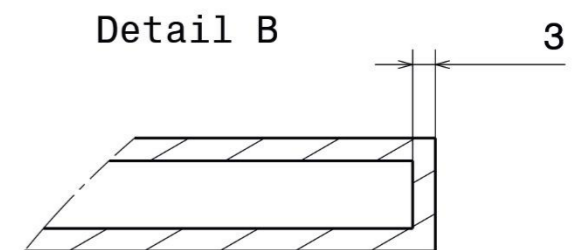
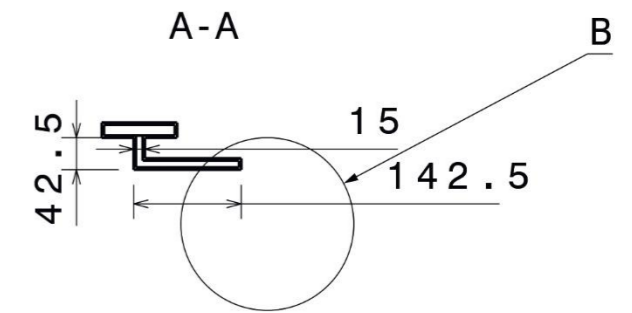
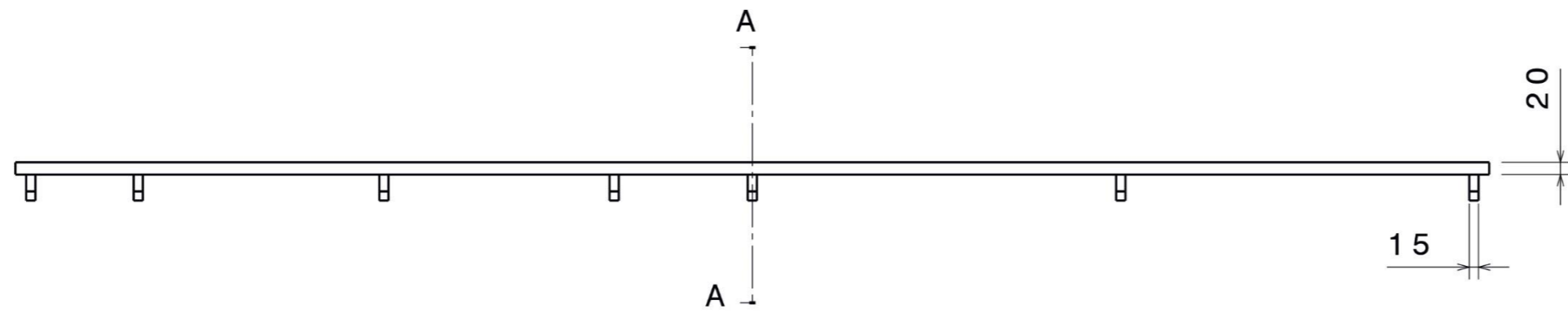




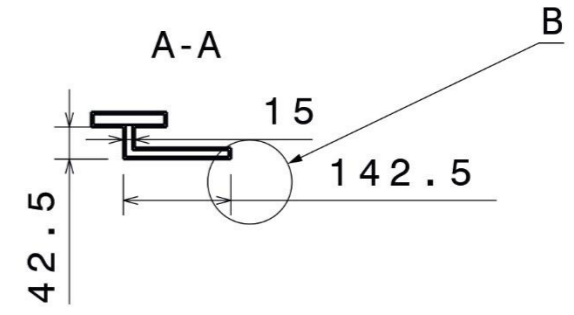
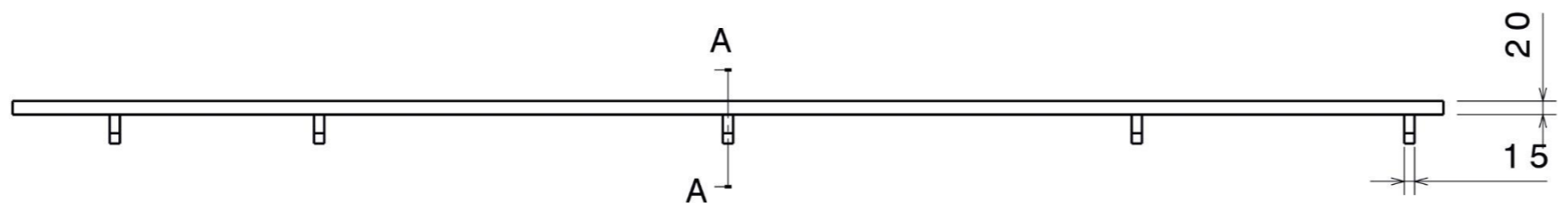
Detail B



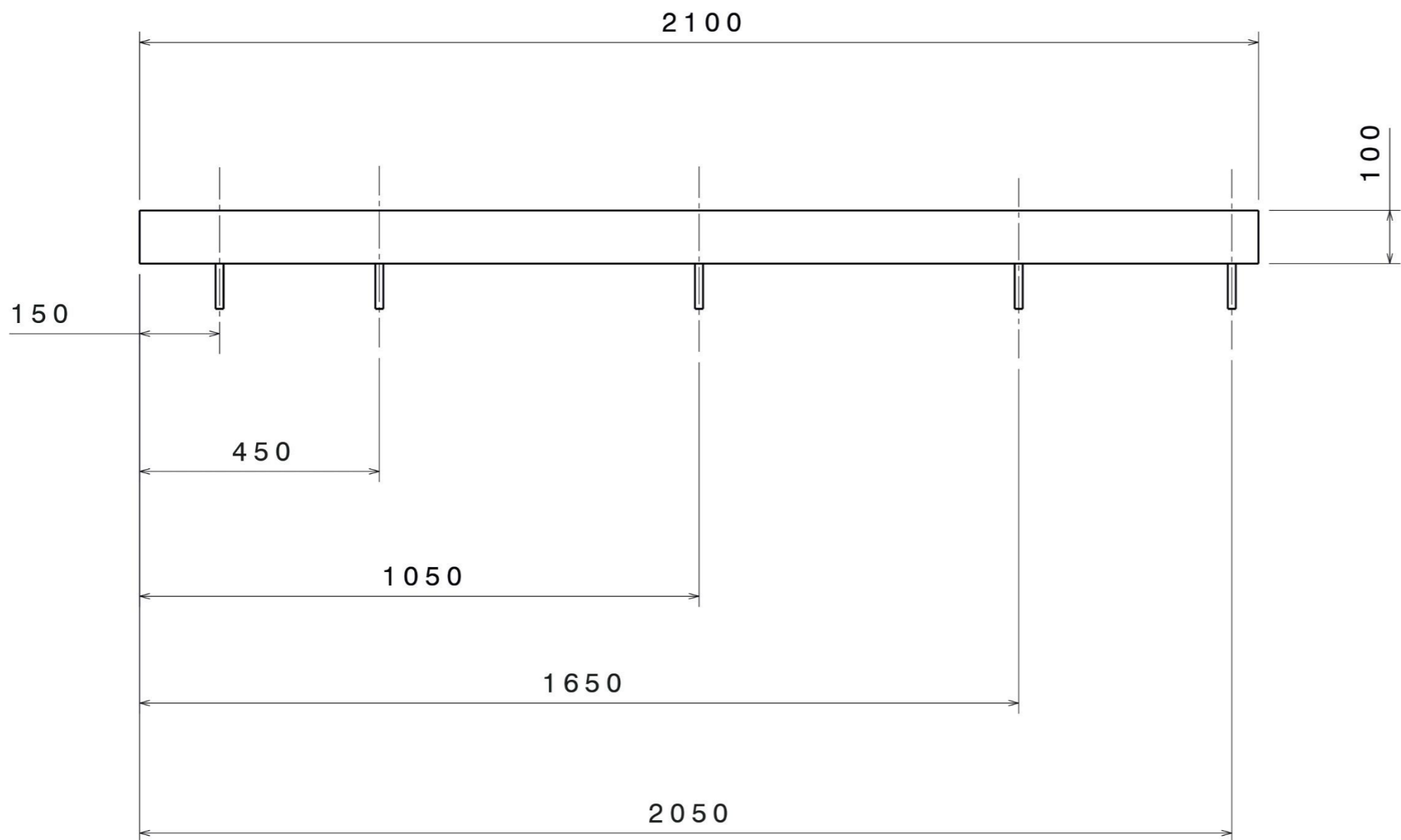
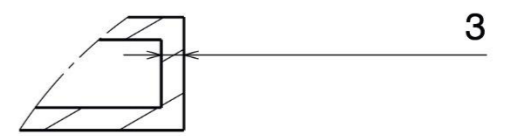
DIN A3	Marca 9	Nº de Plano 14	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:10	Sistema de Protección 	Denominación Barandilla 1		Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG



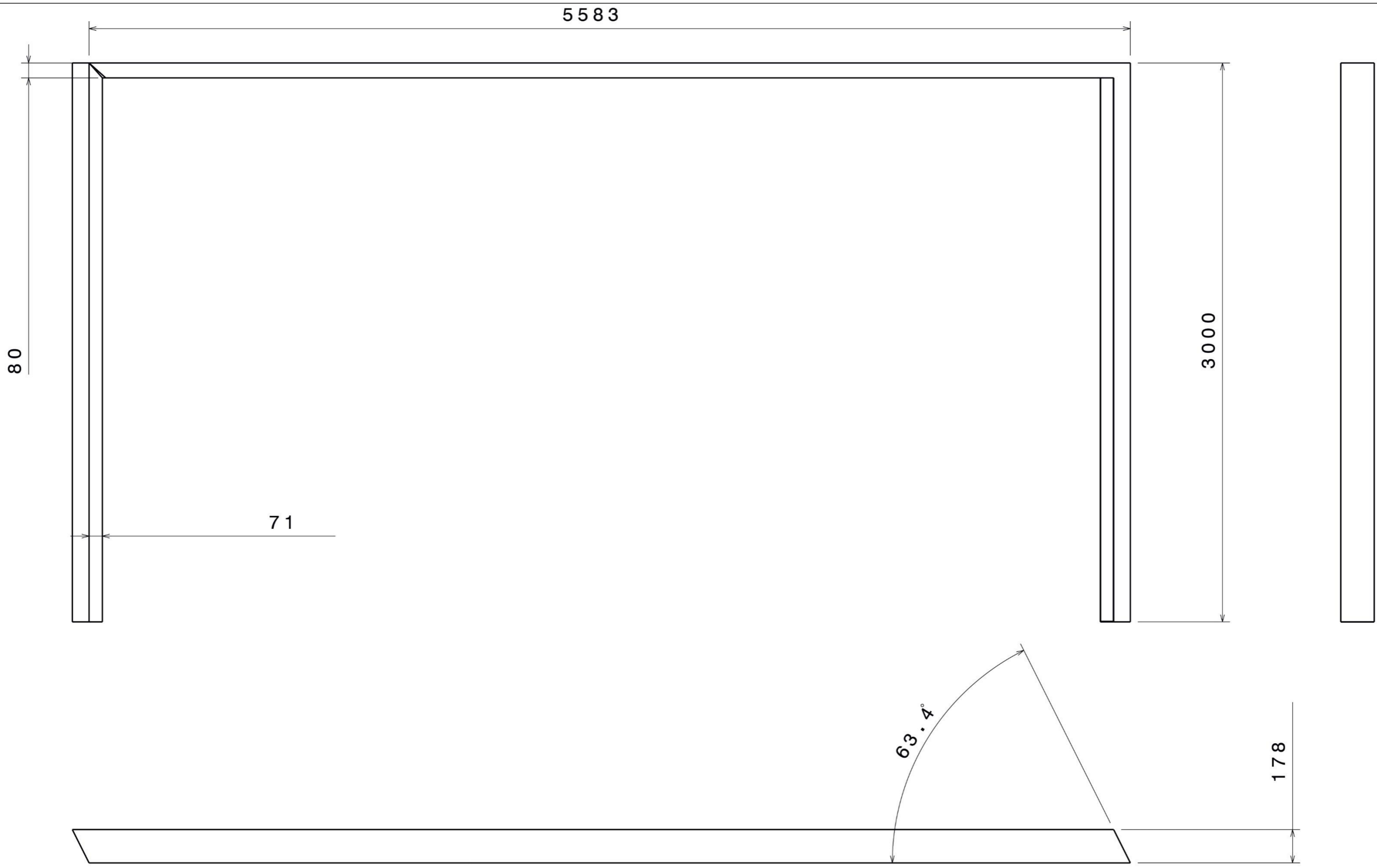
DIN A3	Marca 10	Nº de Plano 15	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:10	Sistema de Protección 	Denominación Barandilla 2	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	



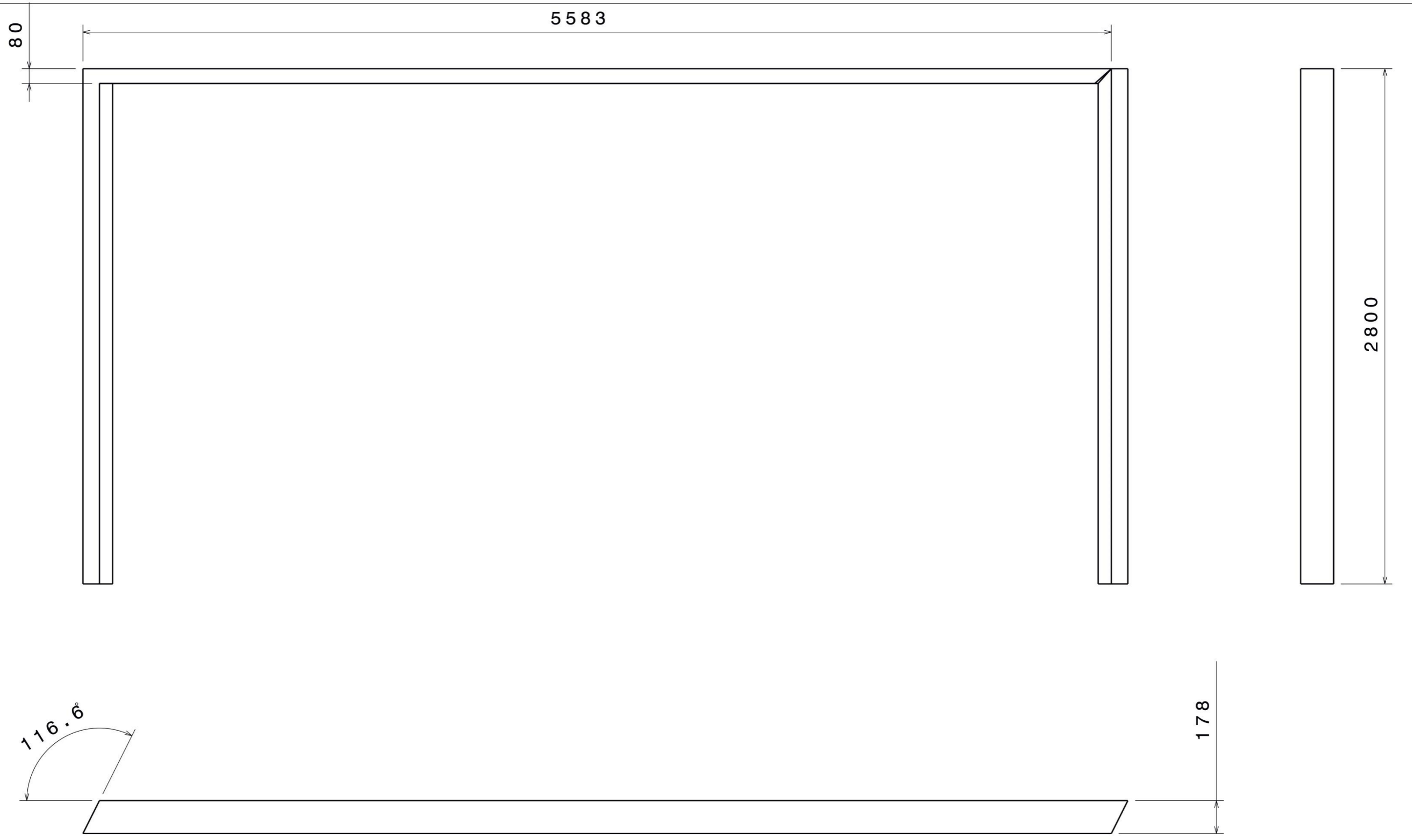
Detail B



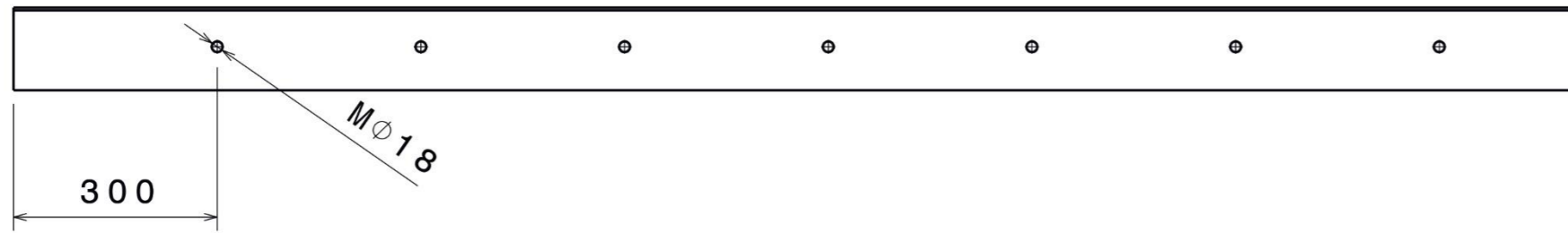
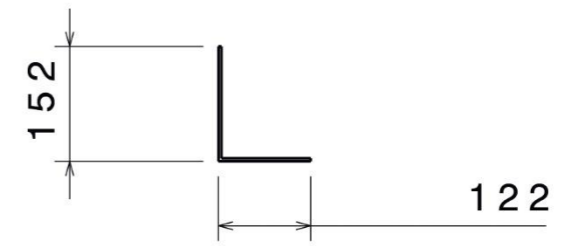
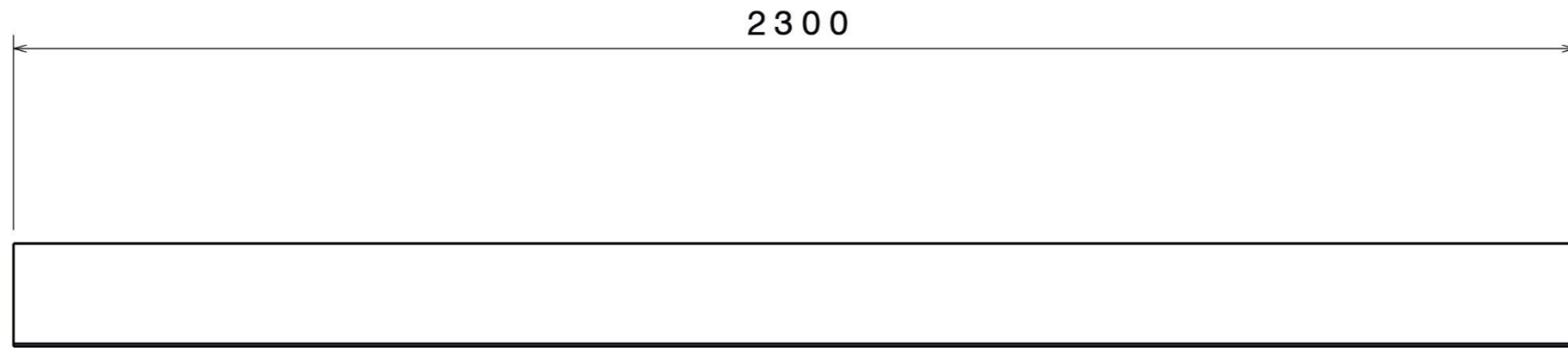
DIN A3	Marca 11	Nº de Plano 16	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:10	Sistema de Protección 	Denominación Barandilla 3	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	



DIN A3	Marca 12	Nº de Plano 17	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:20	Sistema de Protección 	Denominación Techo 1		Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG



DIN A3	Marca 13	Nº de Plano 18	Fecha 28-03-2024	Firmado 
Escala 1:20	Sistema de Protección 	Denominación Techo 2	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	



DIN	Marca	Nº de Plano	Fecha	Firmado
A3	14	19	28-03-2024	
Escala	Sistema de Protección	Denominación	Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto TFG	
1:10		Unión		



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# 7. Presupuesto



## 7.1. Costes de fabricación

El coste de fabricación es la suma del coste de los materiales, mano de obra directa y el puesto de trabajo.

$\text{COSTE DE FABRICACIÓN} = \text{C. DE MATERIALES} + \text{C. DE MOD} + \text{C. DEL PUESTO DE TRABAJO}$

Por ello vamos a calcular por separado los costes mencionados anteriormente

### 7.1.1 Coste de materiales

En la Tabla 2 se muestra los materiales, elementos y costes usados en el desarrollo del proyecto.

HOJA DE COSTO DE MATERIALES						
Designación	N.º de piezas	Material	Área m <sup>2</sup>	Precio (m <sup>2</sup> /€)	Coste unitario (€)	Importe (€)
Pieza 1	22	Acero Corten	1,509	128,87 €	194,46 €	4.278,20 €
Pieza2	31	Acero Corten	0,764	128,87 €	98,46 €	3052,20 €
Pieza 3	22	Acero Corten	0,19	128,87 €	24,49 €	538,70 €
Pieza 4	12	Acero Corten	0,285	128,87 €	36,73 €	440,70 €
Pieza 5	28	Acero Corten	0,128	128,87 €	16,50 €	461,90 €
Barandilla 1	9	Acero Corten	0,508	128,87 €	65,47 €	589,20 €
Barandilla 2	6	Acero Corten	0,607	128,87 €	78,22 €	469,30 €
Barandilla 3	7	Acero Corten	0,596	128,87 €	76,81 €	537,60 €

Techo 1	3	Acero Corten	5,0803	128,87 €	654,70 €	1.964,10 €
Techo 2	4	Acero Corten	5,963	128,87 €	768,45 €	3.073,80 €
Unión	22	Acero Corten	1,26	128,87 €	162,38 €	3.572,30 €
Tornillos M18	154	Comercial	-	-	2,00 €	309,00 €
Módulo pantalán	10	Comercial	-	-	10.000,00 €	100.000,00 €
Pilotes DN400	6	Comercial	-	-	5.000,00 €	30.000,00 €
Anilla PL 1016	6	Comercial	-	-	370,00 €	2.220,00 €
Capucha para pilote 500939	6	Comercial	-	-	16,00 €	96,00 €
<b>Total</b>						<b>151.602,64 €</b>

Tabla 2. Costo de materiales.

### 7.1.2 Mano de obra directa

Se ha contratado tres operarios para realizar las actividades de montaje y soldadura.

En este costo están reflejados aquellos empleados que están relacionado directamente con la producción y montaje del producto.

Para realizar los cálculos hemos cogido de referencia los 223 días laborales que hay en 2023.

MANO DE OBRA DIRECTA								
					1º oficial	2º oficial	3º oficial	
Coste anual					22.368,00 €	18.640,00 €	14.912,00 €	
Coste hora					12,00 €	10,00 €	8,00 €	

Piezas	Operación	seg/pieza	seg totales	Horas	1º oficial	2º oficial	3º oficial	
664	corte de planchas	120	79680	22,13		x		
122	soldar piezas	3600	439200	122,00	x			
22	soldar barandilla	5400	118800	33,00	x			
22	soldar conjunto	600	13200	3,67	x			
	atornillar			4,00			x	
					1.904,00 €	221,33 €	32,00 €	<b>TOTAL</b>
								<b>2.157,33 €</b>

Tabla 3. Coste de mano directa.

### 7.1.3 Puesto de trabajo

Para realizar el costo del puesto de trabajo hemos realizado una tabla (Tabla 4) donde hemos recogido los elementos que vamos a necesitar para realizar el montaje.

COSTO HERRAMIENTAS			
Herramienta	Unidad	Coste/Unidad	Coste
Atornilladora	2	44,00 €	88,00 €
Equipo de soldadura	1	8000,00 €	8.000,00 €
Total			8.088,00 €

Tabla 4. Costo herramientas.

Elemento	Precio	Tiempo de amortización	Vida Prevista en horas
Atornillador	88,00 €	5	13.980
Equipo soldadura	8.000,00 €	10	27.960

Tabla 5. Tiempo de amortizaciones y funcionamiento.

Interés	Amortización	Mantenimiento	Energía	Int+Amt+Mant+ Energía
0,0031 €	0,0063 €	0,0012 €	0,32 €	0,71 €
0,28 €	0,28 €	0,042 €	0.32 €	2,03 €
Total				3,06 €

Tabla 6. Amortizaciones

Con los datos recogidos en las Tablas 5 y 6, poniendo como dato que un grupo de tres operarios es capaz de construir nuestro proyecto en 216 h nos sale el coste para una actividad que queda reflejado en la Tabla 7.

Coste del puesto para una actividad (216h x 3,06 €)	661,57 €
---	----------

Tabla 7. Coste del puesto por unidad.

## 7.2. Coste de mano de obra indirecta

La mano indirecta son todos aquellos puestos de trabajo que están relacionados directamente con la producción, pero sin responsabilidad sobre el puesto de trabajo.

MANO DE OBRA INDIRECTA			
Ingenieros	h/€	Duración	Total
1	25	216	5.400,00 €

Tabla 8. Mano de obra indirecta.

### 7.3. Cargas sociales

Las aportaciones que hace la empresa a Departamentos y Organización Oficiales, estas quedan representadas en el costo de cargas sociales.

$$\text{CARGAS SOCIALES} = \% \text{ CARGAS SOCIALES (MOI+MOD)}$$

CARGAS SOCIALES		
Porcentaje	moi+mod	C.S.
40%	3.022,93 €	2.072,10 €

Tabla 9. Cargas sociales

### 7.4. Gastos generales

Los gastos generales es el costo total necesario para que la empresa funciones, sin sumar los costos ya analizados. Se toma como porcentaje de gastos generales el 47% de los gastos directos

GASTOS GENERALES		
Porcentaje	M.O.D	G.G.
47%	2.157,33 €	1.013,94 €

Tabla 10. Gastos generales

## 7.5. Coste de subcontrata

En esta tabla se reflejan los costes de las empresas que se van a subcontratar.

SUBCONTRATA			
	h/€	horas	Total
Instalación pantalán	50 €	80	4.000,00 €
Montaje estructura	60 €	16	960,00 €
Total			4.960,00 €

Tabla 11. Costos subcontratados.

## 7.6. Coste total de fábrica

El costo total de fábrica es la suma de todos los conceptos

$\text{COSTO TOTAL EN FÁBRICA} = \text{COSTO DE FABRICACIÓN} + \text{MOI} + \text{C.S.} + \text{G.G.}$

## 7.7. Beneficio industrial

El beneficio industrial se elige entre un 5 y un 10% del coste total, en nuestro caso hemos elegido el 8%



## 7.8. Presupuesto industrial

PRESUPUESTO INDUSTRIAL		
EII UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
1. COSTE DE FABRICACIÓN	Material	151.602,65 €
	M.O.D	2.157,33 €
	Puesto de trabajo	661,57 €
2. MANO DE OBRA INDIRECTA	M.O.I	5.400,00 €
3. CARGAS SOCIALES	$C.S = (M.O.D + M.O.I) \times 40\%$	2.072,10 €
4. GASTOS GENERALES	$G.G = M.O.D \times 47\%$	1013,94 €
5. SUBCONTRATA		4.960,00 €
6. COSTO TOTAL EN FABRICA	$C.T = CF + M.O.I + C.S + G.G + SUBCONTRATA$	167.867,60 €
7. BENEFICIO INDUSTRIAL	$B.I = C.T \times 8\%$	13.429,40 €
8. PRECIO DE VENTA EN FABRICA	$P.V.F = C.T + B.I$	181.297,01 €
9. PRECIO FINAL	$PRECIO UNITARIO = P.V.F \times 21\%$	219.369,38 €

Tabla 12. Presupuesto industrial.



# 8. Conclusiones y líneas futuras





## 8.1. Conclusiones y líneas futuras

Después del desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado se ha llegado a la conclusión de que es posible la construcción de un pantalán flotante cumpliendo los objetivos establecidos al principio de este trabajo.

Menor coste económico:

- Se ha minimizado el uso de materiales diseñando piezas huecas. Al ser un diseño modular que solo cuenta con 5 tipos de piezas se ha conseguido reducir los costos en cuanto fabricación y producción, manteniendo un diseño atractivo para el usuario.
- Selección de materiales económicos: gran parte de la estructura está fabricado en acero y hormigón, materiales que se caracterizan por una gran relación calidad-precio. Gracias a la estandarización de las piezas se pueden comprar los materiales en grandes cantidades que han permitido aprovechar economía a escala.
- Estructura de bajo mantenimiento: la utilización de materiales anticorrosión ha dado lugar a una estructura que no requiere mucho mantenimiento, además al estar fabricada en módulos permite la reparación en pequeñas partes reduciendo el coste de reparación y pudiendo aprovechar al máximo la vida útil de cada una de las piezas que lo forman.

Utilización de infraestructuras ya existentes:

- El diseño adaptativo permite un fácil acoplamiento a las infraestructuras que se pueden encontrar en estos entornos minimizando la necesidad de realizar nuevas construcciones, lo cual reduce el coste total de la obra.

Facilidad de construcción e implantación:

- Diseño modular y prefabricado: gracias a un diseño modular y prefabricado ha facilitado la construcción e implantación del mismo ya que es una estructura que se ensambla "in situ".
- Montaje rápido: gracias a que el diseño permite un montaje e intercambio rápido, el proceso de montaje se acelera. Esto no solo facilita el montaje inicial, sino que también simplifica futuras reparaciones, asegurando así una rápida respuesta a necesidades operativas y de mantenimiento.



En resumen, se ha logrado la construcción de un pantalán que cumple los objetos expuestos al principio de este Trabajo de Fin de Grado. La combinación de un diseño modular, con una selección de materiales adecuados para el medio y la integración de recursos ya existentes se ha convertido en una solución efectiva. Además de lograr la viabilidad del proyecto también proporciona una base para posibles aplicaciones de esta estructura en diferentes entornos.



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# 9.

## Bibliografía



## 9.1. Bibliografía

*Academy.* (6 de Junio de 2024). Obtenido de <https://academy.structuralia.com/>

*ACEROPanel.* (6 de Julio de 2023). Obtenido de <https://aceropanel.es>

*Ad Hoc Smart Solution.* (24 de Mayo de 2022). Obtenido de <https://adhocs.es/>

*Capacidad portante horizontal del pilote.* (2 de Junio de 2024). Obtenido de <https://www.finesoftware.es/ayuda-en-linea/geo5/es/capacidad-portante-horizontal-del-pilote-metodo-de-brom-01/>

*CEDEX.* (6 de Junio de 2024). Obtenido de <https://www.cedex.es/>

*Civilgeeks.* (11 de enero de 2024). Obtenido de <https://civilgeeks.com/2013/11/27/comportamiento-y-caracteristicas-del-hormigon-concreto/>

*COR-TEN.* (2 de Junio de 2024). Obtenido de [https://www.abraservice.com/es-es/materiales/acero-resistente-a-la-intemperie/corten?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjw0\\_WyBhDMARIsAL1Vz8uSi9Wl1gWXBVQsk7I6ZjmCiOAmojKC5laxi68xpjz1rt9AG8\\_FBOsaAi q8EALw\\_wcB](https://www.abraservice.com/es-es/materiales/acero-resistente-a-la-intemperie/corten?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0_WyBhDMARIsAL1Vz8uSi9Wl1gWXBVQsk7I6ZjmCiOAmojKC5laxi68xpjz1rt9AG8_FBOsaAi q8EALw_wcB)

*DIPAC.* (18 de Junio de 2024). Obtenido de <https://dipacmanta.com>

*El blog de Víctor Yepes.* (24 de junio de 2024). Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/>



*Estaciones de aforo.* (2 de Junio de 2024). Obtenido de <https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos.asp?indroea=2097>

*Esting.* (4 de abril de 2024). *EzDock*. Obtenido de <https://www.ezdock.com/es/blog/how-does-floating-dock-work/>

*Ferrovial.* (22 de Septiembre de 2022). Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/hormigon/#:~:text=Tiene%20arga%20durabilidad%2C%20gracias%20a,en%20un%20material%20muy%20seguro.>

*FesMés.* (6 de Julio de 2023). Obtenido de <https://www.fesmes.com/>

*Freepik.* (6 de Junio de 2024). Obtenido de <https://www.freepik.es/>

*Ingenierías Técnicas Portuarias.* (8 de Enero de 2023). Obtenido de [http://itpsl.es/pantalanes\\_flotantes/equipamiento/anclaje\\_y\\_fondeo.htm](http://itpsl.es/pantalanes_flotantes/equipamiento/anclaje_y_fondeo.htm)

*Junta de Castilla y León.* (2 de Junio de 2024). Obtenido de <https://conocecastillayleon.jcyl.es/web/es/geografia-poblacion/clima.html#:~:text=Nuestro%20clima%20se%20aproxima%20a,cortos%20periodos%20primaverales%20y%20oto%C3%B1ales.>

*Kuzu, S.* (21 de agosto de 2023). *Acero Inoxidable AISI 304: Propiedades y características.* *Kuzu Decoletaje.* Obtenido de [https://kuzudecoletaje.es/acero-inoxidable-aisi-304-propiedades-y-caracteristicas/?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwiMmwBhDmARIsABeQ7xRCJ60inky0I4RT4iMQxFdv5YBmXPjUQhFln-kDjfc6lGwG2c\\_rMaAhgxEALw\\_wcB](https://kuzudecoletaje.es/acero-inoxidable-aisi-304-propiedades-y-caracteristicas/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwiMmwBhDmARIsABeQ7xRCJ60inky0I4RT4iMQxFdv5YBmXPjUQhFln-kDjfc6lGwG2c_rMaAhgxEALw_wcB)



*Lindley.* (2 de Junio de 2024). Obtenido de <https://www.lindley.pt/es/marinas-y-puertos-deportivos/sistemas-de-amarre/anillas-para-pilotes>

*Maderame.* (6 de Junio de 2024). Obtenido de <https://maderame.com/enciclopedia-madera/pino/#:~:text=Propiedades%20Mec%C3%A1nicas%3A%20Resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%3A%20434%20kg%2Fcm,Albura%20impregnable.%20Duramen%20de%20medio%20a%20poco%20impregnable.>

*Maderea.* (17 de marzo de 2023). Obtenido de <https://www.maderea.es/madera-de-pino-radiata-propiedades-y-usos/>

*Marine Luxury.* (3 de Diciembre de 2021). Obtenido de <https://marineluxury.es/pasarela-flotante/>

*Material Mundial.* (6 de Junio de 2024). Obtenido de <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/>

*Meteoblue.* (2 de Junio de 2024). Obtenido de [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodellad/valladolid\\_espac3b1a\\_3106672](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodellad/valladolid_espac3b1a_3106672)

*NauticExpo.* (6 de Junio de 2024). Obtenido de <https://www.nauticexpo.es/>

*Puu Info.* (12 de Noviembre de 2020). Obtenido de <https://puuinfo.fi/puutiето/la-madera-como-material/propiedades-y-ventajas-del-pino-y-abeto-nordicos/?lang=es>

*Structuralia.* (6 de Junio de 2024). Obtenido de <https://blog.structuralia.com/caracteristicas-de-los-principales-tipos-de-muelles-portuarios>



Tomé, J. (6 de Junio de 2022). *Guía repsol*. Obtenido de <https://www.guiarepsol.com/es/viajar/vamos-de-excursion/crucero-pisuerga-chiringuito-pera-limonera-valladolid/#:~:text=Navegar%20en%20Valladolid%20a%20bordo,del%20Pisuerga'%20recuerda%20al%20Misisipi.&text=La%20bocina%20que%20hace%20resonar,de%2016%20metr>

Vallisoletvm. (26 de junio de 2024). Obtenido de <https://vallisoletvm.blogspot.com/2009/10/las-mayores-riadas-del-pisuerga.html>

WLD Steel. (13 de Julio de 2023).





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**