



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

DISEÑO MECÁNICO DE UN MARCO DE ENSAYOS DE ESTRUCTURAS A ESCALA

Autor:

Caballero de la Calle, Diego

Tutores:

Magdaleno González, Álvaro

Lorenzana Ibán, Antolín

**Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del
Terreno y Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras**

Valladolid, Julio 2023

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo diseñar un marco de ensayos de estructuras y perfiles metálicos tomando de referencia bancos que se encuentran en el laboratorio de la escuela, para conseguir funcionalidades similares. Todos los componentes necesarios son seleccionados de catálogo comercial para simplificar el proceso, tratando de estandarizar el producto. El trabajo se divide en diferentes partes, la primera en la que se define los requisitos basándose en los bancos disponibles, seguida de la fase de diseño, donde los componentes y ensamblajes necesarios son desarrollados. Le seguirá un trabajo de simulación que es necesario para la validación en cargas y desplazamientos, ya que puede influir en los resultados medidos. Tras estas partes, se presentarán líneas futuras a mejorar y diferentes propuestas que pueden estudiarse con el fin de mejorar el banco de ensayo.

ABSTRACT

Mechanical design of a test frame for structures and metallic profiles, based on available bench on the school laboratory, to achieve similar functionalities. All the necessary parts are going to be selected for commercial catalogue to simplify the design, trying to standardize the product. The work is splitted in different parts, the first one defining the requirements using the functional possibilities of the benches available; followed by the design phase, where the assemblies and the necessary components are developed; next to it, is necessary simulation work to validate the design in stress and displacements, because it can influence the results measured. After this parts, different proposals to improve the bench are going to be presented.

PALABRAS CLAVE

DISEÑO, ADAPTABILIDAD, SIMULACIÓN, ESTRUCTURAS A ESCALA, ENSAYOS.

KEYWORDS

DESIGN, ADAPTABILITY, SIMULATION, SCALE STRUCTURES, TEST.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN: ¿Qué es un marco de ensayo de estructuras?	6
1.1 FUNCIONAMIENTO Y USOS	6
1.2 COMPONENTES Y FUNCIONES	9
1.3 FIJACIÓN DE OBJETIVOS	14
1.3.1 OBJETIVOS PRINCIPALES	14
1.3.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	14
1.4 METODOLOGÍA.....	14
2. DISEÑO DEL BANCO DE ENSAYOS	15
2.1 CONDICIONES DE DISEÑO	15
2.2 ESTRUCTURAS PARA ENSAYAR.....	15
2.3 SENSORES	17
2.4 ÚTILES PARA TRANSMISIÓN DE CARGA Y TOMA DE MEDIDAS.....	18
2.5 MARCO DE LA BANCADA.....	19
2.5.1 DISEÑO DEL MARCO.....	19
2.5.2 INSTRUCCIONES MONTAJE	22
2.5.2.1 SECUENCIA DE MONTAJE	22
2.5.2.2 ELEMENTOS DE CATÁLOGO USADOS:.....	22
2.5.3 OPERACIONES MONTAJE.....	25
2.5.4 LISTA DE MATERIALES	29
2.6 SOPORTES DEL BANCO	30
2.6.1 CONEXIÓN CON EL MARCO	30
2.6.2 UTILLAJES PARA LAS DISTINTAS UTILIDADES	34
2.6.3 EMPOTRAMIENTO.....	35
2.6.3.1 DISEÑO DEL UTILLAJE	35
2.6.3.2 PLANO DEL UTILLAJE DE EMPOTRAMIENTO	39
2.6.4 APOYO FIJO Y MÓVIL.....	39
2.6.4.1 DISEÑO DEL UTILLAJE DE LOS APOYOS	39
2.6.5 POSICIONAMIENTO DE POLEA	44
2.6.5.1 DISEÑO DEL UTILLAJE DE LA POLEA	45
2.6.5.2 PLANO DE DISEÑO DEL UTILLAJE DE LA POLEA.....	48
3. VERIFICACIÓN DE EFECTO DE LA DEFLEXIÓN EN LOS ENSAYOS.	49
3.1 ENSAYO DEL CONJUNTO DEL MARCO.....	49
3.1.1 SIMULACIÓN PARA CASOS DE EMPOTRAMIENTOS	49

3.1.2 SIMULACIÓN PARA CASOS DE APOYOS.....	56
3.2 SIMULACIONES FEM.....	58
3.2.1 CÁLCULO FEM BARRA.....	59
3.2.2 ENSAYO PIEZAS USADAS PARA FIJACIÓN	61
3.2.2.1 CÁLCULO FEM REGLETA USADA EN APOYOS	61
3.2.2.1.1 PROPIEDADES DE LA REGLETA	61
3.2.2.1.2 CÁLCULO FEM REGLETA	62
3.2.2.1.3 RESULTADOS EN TENSIONES REGLETA	63
3.2.2.1.4 RESULTADO EN DESPLAZAMIENTOS REGLETA.....	64
3.2.2.1.5 MODIFICACIONES REGLETA	64
3.2.2.1.6 VERIFICACIÓN FINAL REGLETA	65
3.2.2.2 CÁLCULO FEM PLETINA USADA EN EMPOTRAMIENTOS.....	66
3.2.2.2.1 PROPIEDADES DE LA PLETINA	66
3.2.2.2.2 CÁLCULO FEM PLETINA	66
3.2.2.2.3 RESULTADOS DE LA PLETINA.....	67
4 CONCLUSIONES DEL DISEÑO Y LÍNEAS FUTURAS.....	68
5. MEJORAS Y OTRAS FUNCIONALIDADES.....	69
5.1 SEGUNDA FASE DEL TRABAJO	69
5.2 ARTICULACIÓN	69
5.3 PERFILES INTEGRADOS.....	70
5.4 SUSTITUCIÓN DE ESCUADRAS	70
5.5 NUEVO FORMATO DE ESTRUCTURA DE ENSAYO.....	71

1. INTRODUCCIÓN: ¿Qué es un marco de ensayo de estructuras?

1.1 FUNCIONAMIENTO Y USOS

Los marcos de ensayo son un tipo de banco de ensayo estructuras, más aplicado al ensayo para tratar de experimentar y aprender, y no tan especializados en aplicaciones especializadas, aunque se les llamara de la misma forma a lo largo del trabajo. Son utilizados en ingeniería para evaluar la resistencia y comportamiento de diferentes materiales y diseños estructurales al someterlos a cargas conocidas o medibles, y medir sus desplazamientos sobre una estructura o perfil posicionados usando una bancada que permanece fija, y así poder someterla a diferentes tipos de cargas, como compresión, tensión, flexión; tomando así datos de desplazamientos y giros. El caso ideal es que las cargas solo tengan efecto sobre el elemento a ensayar, permaneciendo la bancada de ensayo indeformable.



Figura 1. EQUIPO PARA ESTUDIO DE DEFORMACIÓN DE CELOSIAS, EDIBON [1]

EDIBON [1] y G.U.N.T HAMBURG GmbH [2] son empresas que destacan en este campo y servirán de referencia, contrastando con las funcionalidades que se desean conseguir.

Los bancos de ensayo de estructuras pueden ser de diferentes tipos, de ensayos estáticos ante cargas, para evaluar la resistencia a la fatiga de las estructuras; otros están diseñados para evaluar la resistencia a cargas de impacto o choque. Pueden darse distintos órdenes de complejidades, desde unos bancos usados en el ámbito educativo hasta enfocados en el sector profesional, donde la información recopilada a través del banco de ensayo es fundamental para el diseño y la evaluación de diferentes tipos de estructuras y evaluar las ya existentes.

Para poner en contexto las diferencias que dependerán del uso destinado se pondrán dos ejemplos de bancos de ensayos, ambos de la empresa alemana G.U.N.T HAMBURG GmbH [2]. Para ver la diversidad de estos bancos se muestran ejemplos de bancos de ensayos enfocados a distintas aplicaciones.

El bastidor para ensayos de carga SE 100 (*Figura 2*) está diseñado para el uso en ensayos del ámbito profesional de estructuras y obra civil. Está concebido especialmente para elementos constructivos grandes a escala real, y cargas de hasta 400 kN. Esto permite obtener resultados reales sin tener que disponer del mismo conjunto estructural a una distinta escala. El bastidor es dimensionado con perfilería que soporte tales cargas, y se sostiene sobre cuatro pies ajustables con aislamiento de vibraciones. El área de trabajo está ejecutada como bastidor doble, de forma que también se pueden analizar componentes de gran longitud. Para la carga sobre la estructura a ensayar el conjunto dispone de un sistema de cilindro y bomba hidráulicos que pueden ser posicionados a lo largo de la longitud horizontal del marco usando la viga superior de carril.



Figura 2. SE 100, Bastidor para ensayos de carga, GUNT [2].

Sin cambiar de empresa encontramos otras variantes de productos enfocados en el área de docencia, donde se trabaja a menores cargas que cualquier persona puede posicionar con pesos, y los demás componentes del banco son manipulados fácilmente y permiten los cambios de posiciones necesarios, los bancos disponibles en el laboratorio son de este segundo tipo.

Un ejemplo de banco de esta empresa es del que se dispone en el laboratorio de estructuras de la escuela, es el modelo SE 110.47 (*Figura 3*). Este banco se centra en el ensayo de pletinas metálicas, y será muy importante como referencia en este trabajo por ser el modelo físico con el que se cuenta y así poder comparar los resultados obtenidos tras la realización de este nuevo banco.

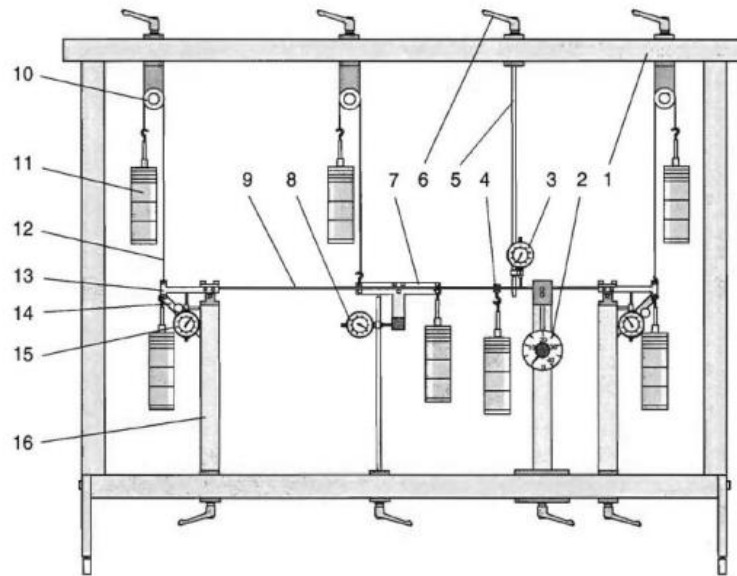


Figura 3. Banco SE 110.47 de GUNT Hamburg [2].

La viga estudiada con el SE 110.47 se puede apoyar de diferentes maneras, en la figura se dispone de dos apoyos con dispositivo de empotramiento y de un apoyo articulado con dinamómetro, con cuya ayuda se pueden realizar sistemas estáticamente determinados o indeterminados. Los dos apoyos con dispositivo de empotramiento están provistos de relojes de comparación que miden desplazamientos en las zonas que hacen contacto.

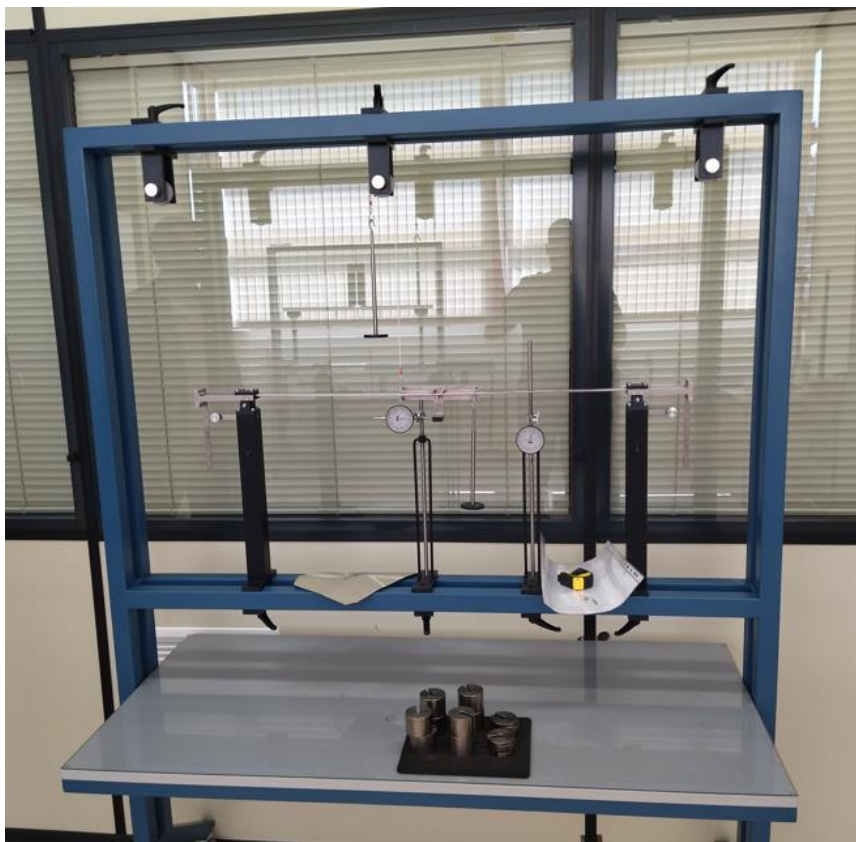


Figura 4. Banco de ensayos SE 110.47 situado en el laboratorio, GUNT Hamburg [2].

La transmisión de cargas en este tipo de bancos se aplica de forma fácil y directa, usando sistemas de poleas. Como se puede observar la variedad de tipos en función de la aplicación a la que se destine cambia mucho, esto a su vez hace que al contar con varios elementos estos también varían según la aplicación. Por lo que para este trabajo se acotará la funcionalidad del banco de ensayo en el uso del ámbito educativo tratando de diseñar componentes compatibles con los bancos que ya se dispone, donde se ensayarán elementos estructurales en el plano de su línea media.

Dentro de la gran variedad de bancos de ensayo, el trabajo se va a centrar en ensayos estáticos, es decir, aplicación de cargas de forma directa sobre el conjunto estructural; se va a diseñar con fines formativos trabajando sobre estructuras definidas. Como principal referencia para el banco a desarrollar se usará el banco que se dispone en el laboratorio del departamento (*Figura 4*), y que dispone de funcionalidades iguales al banco SE 110.47; con él se realizan prácticas de diversas asignaturas en la escuela por ello se va a replicar las funciones.

1.2 COMPONENTES Y FUNCIONES

El conjunto del banco de ensayos se compone de distintos elementos los cuales cumplen distintas funciones interactuando todos en conjunto para la realización de ensayos.

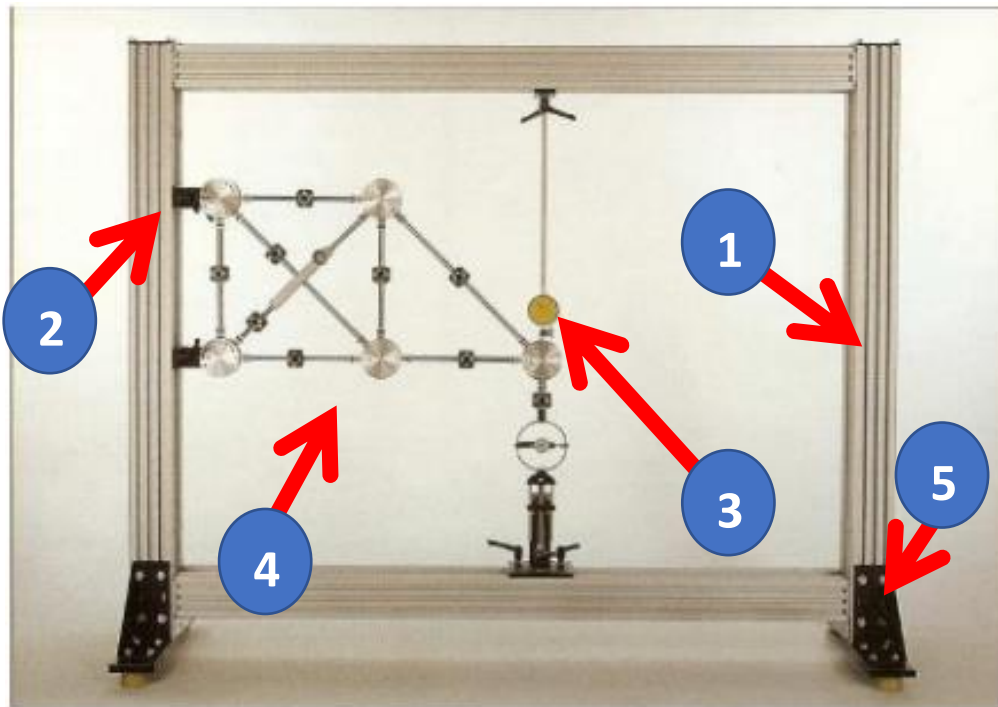


Figura 5. Distinción Componentes banco académico de ensayos de estructuras, GUNT HAMBURG SE [2].

La distinción de los distintos componentes de un banco de ensayos es necesaria para saber de cuáles se precisa y tener en cuenta en el diseño de componentes y útiles del banco. Como se ve en la (*Figura 5*) para el diseño de este banco se distinguen 5 componentes principales que se consideran.

1- El marco o bancada del banco de ensayo es el elemento que servirán de soporte para posicionar el resto de las componentes del banco, sus dimensiones van a determinarse en función del tamaño de los elementos estructurales a ensayar. Este debe garantizar con el orden de magnitud de las cargas para las que se diseña una suficiente rigidez y prácticamente que resulte despreciable su acción sobre este, ya que, de no hacerlo perturbará la toma de datos de desplazamientos y giros.

El tipo de perfil que se use en el marco tendrá por ello que tener las características estáticas (inercia, área, límite elástico...) necesarias que combinadas con el límite elástico deben cumplir con la resistencia requerida. Pero la geometría del perfil a su vez es importante por la geometría, ya que determinará la manera en la que se fijarán los soportes y la estructura.

2- Los soportes, brindan la posibilidad de obtener todo tipo de combinaciones posibles de fijación, además de poderlos usar también para situar los instrumentos de medida de cargas y desplazamientos. Estos deben estar unidos al marco y transmitirle las cargas en el caso de que actúen como fijación.



Figura 6. Soporte con caso de empotramiento de banco usado en el laboratorio.

Puede haber distintos tipos de fijación

- a) Apoyo fijo: Este tipo de apoyo evita que el extremo de la barra se desplace.
- b) Apoyo móvil: Este tipo de apoyo permite que el extremo de la barra se desplace libremente en una dirección restringiendo la perpendicular a esta, pero no permite el giro.
- c) Empotramiento: Restringe todas libertades en el plano de trabajo, desplazamientos y giros. (Figura 6)

3- Sensores, estos son instrumentos que se deben distinguir según su funcionalidad, ya sea para medir cargas aplicadas o para medir desplazamientos que sufre el conjunto. Son posicionados y fijados apoyándose en las posibilidades que brindan los soportes.

- Relojes comparadores: Este reloj ofrece una medida de forma analógica que detecta a través de contacto directo. Necesitan de un posicionamiento preciso que mantenga el contacto con la estructura, ya que en función de lo que se desplace el palpador en contacto ese será el desplazamiento medido. Se puede apreciar en la (Figura 4) en contacto con la estructura.
- Sensores de hilo: Usados para medir los desplazamientos en función de la longitud de hilo desplazada, ofrecen una gran versatilidad, ya que no es necesario el contacto de manera directa con el conjunto a ensayar, basta con un medio para su fijación. (Figura 7).



Figura 7. ASM POSIWIRE WS31C [3]

De sus especificaciones interesa destacar la longitud máxima y la resolución que ofrezca. En el datasheet figuran además sus características geométricas (Figura 8), las cuales deberán tenerse en cuenta para el diseño de piezas.

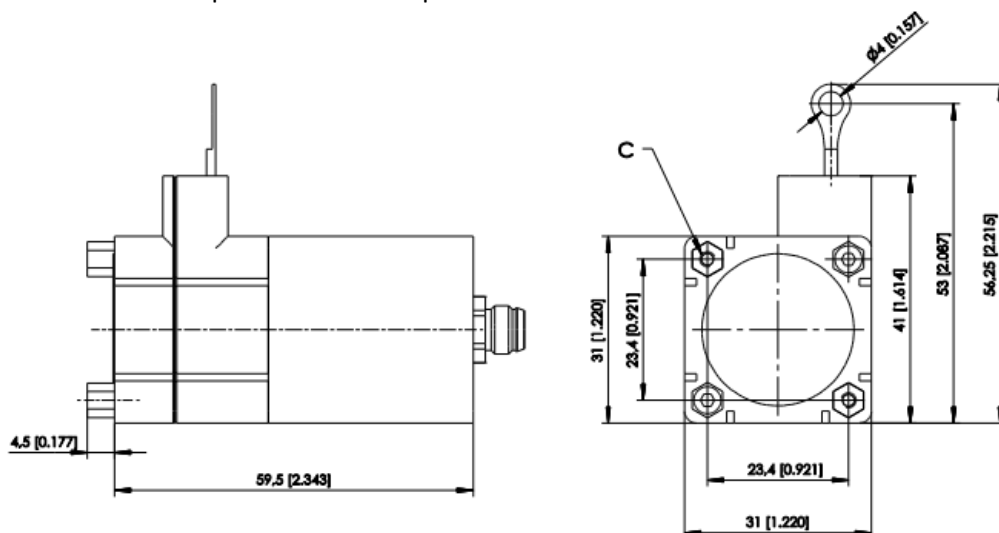


Figura 8. ASM POSIWIRE WS31C Datasheet.[3].

- **Celdas de Carga:** Las celdas de carga son dispositivos diseñados para medir la fuerza o carga que se aplica en una estructura, consiste en una estructura mecánica que se deforma cuando se aplica una carga sobre ella. Esta deformación es convertida en una señal eléctrica mediante un transductor que puede ser una galga extensiométrica (*Figura 9*). La señal eléctrica resultante se procesa y muestra en una pantalla o es enviada a un sistema de control o registro, detrás de esto es necesario un trabajo de programación de para la transferencia y recogida de datos en sistemas destinados a tal uso.

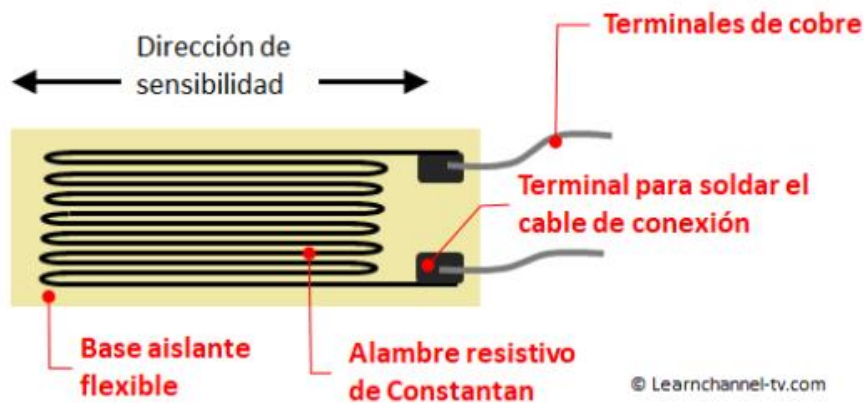


Figura 9. Galga extensiométrica [11]

Es importante controlar que la carga que se aplica no exceda para la que está diseñada, ya que se puede sobrecargar y esto hacer que el circuito electrónico quede inutilizado por generarse una carga eléctrica mayor. Para evitar esto puede haber topes mecánicos que limiten la carga aplicada o como hemos dicho, pantallas que muestren el esfuerzo para así no superarle. En el banco de ensayo que se va a diseñar, tendrá su uso centrado en celdas de carga extensiométricas como la de la (*Figura 10*), de las que se dispone en el laboratorio.

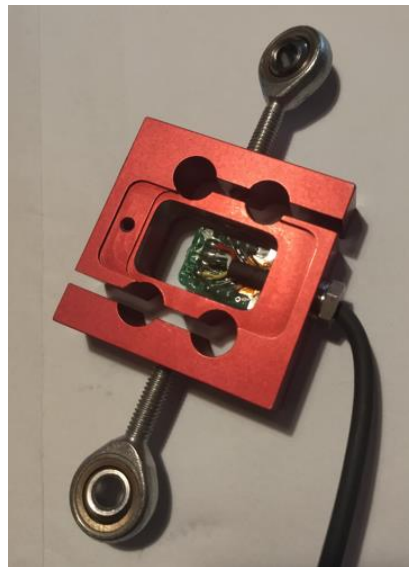


Figura 10. Celda de Carga

En la Celda de la (Figura 10) uno de los extremos es fijado a la estructura y el otro puede fijarse al cable de la polea, para medir la carga.

4- Conjunto estructural, su geometría es de gran importancia ya que determinará como se realizarán las conexiones con el marco y con los soportes.

Los conjuntos con los que se va a trabajar se caracterizan por ser necesaria una carga baja, no superior a unos 10 kg para las mediciones de desplazamientos. Sobre todo, se va a enfocar en el ensayo de pletinas (Figura 11), secciones macizas con un canto mucho menor al ancho, de distintos materiales metálicos. En la fase de diseño se definirán los distintos conjuntos a ensayar para el banco.



Figura 11. Pletina de acero fijada en banco de ensayo

5- Apoyos del marco, son los elementos que transmiten los esfuerzos de todo el banco de ensayo al suelo, nos deben garantizar estabilidad y aislar de vibraciones. Se definirá su montaje en la fase de diseño del banco.



Figura 12. Aplicación similar de taco anti vibratorio en banco EDIBON.[1]

Se usará este tipo de apoyo basado en el buen resultado que presentan los utilizados en el Laboratorio y en bancos comerciales de distintas empresas como el de la (Figura 12), otra posibilidad en caso de necesitarse movilidad podría ser optar por el uso de ruedas.

1.3 FIJACIÓN DE OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS PRINCIPALES

El objetivo se centra en el desarrollo de un prototipo que se va a diseñar cumpliendo con los requisitos funcionales combinando distintos elementos ensamblados entre sí, para poder ensayar ciertas estructuras, principalmente barras y perfiles que ofrecen poca resistencia a la deflexión. Las piezas utilizadas son tomadas de catálogo comercial y el diseño estudia el montaje entre las necesarias. En el apartado de diseño se define en detalle.

La principal premisa del banco de ensayo que debe cumplir son una serie de objetivos funcionales basados en las funcionalidades de los bancos que se dispone (*Figura 4*), y centrado en estructuras con las que se pretende utilizar.

- **FIJACIONES:** Esto hace referencia a cómo pueden estar restringidos los grados de libertad de la estructura y el posicionamiento de esta. Se buscará conseguir los distintos casos de apoyos, y empotramiento que se definirán para cada estructura.
- **PODER SITUAR LOS ELEMENTOS DE MEDIDA:** Contando con la geometría de estos instrumentos debe ser posible su correcto posicionamiento para que cumplan su función.

1.3.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

Los componentes utilizados son obtenidos gracias al catálogo comercial, en este caso de la empresa FASTEN [4], que ofrece una gran cantidad de componentes estandarizados. Este fabricante pese a disponer de catálogo permite hacerle requisitos de mecanizado, aunque se tratará de que sean mínimos ya que es un modelo inicial y debe ser validado en una segunda fase. Esto supondrá un reto para poder adaptar los requisitos necesarios para montajes en función de piezas ya existentes en catálogo y así conseguir los ensamblajes necesarios,

Para el modelado de los ensamblajes y el diseño de nuevos componentes se utilizará el software CATIA V5, así poder obtener la capacidad de entender los requisitos que tiene cada pieza y especificarlos para su fabricación ya sea en geometría y sus tolerancias; además de poder detectar como deben ensamblarse piezas entre sí. Enfocado en la fase de simulación del trabajo se busca mejorar la capacidad de establecer las condiciones de contorno de manera precisa y poder detectar factores de influencia para las simulaciones que se realizarán en SAP 2000 y con el módulo de elementos finitos de CATIA V5.

1.4 METODOLOGÍA

La concepción que se va a realizar va a comenzar por un modelado 3D (software CATIA V5 6R) de los componentes necesarios de catálogo y su montaje, de forma que cumplan las características que se define (requisitos anclajes galgas, hilo, estructura), tratando de buscar estandarizarlo y simplificarlo, para ello se usan los catálogos comerciales. En caso de ser necesaria alguna operación o requisito en alguna pieza se define en un plano para poder mandárselo al fabricante. El siguiente paso será una simulación por software ante cargas del

conjunto del marco (software SAP 2000) para tratar de corroborar hipótesis realizados sobre desplazamientos y deflexiones del marco o algún componente comprometido. Los componentes que puedan tener cierto riesgo se simulan por medio de elementos finitos en CATIA V5 6R. Continuando con el proceso se propondrá alguna mejora o añadido, y finalmente el coste del equipo.

2. DISEÑO DEL BANCO DE ENSAYOS

2.1 CONDICIONES DE DISEÑO

El banco de ensayo que se va a diseñar tendrá uso formativo para el laboratorio de ensayos de estructuras de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid. Son tomados como referencia modelos de bancos con los que ya cuentan en el laboratorio, pero optimizando los componentes y buscando su estandarización. Esto permitirá el intercambio entre bancos de componentes y a su vez servirá como referencia para facilitar el montaje de la geometría del marco. Como empresa suministradora de los elementos necesarios como se ha definido ya, será FASTEN, por lo que los requisitos definidos deberán ser conseguidos usando elementos de su catálogo comercial.

Consecuencias de la estandarización, se va pretende conseguir:

- **REDUCIR OPERACIONES MONTAJE:** El empleo de elementos de catálogo hace que dándose mismos casos de montaje se puedan utilizar los mismos elementos para las uniones similares, a su vez este catálogo contiene piezas para ensamblar entre sí lo que facilita la tarea de diseño.
Si en el caso de algún componente es necesario cambiar requisitos geométricos, de tolerancias o nuevos mecanizados se realizará un plano para documentarlo y establecer el acuerdo con el fabricante.
- **ADAPTABILIDAD DE COMPONENTES A POSIBLES CAMBIOS:** El diseñar en base a un catálogo permite tener alternativas a cambios que tengamos en mente, ya que los elementos del catálogo están concebidos para ser capaces de ensamblarse otros y realizar cambios o sustituirles para una función distinta. A su vez se podrán implementar mejoras sin ser necesario ajustar los demás componentes, o de forma mínima.
- **BUSCAR UNA REDUCCIÓN DE COSTES:** El hacer uso de este catálogo hace que los elementos que hay están pensados para ensamblar entre sí componentes de manera sencilla sin tener que recurrir a otros proveedores y realizando los menores mecanizados posibles.

2.2 ESTRUCTURAS PARA ENSAYAR

El marco tiene intención de poder ensayar gran variedad de elementos estructurales, en este trabajo se centrará en la caracterización de perfiles de distintos materiales sobre todo de aceros de distintos tipos en los que las fijaciones se realicen en los extremos; ya que los bancos disponibles están centrados en estos conjuntos de ensayo que se deforman ante cargas bajas, y

se busca replicar la funcionalidad de estos. Pese a esto debe considerarse algún otro caso que se ensaya como es el de una cercha.

- Como puede ser el caso de pletinas (*Figura 13*), perfiles de sección rectangular cuyo lado menor es muy estrecho en proporción con el lado mayor, esto hace que se ensayen en el eje de menor inercia para poder medir una mayor flecha haciendo uso de la menor carga posible.
- En el laboratorio se dispone de una cercha (*Figura 14*) de nudos articulados que se ensaya también en el banco de forma que queda bi-apoyada en dos de sus puntos por lo que se tiene en cuenta para el diseño de piezas.

Para la definición de ambos conjuntos de ensayo se realizan sus correspondientes planos de definición, donde se representa su geometría y el material con sus propiedades.

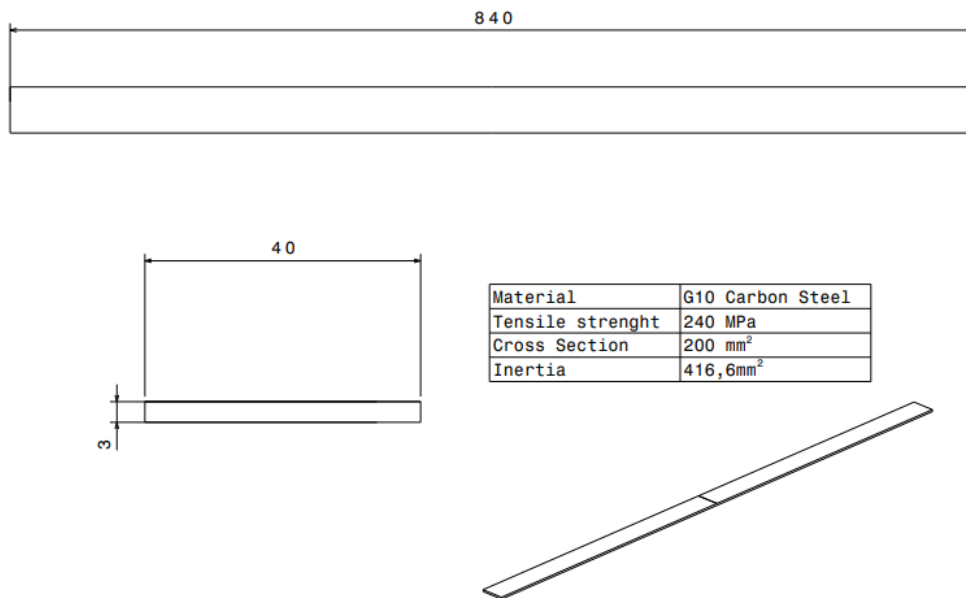
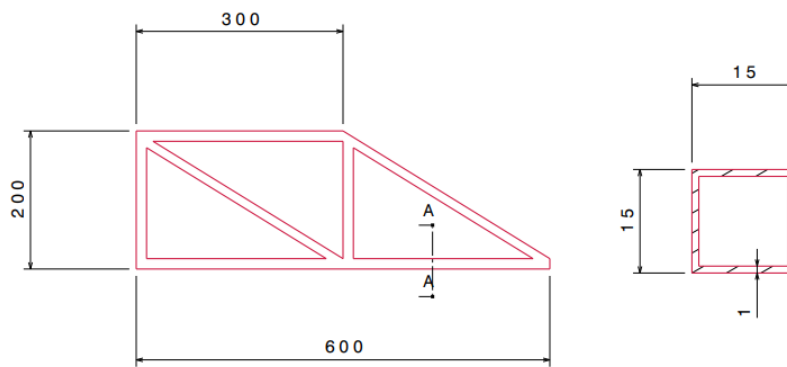


Figura 13. Pletina de ensayo de sección rectangular.

Para el ensayo de barras con los bancos disponibles se consiguen los 3 casos de fijación, por lo que se va a replicar el mismo número de casos. Como ya se ha comentado en este caso la cercha solamente se ensaya bi-apoyada.



Material	G10 CARBON STEEL
Tensile Strenght	275 MPa
Cross Section	56 mm ²
Inertia	1838.67 mm ⁴

Figura 14. Cercha disponible en el laboratorio

2.3 SENSORES

Para medir desplazamientos se emplea el sensor de hilo, por su versatilidad, sencillez y precisión. No supone un posicionamiento tan preciso como el reloj comparador, y no tiene que estar en contacto directo con las estructuras, ya que el hilo permite poder estirarse para llegar a adaptarse al punto de fijación. Su geometría permite que no sea muy complicada su fijación, y para acoplarlo a la estructura basta con el uso de componentes para aplicación de cargas sencillos con los que ya se dispone.

Specifications

Measurement range	250 / 500 / 750 mm
Resolution	Analog: quasi infinite
Output	Potentiometer 1 k Ω Voltage 0.5 ... 10 V Current 4 ... 20 mA, 2 wire
Linearity	$\pm 0.35\%$
Mounting	Mounting brackets Spacer nuts
Sensing device	Precision potentiometer
Material	POM measuring cable: stainless steel
Protection class	IP50
Connection	Cable output, standard length 2 m Connector MB, 4-pin (only for output R1K)
Temperature range	-15 ... +60 °C, max. 85 % RH, non condensing
Weight	Approx. 130 g
Pull-out force	250 mm: 1.5 N 500 mm: 1.7 N 750 mm: 1.2 N
EMC	DIN EN 61326-1:2013

Figura 15. ASM POSIWIRE WS 31C technical data [3]

De sus especificaciones (*Figura 15*) interesa destacar la longitud máxima, que llega a 750 mm; y una resolución sobradamente buena para las mediciones que son necesarias. Sus características geométricas ya definidas (*Figura 6*) son consideradas en el diseño.

2.4 ÚTILES PARA TRANSMISIÓN DE CARGA Y TOMA DE MEDIDAS

Estos útiles son fundamentales para la consecución de los ensayos, ya que son imprescindibles para la transmisión de cargas y las mediciones, ya que de alguna forma se tiene que conseguir la interfaz con la estructura. Un ejemplo puede ser este gancho (*Figura 16*) que cuenta con caucho para evitar el deslizamiento y se coloca sobre la sección que se quiera cargar, a su vez sirve para posicionar cargas, y para fijar el extremo del sensor de hilo.



Figura 16. Útil para cargas o medir sobre la estructura

Otro ejemplo de estos utillajes es el usado para la transmisión de momentos que se usa en el banco de la (*Figura 4*). Se observa en la (*Figura 17*) que la carga se aplica en ambos extremos del útil para que en la sección media entre ambos extremos quede aplicado el momento.



Figura 17. Útil para aplicación de momentos

2.5 MARCO DE LA BANCADA

2.5.1 DISEÑO DEL MARCO

El requisito fundamental del marco son sus dimensiones, ya que debe ser capaz de alojar los conjuntos estructurales a ensayar y los soportes necesarios para ello. El marco va a determinar cómo son fijados los soportes por lo que es importante tenerlo en cuenta.

Como siguiente requisito debe garantizar bien las condiciones de estabilidad, rigidez y resistencia, lo cual se estudiará en un posterior apartado del trabajo.

Tomando de muestra modelos que son usados para cargas del mismo orden, se selecciona un perfil extruido de aluminio anodizado (*Figura 18*), ya que el fin de utilizar el catálogo de FASTEN es que cuentan con multitud de piezas adaptadas a este tipo de perfiles acanalados.

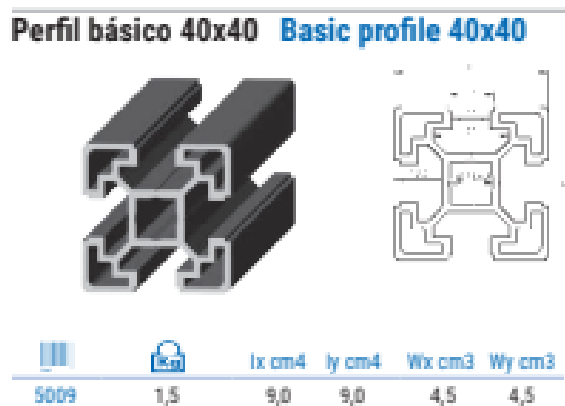


Figura 18. Datos del perfil usado [4]

El fabricante proporciona las características resistentes (*Figura 19*), la principal es la inercia del perfil que al ser simétrico es igual en ambas direcciones; esto hace que no se tengan que realizar hipótesis o aproximaciones y facilita la tarea.

Datos técnicos Aluminio anodizado color natural

Technical data Aluminium natural anodized

Longitud estándar Standard length	6 m.	Límite elástico Tensile strength	200 N/mm ²
Aleación Alloy	Al Mg Si 0,5 F25 (6060/6063)	Módulo de elasticidad transversal Elasticity module E	aprox. 70000 N/mm ²
Densidad Density	2,7 gr/cm ³	Dureza Brinell Hardness	75 HB
Espesor anodizado Anod. layer thickness	15 µm	Coefficiente de dilatación Coefficient of dilation	23,8 · 10 ⁻⁶ · K ⁻¹
Dureza anodizado Anod. layer hardness	250-350 HV	Punto de tensión Ductile yield	A5 > 10% - A10 > 8%

Figura 19. Características resistentes perfil del marco [4]

Con base en las dimensiones de los conjuntos a ensayar y la geometría de los marcos de los bancos disponibles en laboratorio se define la geometría global del marco (*Figura 20*), a partir de ella se especifica el proceso de montaje de este.

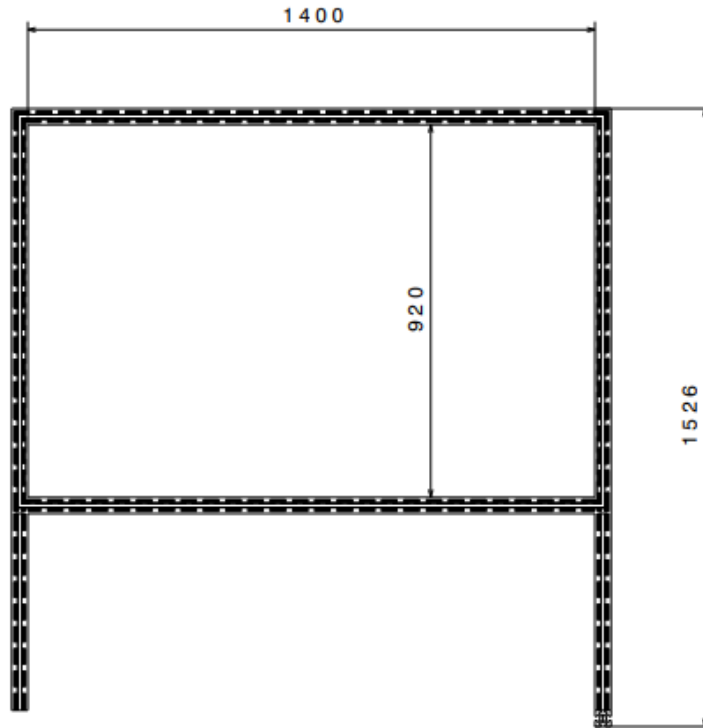


Figura 20. Geometría global del marco

Para la selección perfiles buscando la estabilidad se usan dos perfiles de los seleccionados separados una distancia de 40 mm (*Figura 21*), esto permite poder jugar con esta distancia para posibles modificaciones, aunque requiere de más operaciones de montaje.



Figura 21. Posicionamiento perfiles en banco del laboratorio

Esto a su vez se realiza para poder aprovechar diversos útiles que se encuentran disponibles en el laboratorio para una selección de perfiles de mismas dimensiones y separados una cierta distancia

Recreando los modelos con los que se cuenta, se hace el modelado del marco que engloba la estructura con el uso de dos perfiles separados entre sí la distancia nominal de otro perfil, es decir 40 mm (Figura 22).

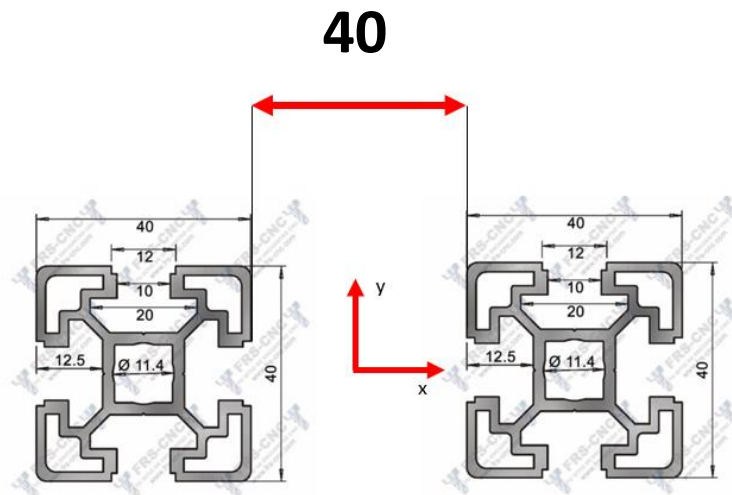


Figura 22. Posicionamiento dado de los perfiles del marco [5]

Por lo que al ser el eje y en el que aplican las cargas en el banco, las inercias se multiplicarán por dos, resultando un total de 18 cm^4 .

Para una primera validación de que el marco proporcionará un buen comportamiento en desplazamientos para las cargas utilizadas, se realiza un cálculo rápido usando información del fabricante, de la deflexión que tendría en el caso más crítico (Figura 23).

Se define el caso en el que se cargue en la sección central del marco ($L=1.5 \text{ m}$), con una carga de 20 kg.



Figura 23. Cálculo de deflexión.[4]

Usando las inercias del perfil y el módulo elástico, nos queda una deflexión de 1,3 mm. Por lo que en una primera instancia parece un resultado que no pueda influir en gran medida en los resultados, teniendo en cuenta que es el caso más crítico.

2.5.2 INSTRUCCIONES MONTAJE

2.5.2.1 SECUENCIA DE MONTAJE

El ensamblaje del marco se realiza usando uniones roscadas para la unión de los perfiles, usando elementos como escuadras y tornillería, todo proveniente de catálogo comercial. En la (Figura 24) se especifica las operaciones necesarias para el montaje del marco, seguido se especifican en detalle las operaciones y componentes necesarios para llevarlo a cabo.

1- UNIÓN DE DISTINTOS PERFILES DE CADA PÓRTICO	Uso de escuadras y tornillería
2- UNIÓN ENTRE PÓRTICOS	Uso de pletinas y tornillería
3- CONEXIÓN CON APOYOS	Uso de escuadras para unir con los perfiles horizontales y tuercas para fijar los soportes anti vibratorios.

Figura 24. Tabla operaciones montaje generales.

2.5.2.2 ELEMENTOS DE CATÁLOGO USADOS:

Estos elementos han sido diseñados para las uniones de este tipo de perfiles extruidos y están suficientemente contrastado su correcto funcionamiento.

Nos apoyaremos en el uso de los canales del perfil, que tienen la particularidad de que se puede alojar tornillos fabricados de una cierta manera, en la que la cabeza tenga la geometría idéntica a la acanaladura, esto permite que no se realicen mecanizados como agujeros y puedan desplazarse los tornillos a lo largo del perfil.

Para el montaje del banco se usan tornillería de M8x25, en las uniones de los perfiles de distintas longitudes. Se considera fundamental el uso de tornillería de la misma longitud para el montaje del banco para evitar conflictos e incertidumbre durante el montaje.



Figura 25. Tornillos cabeza de martillo para perfiles acanalados [6]

Como se puede apreciar basta con girar la cabeza para posicionar el tornillo en el hueco y una vez dentro rotarla a (90 °), así las tareas de montaje se facilitan. En las (Figura 26) y (Figura 27)

se aprecia su característica especial y el montaje sin hacer ningún mecanizado, por lo que conseguir una unión roscada entre dos elementos es tarea sencilla.

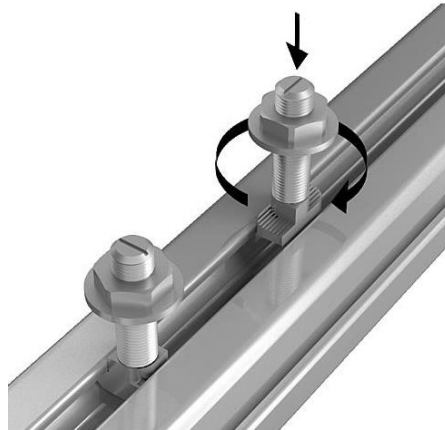


Figura 26. Posicionamiento de los tornillos. [6]



Figura 27. Ejemplo aplicación real

Para la unión de perfiles perpendiculares entre sí, se usan las siguientes escuadras del catálogo (Figura 28).

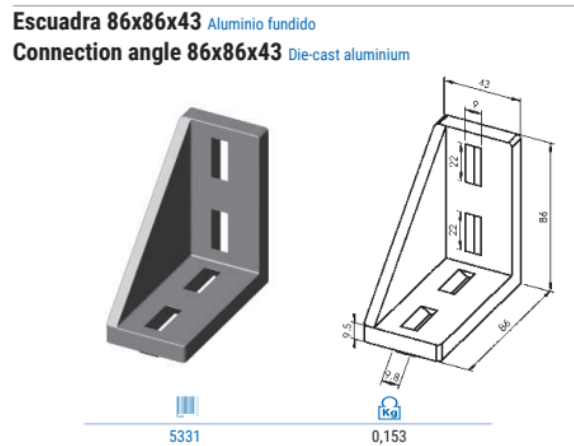


Figura 28. Escuadras del marco [4]

Como en el caso del marco de este banco de ensayos, se compone de dos perfiles acanalados separados 40 mm entre sí, debemos usar un elemento como la pletina de la (Figura 29) y (Figura 30) que los mantenga fijados a esta distancia.



Figura 29. Unión entre perfiles paralelos [4]

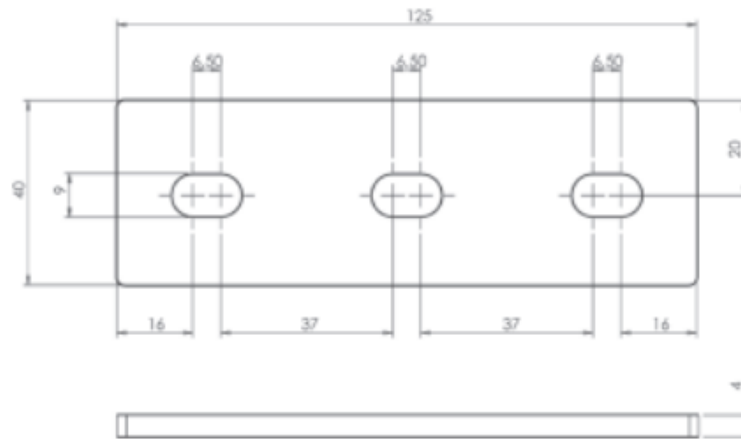


Figura 30. Características geométricas pletina [4]

Finalmente se establecen los contactos con el suelo a través de soportes anti vibratorios (Figura 31).

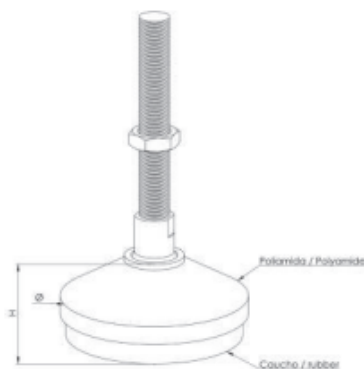


Figura 31. Taco anti-vibratorio [4]

La rosca es de M12, será necesario realizar un taladro pasante perpendicular al perfil de diámetro 12,5 mm que permita el paso del esparrago de soporte.

2.5.3 OPERACIONES MONTAJE

Como se ha definido en la secuencia de montaje, el primer paso será fijar los distintos tipos de perfiles en cada uno de los dos pórticos haciendo uso de escuadras. Para ello es necesario disponer de las longitudes necesarias que componen cada pórtico. Las uniones de 90 grados señaladas serán ensambladas utilizando la escuadra y los tornillos de M8 con la cabeza por el lado interno para facilitar el montaje.

➤ La ventaja de las escuadras a parte de su robustez y mejorar el comportamiento ante cargas, es la mejor alineación del perfil. Es importante destacar que todas irán montadas en el lado interior y por debajo del perfil (*Figura 32*), así la distancia en voladizo se reduce. Las escuadras de la parte inferior de la zona de ensayo además molestarían en la zona de ensayo en caso de colocarse por la parte de superior.

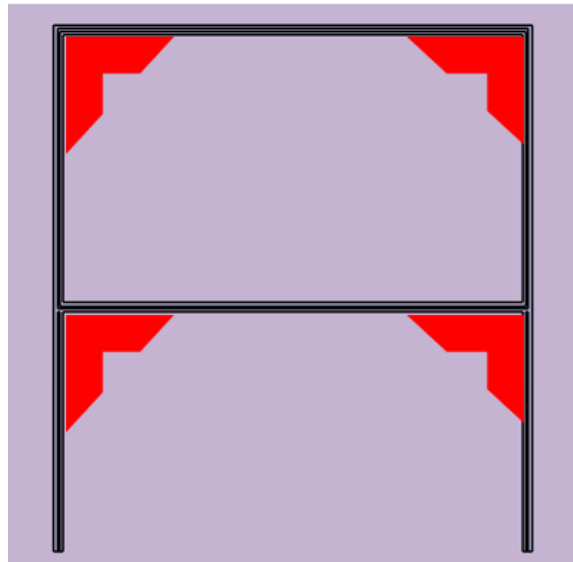


Figura 32. Posiciones Escuadras

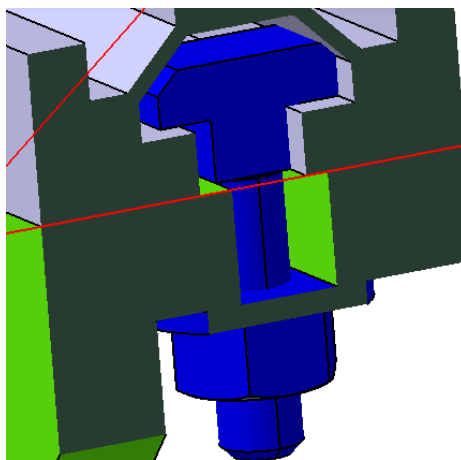


Figura 33. Unión usada en las escuadras en modelo 3D

Gracias a una sección en corte del ensamblaje de la escuadra en 3D (*Figura 33*), se observa como encaja la cabeza del tornillo en el perfil para realizar la unión de la escuadra usando la tuerca hexagonal (*Figura 34*).

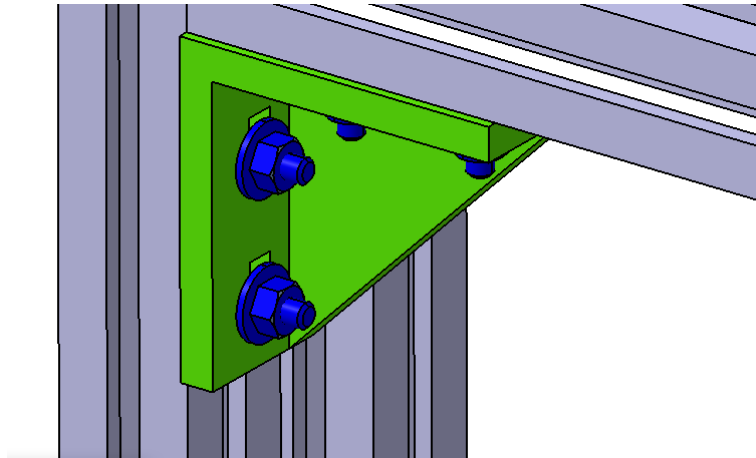


Figura 34. Escuadra uniendo dos perfiles perpendiculares

- Para establecer la unión de los pórticos a una distancia entre ellos de 40 mm se utiliza la pletina. Se usan los mismos tornillos y de la misma longitud que hemos usado para fijar las escuadras, por lo que no son necesarios mecanizados auxiliares, la pletina cuenta con agujeros rasgados de 9 mm, que permite el paso de los tornillos de M8. Los puntos donde se colocarán las uniones entre pórticos son en la distancia superior, la inferior y en la media donde comienza el tramo horizontal, para conseguir una correcta unión y rigidez en todo el conjunto (*Figura 35*).

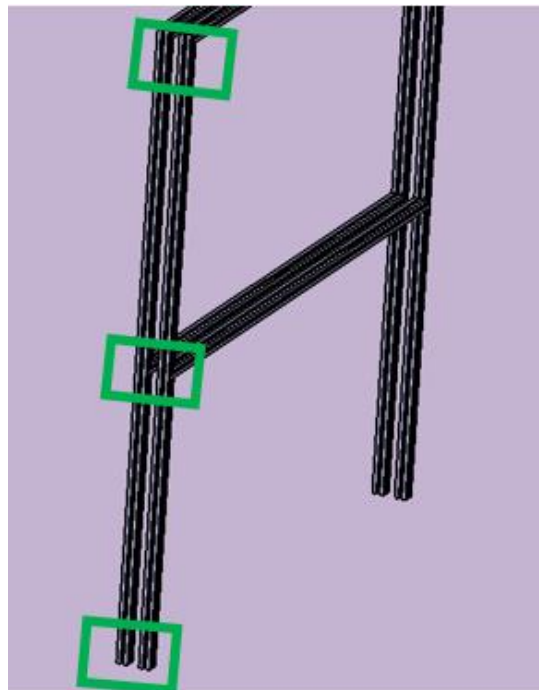


Figura 35. Posiciones pletinas montaje del marco

Al contar con agujeros rasgados la pletina puede salvar un cierto juego, pero se debe tener cuidado en el ensamblaje de esta para que queden justamente unidos a una distancia de 40 mm en todas pletinas que se coloquen.

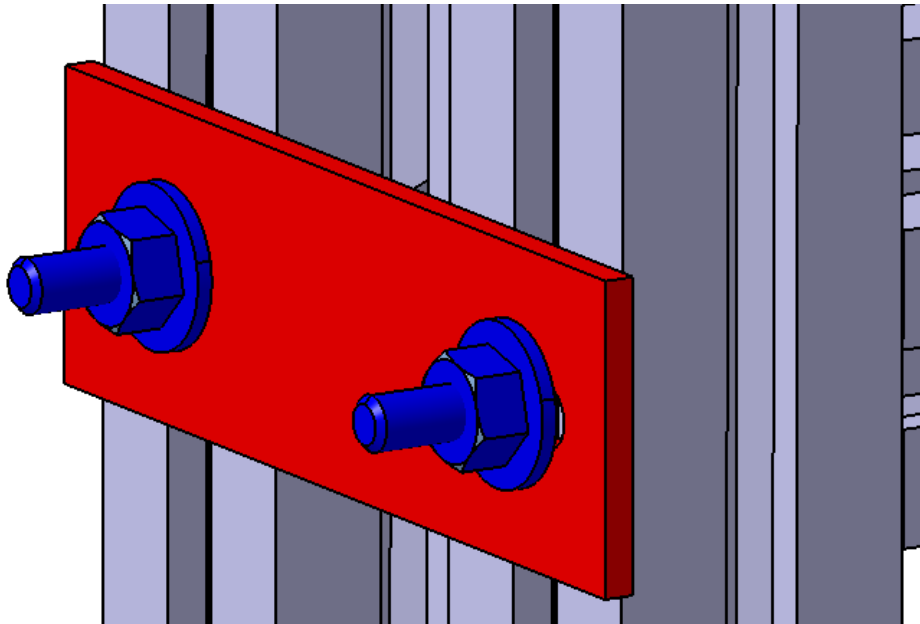


Figura 36. Representación 3D unión con pletina entre pórticos.

Para la unión de los pórticos con los perfiles horizontales de los apoyos, se realiza utilizando escuadras y tornillos de las mismas características (Figura 36), así uniremos el conjunto del marco ya montado con los perfiles horizontales de 720 mm. Se observa la posición de las pletinas para la unión con la base horizontal en la (Figura 37).

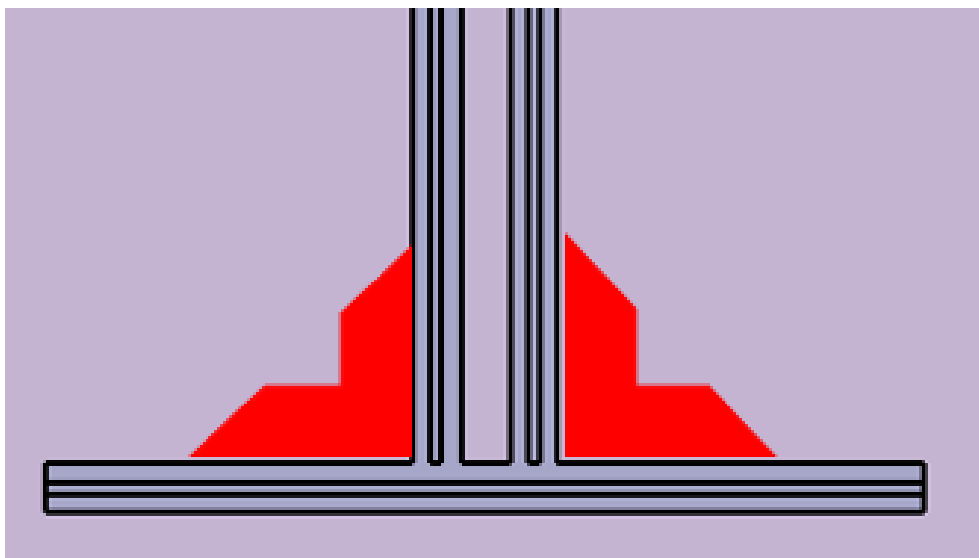


Figura 37. Posición de escuadras en los apoyos

Finalmente, sobre este perfil horizontal se sitúan los apoyos para los cuales debe realizarse un taladro pasante en este perfil que permita el alojamiento del esparrago roscado del taco anti-vibratorio.

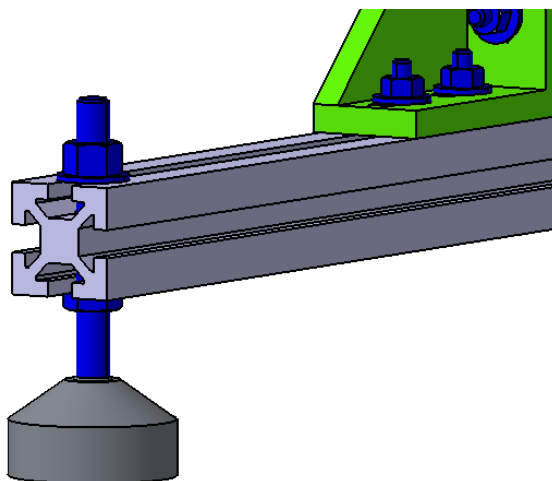


Figura 38. Montaje del soporte anti-vibratorio sobre el perfil de base horizontal

Hay que dejar claro que en el montaje de los soportes se deberá realizar un agujero pasante perpendicular al perfil de diámetro 12,5 mm.

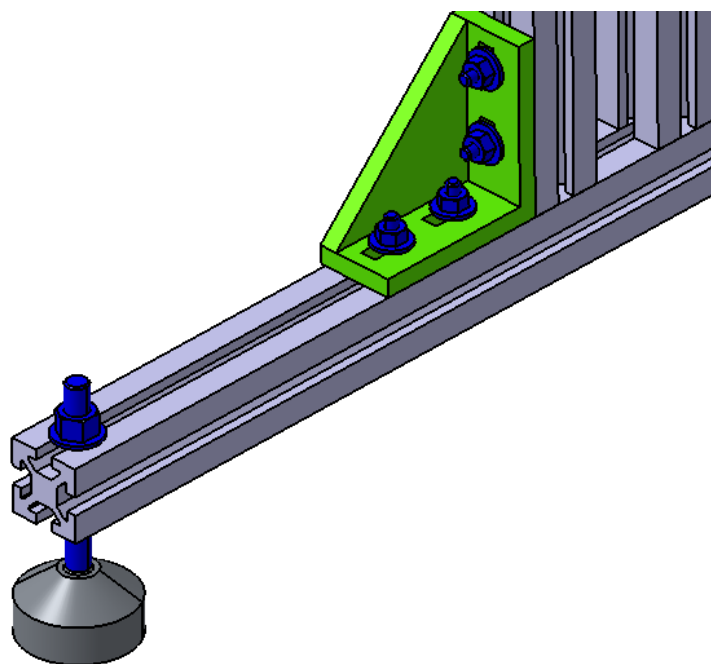


Figura 39. Resultado final de los soportes.

- Para el montaje del marco se elabora una lista de materiales (*Figura 40*) específica para quedar completamente definido su montaje, y poder pedir suministro al proveedor. Para tener presentes el disponer de las longitudes de perfiles necesarias y realizar los agujeros que se definen en este documento.

2.5.4 LISTA DE MATERIALES







 <p>Tornillo cabeza martillo + tuerca (M8X50)</p>	<p>48 Ud.</p>
 <p>Pletina de unión triple</p>	<p>4 Ud.</p>
 <p>Escuadra 86x86x43</p>	<p>12 Ud.</p>
 <p>Perfil básico 40x40</p>	<p>(L=1,00 m) x4, (L=0,72 m) x2, (L=1,50 m) x4 11,42 m</p>
 <p>Pies anti-vibratorios, con rótula</p>	<p>4 Ud.</p>
 <p>Tuerca hexagonal M12</p>	<p>4 Ud.</p>

Figura 40. Lista de materiales del marco de la bancada

2.6 SOPORTES DEL BANCO

El diseño de los soportes va a tener dos partes, la primera, en el diseño del ensamblaje que permitirá la unión con el marco, y el segundo referente a los utillajes necesarios para cumplir con las distintas funcionalidades. Para conseguir las fijaciones se usan componentes que permitan tener gran área de contacto en el caso de los empotramientos para tratar de acercarse al caso ideal de impedir el giro, y en los apoyos acercarse a tener un contacto casi puntual para aproximarse al caso ideal. Una aplicación que para conseguir empotramientos usa este concepto de la distancia de embridamiento en la industria de la construcción se da con el hormigón armado (Figura 41).

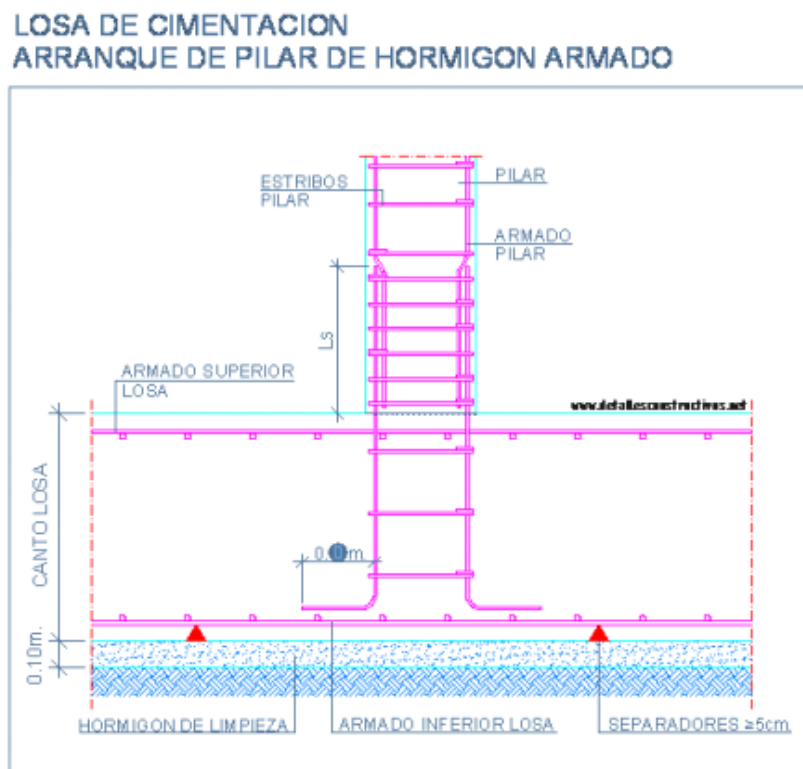


Figura 41. Empotramiento de viga en hormigón armado. [7]

Esto hace que al tener más longitud en contacto con el terreno se transmitan de manera adecuada los momentos al suelo. Resultando así un giro nulo en la sección inicial que esta fuera del hormigón.

2.6.1 CONEXIÓN CON EL MARCO

Esta interfaz que se diseña es de gran importancia ya que a partir de ella se posicionan los distintos utillajes. Para establecer esta conexión se aprovecha las acanaladuras del perfil para así alojar en las cabezas de los tornillos que fijarán las bases de los soportes. Usando un tornillo de estas características en cada perfil podremos fijar una pletina a ellos que servirá de soporte para fijar los demás componentes (Figura 42).

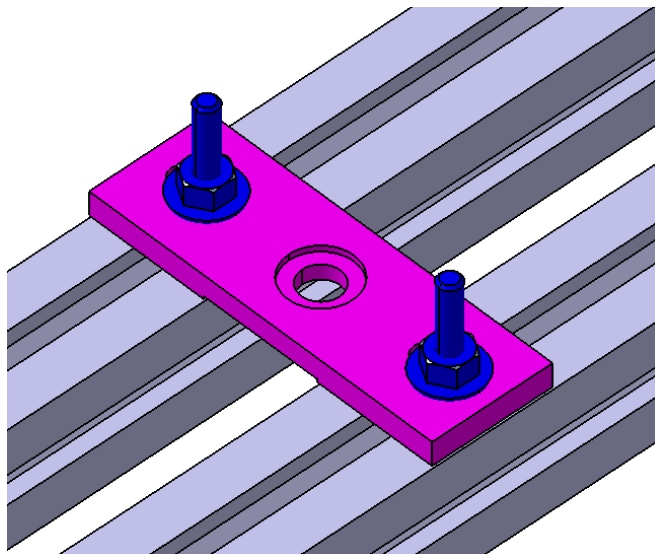


Figura 42. Unión de la base con los perfiles.

Esto permite mover a lo largo de la acanaladura todo el soporte por lo que nos permitirá colocarlo en cualquier posición horizontal y vertical, al tener en todo el marco perfiles acanalados. La tarea ahora recae sobre el diseño de la base que se usará para apoyar el soporte, para ello se deben tener en cuenta las funcionalidades que debe cumplir. Se partirá de la pletina utilizada para la unión de pórticos y se realizarán modificaciones haciéndolas figurar en un plano.

➤ REQUISITOS PLETINA:

1. Sobre ella apoya el perfil vertical de 40x40 mm, por lo que es necesario un cierto encaje que ofrezca buen posicionamiento y que facilite el montaje si que el perfil se gire, esto a su vez proporciona cierta embridación con la pletina cuando se atornille.
2. El tornillo que fija el perfil a esta, es de M12 y su cabeza de diámetro 21 mm. Por lo que debe adaptarse para el encaje, solamente es necesario un taladro en el perfil perpendicular que permita el paso de la llave allen (Figura 43).



Figura 43. Unión en agujero central. [5]

Se define un rebaje en la placa para alojar la cabeza del tornillo de fijación central (Figura 44).

3. Por los rebajes que se realizan, se requiere aumentar el espesor global de la pletina asegurando así rigidez.
4. Los agujeros rasgados se definen en vez de normales para tener cierto margen de maniobra para el posicionamiento sobre los tornillo alojados en los carriles del perfil, deben ser pasantes.



Figura 44. Tornillo de fijación central FASTEN.[4]

Todas estas modificaciones se hacen figuran en un plano (Figura 45) con sus geometría y tolerancias especificadas. En demás piezas que sea necesario también se realizará un plano correspondiente, y todos juntos se encuentran en un documento (VER ANEXO).

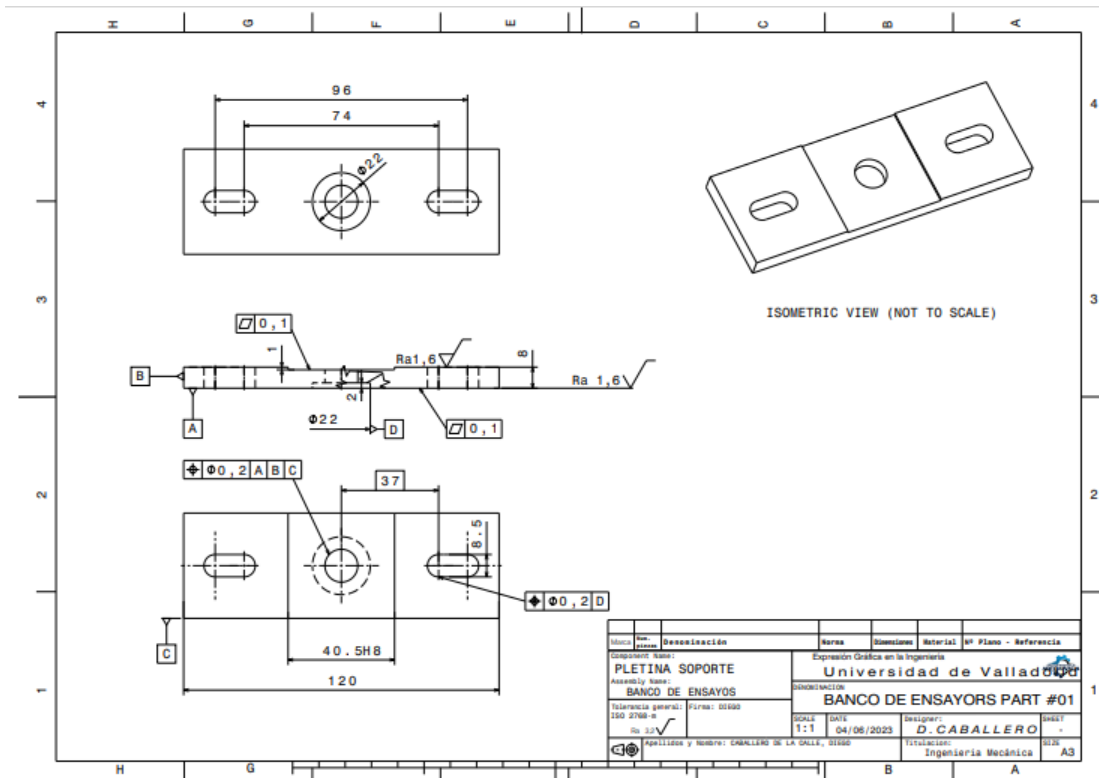


Figura 45. Plano con especificaciones sobre la pletina (Ver Documento en ANEXO)

➤ FUNCIONES QUE NECESITAN SER VERIFICADAS:

1. Encaje de 40,5 mm de ancho para garantizar el correcto posicionamiento del perfil, debido a que no se proporcionan las tolerancias de fabricación de este perfil (*Figura 46*), se consultan en un libro de referencia en diseño como es el de la figura.

PIEZAS OBTENIDAS POR DEFORMACIÓN	Dimensiones de las barras en mm						
	< 50	50 a 80	80 a 200	200 a 315	315 a 400	400 a 500	500 a 630
Forjado	± 3	± 3	± 4	± 6	± 8	± 9	± 10
Matrizado	± 0,5	± 1	± 1	± 1,5	± 2	± 2,5	± 2,5

Figura 46. Tolerancias de fabricación. [8]

De esta forma aseguramos el montaje al hacer el encaje de 40,5 mm. Para el tornillo de fijación central el encaje es de diámetro 22 mm, para permitir alojar su cabeza de diámetro 19,5 mm.

2. Agujeros pasantes de diámetro 8,5 mm, permitiendo de forma segura el paso de los tornillos de M8. Consultando el mismo libro para dimensionar los agujeros pasantes (*Figura 47*).

34x13 Arandelas

d	D	d ₁
4	16	4,25
6	22	6,25
8	28	8,25
10	34	10,25
12	40	12,5

Figura 47. Agujeros pasantes.[8]

Para el tornillo de M12 se mantiene un agujero de 12,5 ya que es más crítico que tenga mucho juego, porque une de forma directa con el perfil.

3. La tolerancia de planitud de la cara donde apoya el perfil es necesaria debido a que una mala planitud hace que no asiente de manera correcta y pueda transferir mal las cargas al marco, además de poder influir en la desviación de perpendicularidad del perfil.

4. Tolerancia de posición para el agujero central, de forma que su posición en el origen de simetría no varíe mucho y pueda afectar al posicionamiento de los agujeros rasgados.

2.6.2 UTILLAJES PARA LAS DISTINTAS UTILIDADES

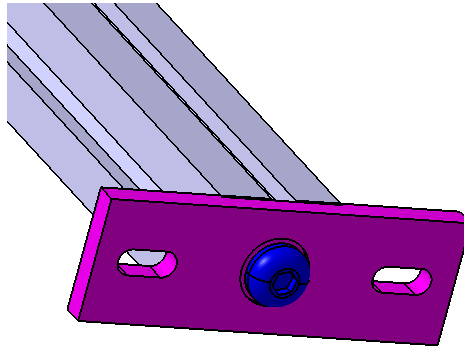


Figura 48. Conexión de perfil a la pletina de la base

Una vez se ha definido como se va a realizar la fijación a la bancada de los soportes, nos apoyaremos en esta fijación para ensamblar sobre ella los distintos elementos para cada funcionalidad que deseemos. Partimos de la pletina fijada por dos tornillos a los perfiles del marco (*Figura 48*), (*Figura 49*).

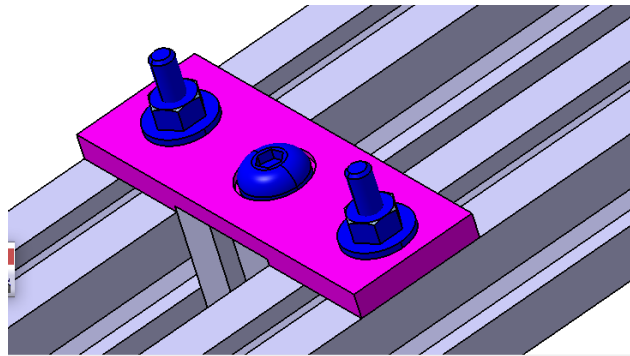


Figura 49. Resultado con el perfil ya ensamblado

Se unirá en los canales externos del marco de ensayo, para obtener cierta embridación en el perfil del soporte por parte de los perfiles de la bancada (*Figura 50*).

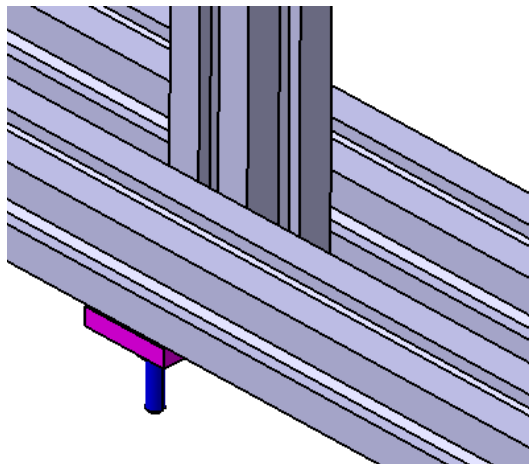


Figura 50. Ensamblaje en la parte inferior para obtener embridación

Esta opción se podría haber usado para las uniones del marco de la bancada, pero al ser un elemento donde la rigidez en cuanto a desplazamientos es estricta por su funcionalidad y el voladizo tan grande se opta por asegurar la rigidez, además de no controlar de la misma forma que las escuadras la rectitud. Con el soporte desmontado de la bancada, se posiciona la pletina y se fija con el tornillo central, así con el perfil ya fijado podremos posicionar los siguientes utillajes sobre él.

2.6.3 EMPOTRAMIENTO

En el diseño de estos soportes se busca conseguir el caso de empotramiento, impidiendo así el giro, usando una cierta área de contacto que fije la estructura, siendo la línea media de esa área la sección empotrada.

El banco de ensayo se diseña para ensayar las estructuras en 2 dimensiones presentando así 3 grados de libertad, por lo que un apoyo debe restringir todos los grados de libertad de los desplazamientos y giro.

2.6.3.1 DISEÑO DEL UTILLAJE

Utilizando el perfil fijado en la pletina con tornillo central, en la parte superior de este debe realizarse la fijación. Para el empotramiento de la barra a ensayar se aprovecha también la pletina que se ha diseñado anteriormente, pero debe tener un soporte donde apoyarse, aquí entra en juego el uso de escuadras.

Se coge como referencia un modelo del catálogo FASTEN al que se realizan ciertas modificaciones (Figura 51).



Figura 51. Ángulos para posicionamiento [4]

Por lo que es necesario la realización de un plano de los requisitos para notificárselo al fabricante. Con ellas se busca conseguir una cierta base de apoyo para las pletinas, a su vez son necesarias modificaciones en agujeros y posiciones de estos para poder fijarlas al perfil e impedir que se roten o muevan (*Figura 52*), (*Figura 53*).

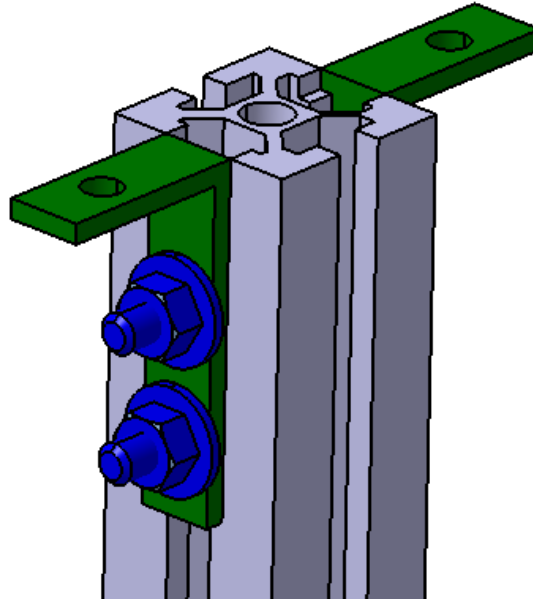


Figura 52. Resultado tras ensamblar ángulos de posicionamiento

Como se aprecia será necesario realizar en taller taladros pasantes para los tornillos de fijación, que se realizaran en el laboratorio en el montaje, al igual que los anteriores para las M8 se deja un agujero pasante de 8,5 mm. Consiguiendo así permitir el paso del tornillo, y a la vez que la holgura no sea muy acusada y se transmitan de manera correcta las cargas al perfil sin perder la posición de los ángulos.

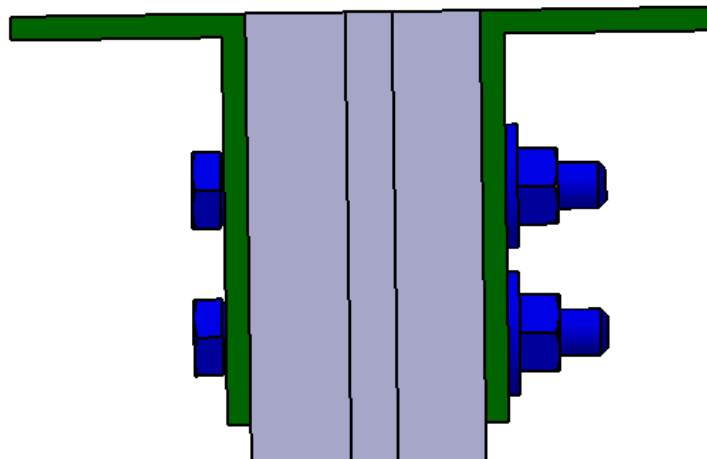


Figura 53. Tornillos pasantes para fijación de los ángulos de sujeción.

Gracias a esto se posiciona una pletina con el encaje mirando hacia arriba y otra encima de esta con el encaje mirando hacia abajo y se fijan con tornillo de cabeza hexagonal que son mejores por tener la cabeza más área de contacto (Figura 54).

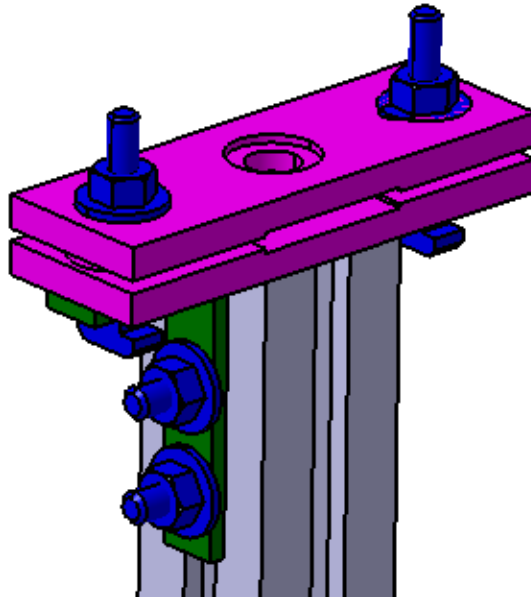


Figura 54. Resultado Soporte empotramiento

Para la posición de las pletinas (Figura 54) sobre los soportes se usan tornillos de M8x 65 mm de cabeza hexagonal, uniformizando la misma tornillería para el montaje de este ensamblaje. Se tiene que cumplir que el utillaje usando los elementos del catálogo FASTEN restrinja los desplazamientos y el giro gracias al área de contacto (Figura 55); cosa que se validará en el montaje en el laboratorio.

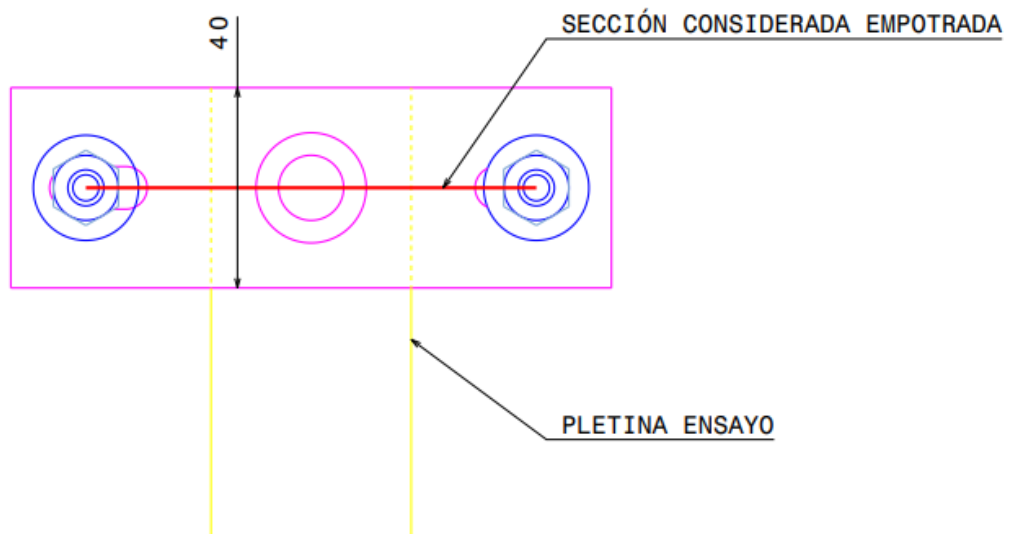


Figura 55. Zona fijación para empotramiento

Los encajes hechos para fijar el perfil en la base son útiles para la fijación de las barras a ensayar que tienen un ancho máximo de 40 mm, y pensados para la fijación del sensor de hilo ya que su ancho puede ser alojado (*Figura 56*).

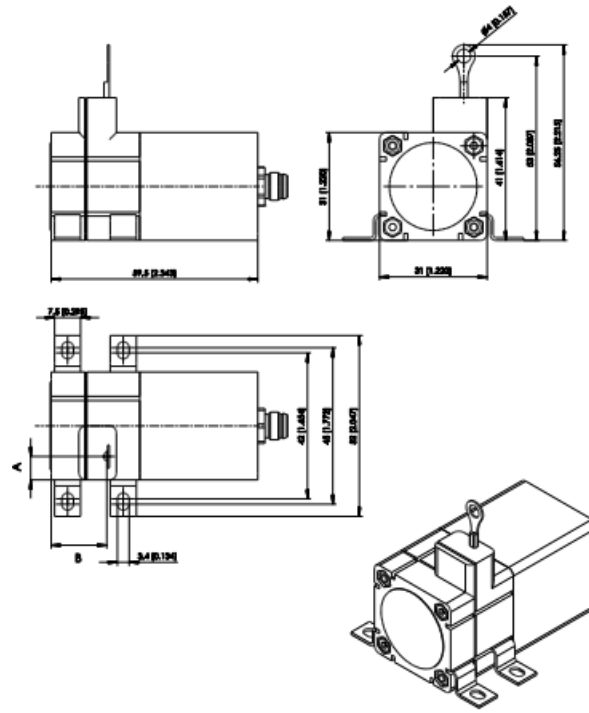


Figura 56. Características geométricas Sensor de hilo [3]

Al posicionarlo se confirma que es apto el uso de todos tornillos de la misma longitud y se consigue que lleguen a fijar el sensor de hilo por lo que el diseño de este útil cumple todos requisitos y se da por finalizado el diseño (*Figura 57*).

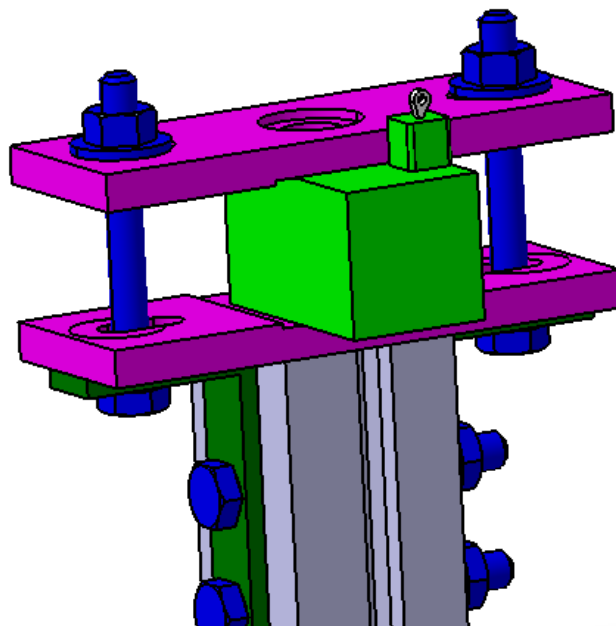


Figura 57. Resultado final ensamblaje de empotramiento.

Se recoge en el plano del soporte de empotramiento (*Figura 58*), (*ver ANEXO*), haciendo figurar la lista de materiales con el fin de llevar el recuento para el pedido al proveedor.

2.6.3.2 PLANO DEL UTILLAJE DE EMPOTRAMIENTO

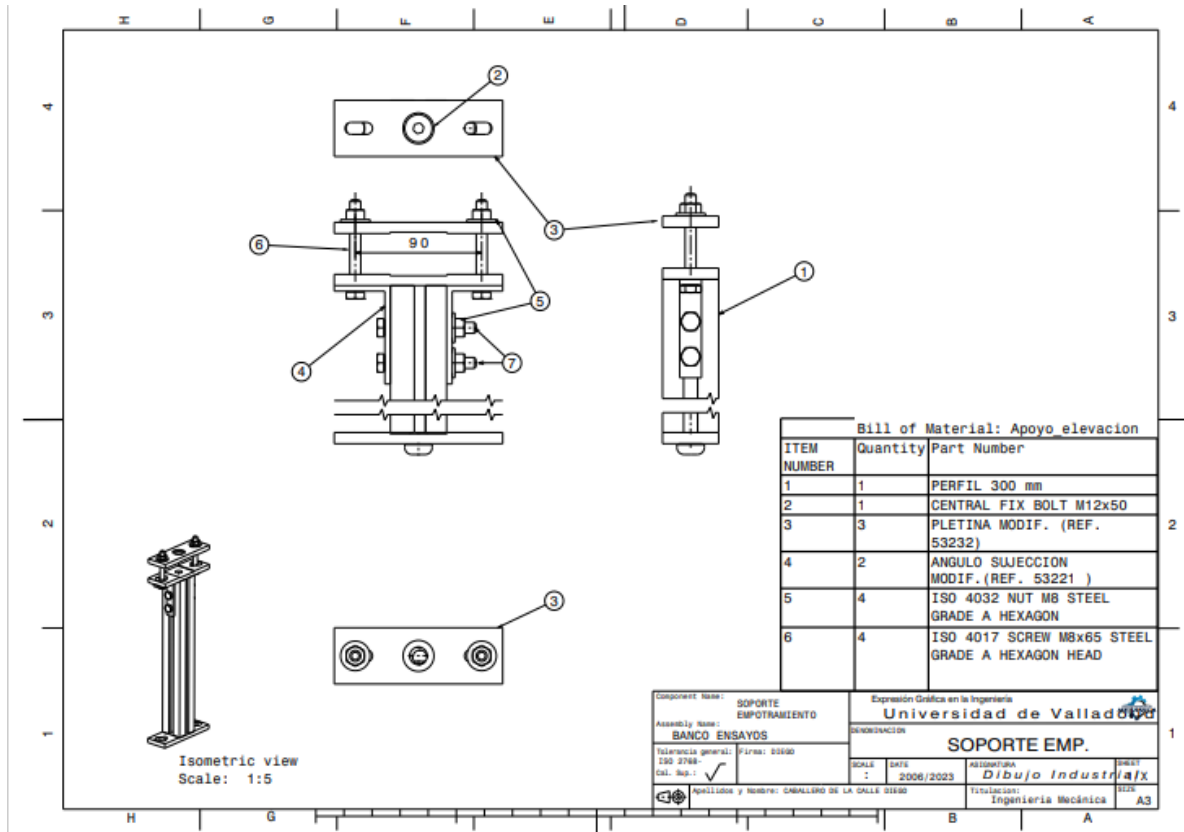


Figura 58. Plano del conjunto de empotramiento (Ver Documento en ANEXO)

2.6.4 APOYO FIJO Y MÓVIL

El banco de ensayo se diseña para ensayar las estructuras en 2 dimensiones presentando así 3 grados de libertad, por lo que un apoyo debe restringir 2 grados de libertad de los desplazamientos, permitiendo solamente el giro. Se usará como base para la fijación las escuadras anteriores fijadas por dos tornillos. Se diseñan las piezas que amordacen la estructura buscando la menor área de contacto posible.

2.6.4.1 DISEÑO DEL UTILLAJE DE LOS APOYOS

Partiendo de las regletas (*Figura 59*) del catálogo FASTEN, se hace el diseño con las modificaciones necesarias que se consideran para adaptar la pieza a las fijaciones de las distintas estructuras. Todos requisitos y geometrías figuran en el plano (*Figura 63*).

Perfil en T canal 8 mm. Aluminio anodizado
T-slot profile, 8 mm slot. Anodized aluminium

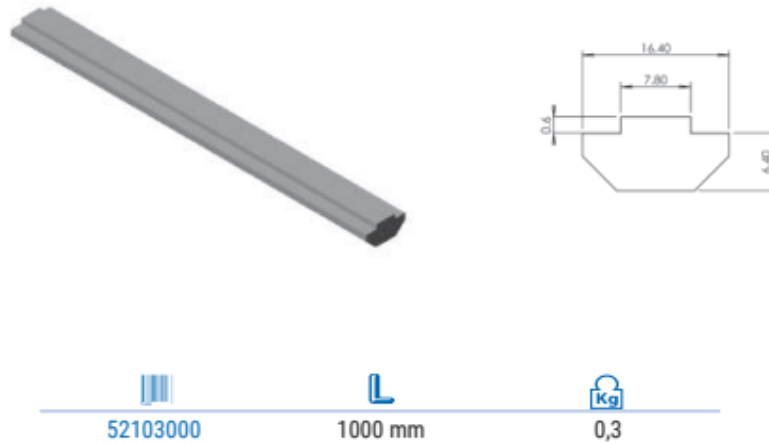


Figura 59. Regletas usadas para los apoyos. [4]

En un apoyo ideal se cumple que el giro no está restringido, para que se acerque a ideal debemos tener un estrecho área de contacto con la estructura a fijar. A partir de este requisito y siendo necesarios taladros para la fijación se definirán en el plano. Al reducirse mucho el espesor hasta 3 mm se consigue una zona estrecha de contacto (Figura 60), buscando así que no se impida el giro, acercándose al caso ideal.

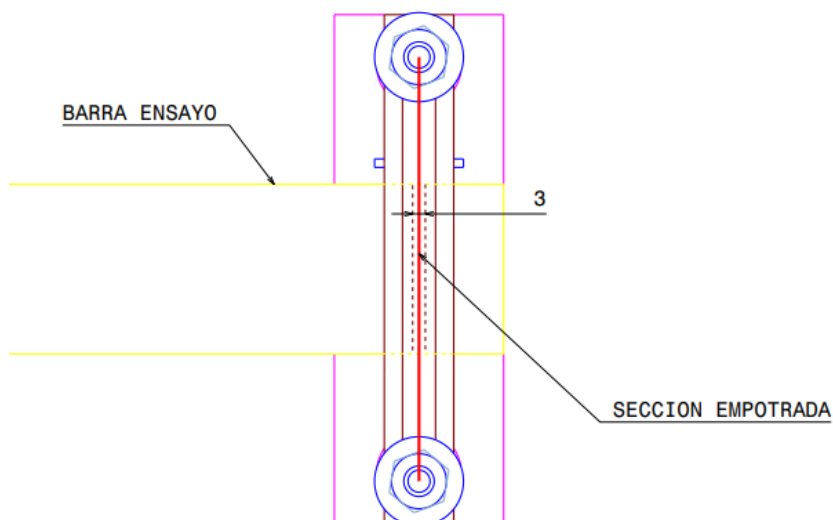


Figura 60. Zona de fijación apoyos

Deberá validarse en montaje si con esto se logra el comportamiento correcto comparado con el resultado del banco modelo del laboratorio.

Para el caso de fijación en apoyo fijo de una barra, o perfil se usará fijando los tornillos con una precarga mínima que impida el desplazamiento a lo largo del banco de ensayos (*Figura 61*). Si se busca un apoyo móvil, la regleta superior no se coloca y se deja solamente la inferior, para permitir el desplazamiento a lo largo del marco, pero no perpendicularmente.

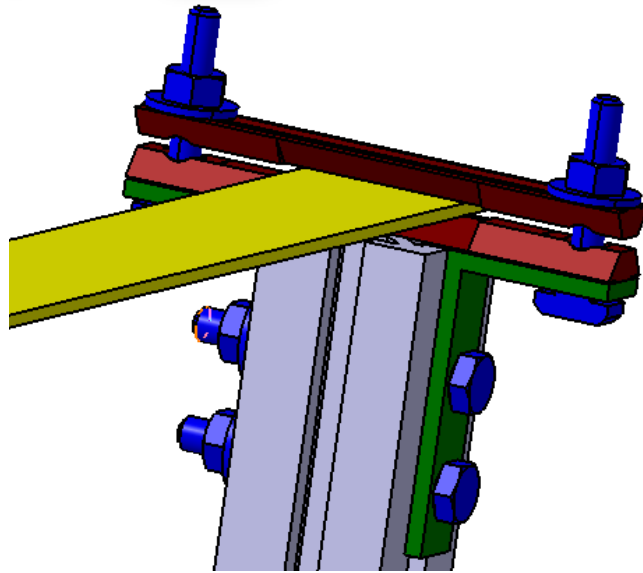


Figura 61. Resultado apoyos, usando soporte diseñado anteriormente.

Se deben hacer adaptaciones para poder ensayar la cercha con la que se dispone. La cercha de laboratorio se ensaya en utilizando casos de apoyos, fijos y móviles; por lo que se tienen que lograr estos casos (*Figura 62*).

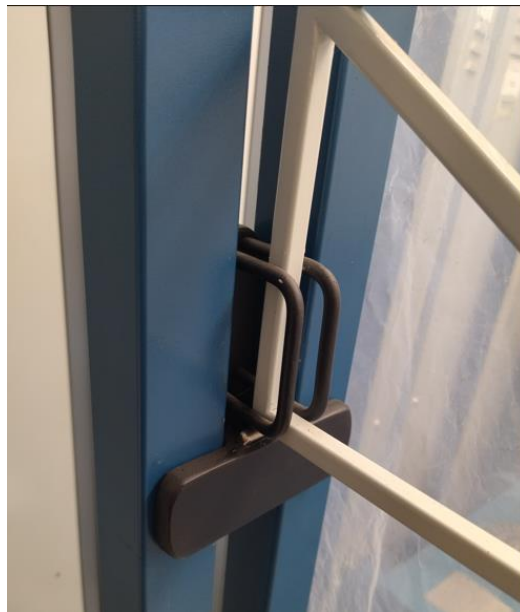


Figura 62. Caso del Laboratorio para apoyo de una cercha

Para poder apoyar una cercha como con la que se cuenta, se va a requerir una entalla en la regleta para poder replicar el caso con el que ya se cuenta en el laboratorio. Se definirá como se deben posicionar los soportes en caso de apoyo fijo y en caso de apoyo móvil.

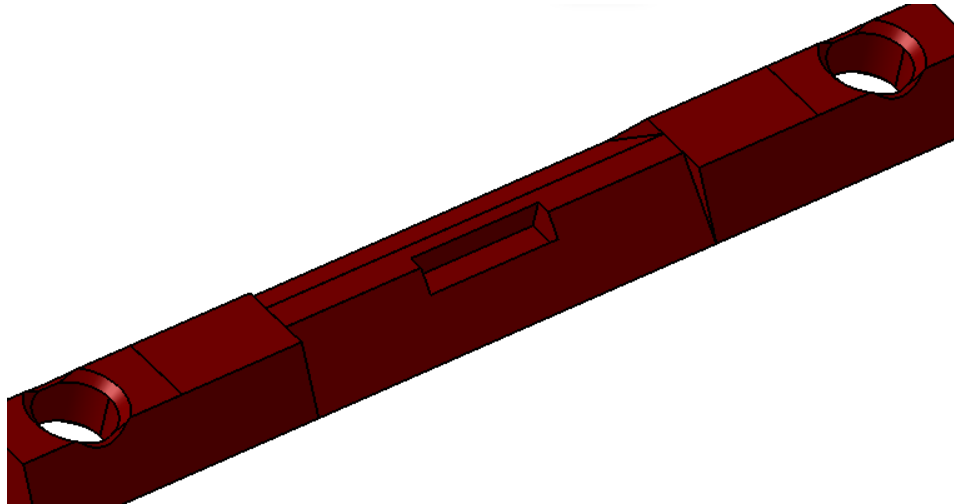


Figura 63. Entallas realizadas en las regletas

Tras esta modificación se desarrolla el plano de fabricación (Figura 64), (Ver completo en ANEXO).

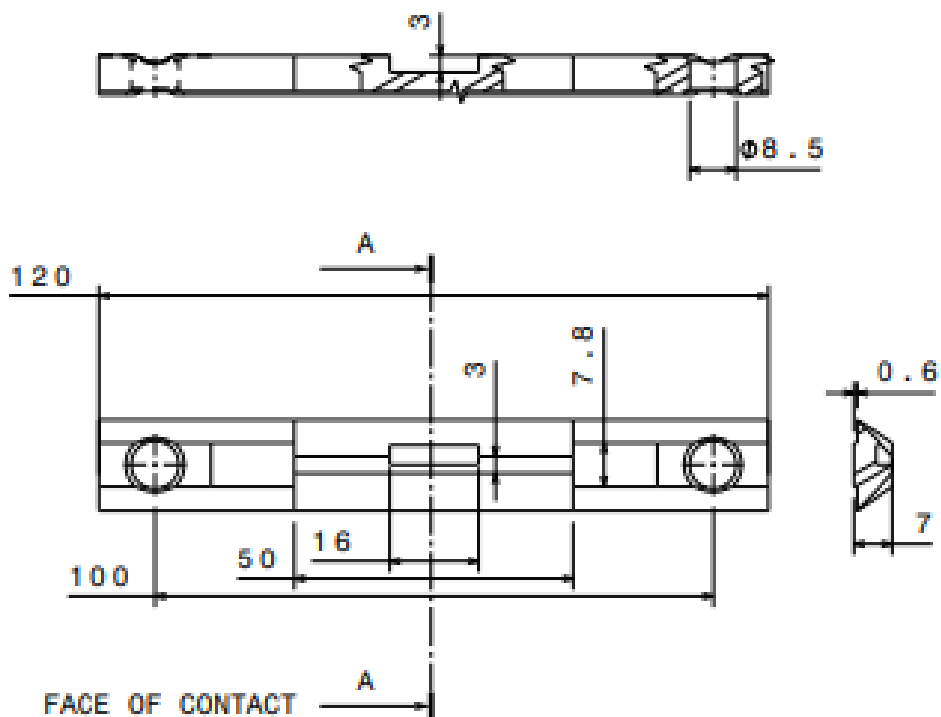


Figura 64. Plano de fabricación de regletas

Para el caso de apoyo móvil se posiciona la cercha sobre las muescas y se posiciona la carga en dirección a la base de los soportes, por lo que la muesca definida permite que se cumpla este caso de ensayo (Figura 65).

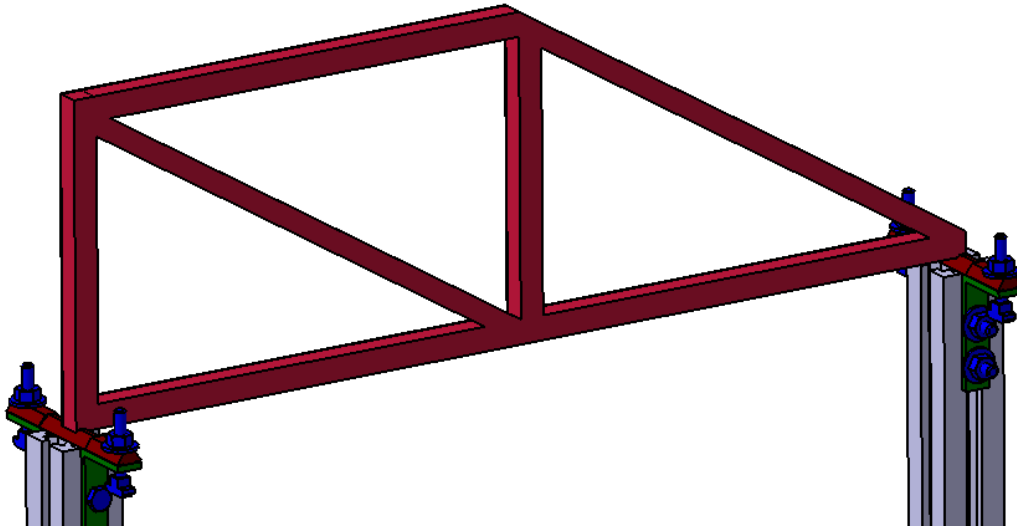


Figura 65. Caso de apoyos en Cercha modelado en 3D

Tras el diseño de los componentes y el útil se desarrolla el plano donde figuran todos componentes. (Figura 66), (ver ANEXO).

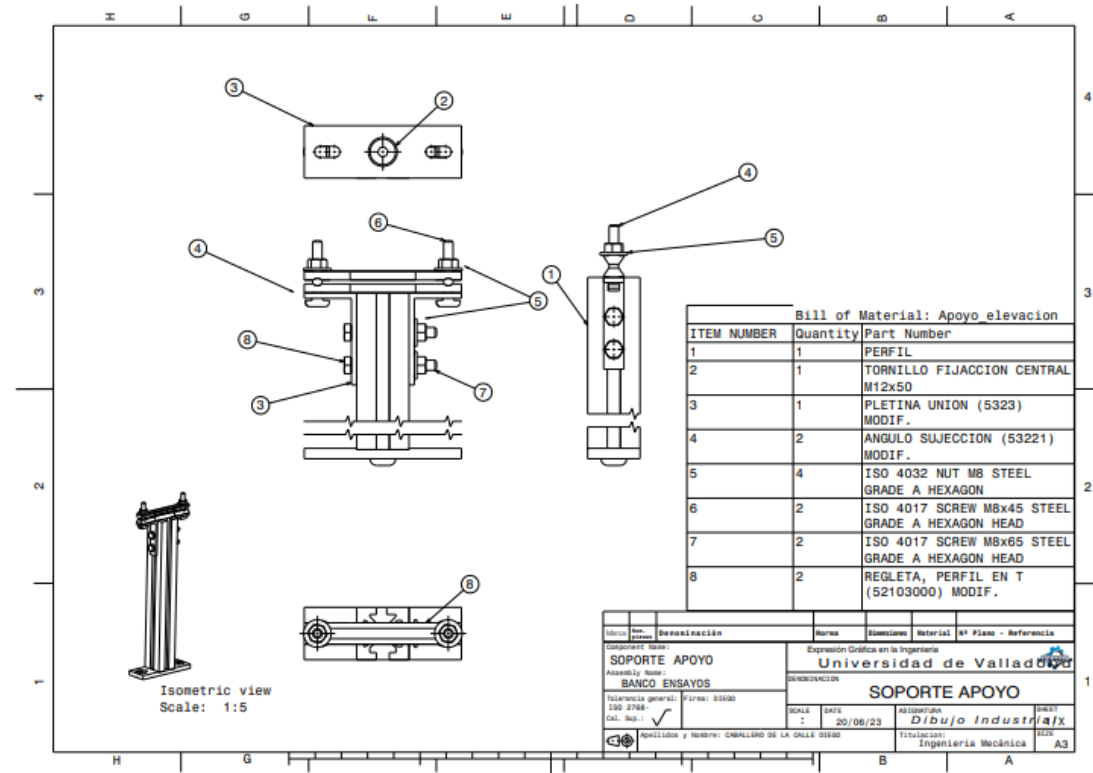


Figura 66. Plano de conjunto del soporte de los apoyos,

2.6.5 POSICIONAMIENTO DE POLEA

En este apartado se explica el proceso de diseño que se ha llevado a cabo para conseguir el utillaje necesario para posicionar la polea (*Figura 67*), en el que es necesario hacer uso de una rueda que permita a través de un hilo transmitir y medir cargas. Para identificar como es necesario que sea, se toma de referencias el útil que se utiliza en los bancos del laboratorio. (*Figura 68*).

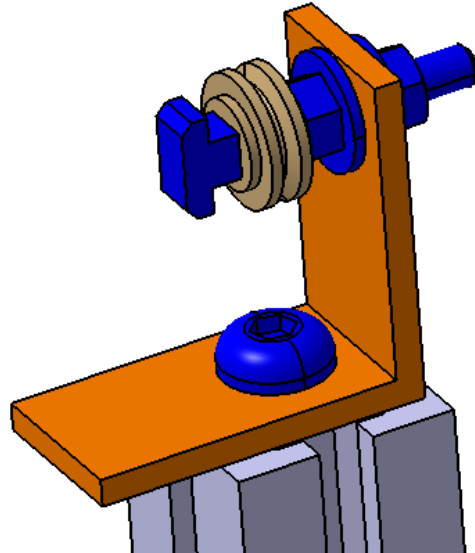


Figura 67. Ensamblaje para posicionar polea CAD.

El diseño de un utillaje para posicionar una polea es necesario ya que es como se van a transmitir las cargas y también será necesario para medirlas usando las celdas de carga.



Figura 68. Modelo físico en el Laboratorio de útil para posicionar polea.

Para el utillaje de la polea se posiciona sobre el perfil fijado a la base del soporte, es importante que el eje de simetría de la polea este alineada con el plano medio del banco de ensayos, ya que el banco se diseña para ensayo en 2 dimensiones.

2.6.5.1 DISEÑO DEL UTILLAJE DE LA POLEA

Se selecciona la siguiente rueda con rodamiento integrado (Figura 69), ahora hay que posicionarla de manera correcta y conseguir un componente que haga de eje de giro para la rueda.



Figura 69. Rueda catálogo FASTEN. [4]

Se diseña de la manera (Figura 70) haciendo uso de diversos elementos de catálogo, entre ellos un tornillo que haga de eje de giro, y dos tuercas hexagonales.

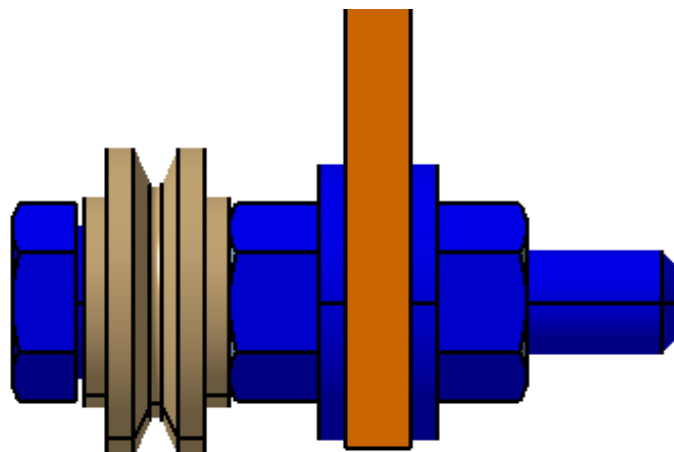


Figura 70. Diseño posición polea

El soporte naranja aloja el tornillo que hace de eje de giro de la polea, es decir sufrirá carga a cortadura, por lo que es necesario no tener mucha holgura en el agujero, ya que el tornillo trabajará a cortadura. La doble tuerca tiene una doble función, hacer que el eje de simetría coincida con el plano medio del banco, y además de hacer el efecto de contratuerca, es decir, que no se afloje la unión cuando la polea gire (Figura 72). El único elemento que tiene requisitos modificados de este utillaje es el soporte naranja que proviene del catálogo FASTEN (Figura 71). Aunque sufrirá ciertas modificaciones para cumplir las necesidades, que se documentaran en plano.



Figura 71. Soporte de la polea catálogo FASTEN [4]

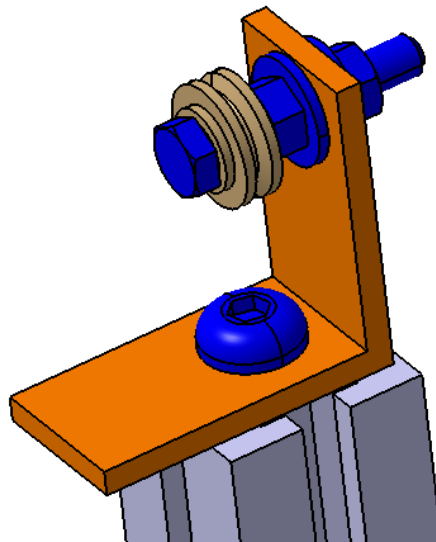


Figura 72. Resultado de ensamblaje de la polea

Va a ser necesario un agujero pasante que permita el paso del tornillo de fijación central, que fije el soporte con el perfil. Al igual que en casos interiores se realizará de diámetro 12,5 mm, ya que el tornillo es M12. Para el agujero pasante del tornillo M6 que hace de eje de giro se dará solamente una sobremedida de 0,25 mm, ya que interesa tener menor holgura por la transferencia de cargas que tiene ese agujero.

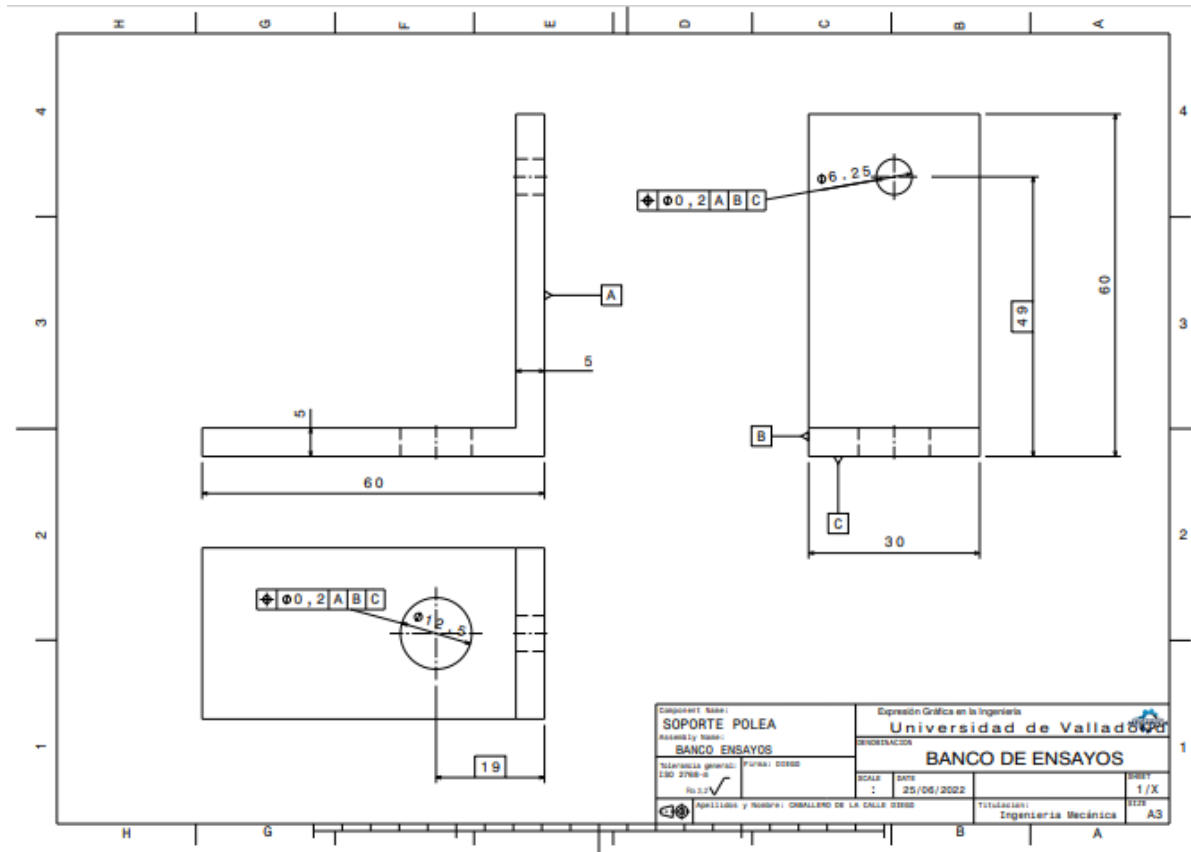


Figura 73. Plano del soporte de la polea (ver completo en ANEXO)

Tras el rediseño del soporte utilizado para la polea procedente del catálogo, se elabora el plano donde figuran los requisitos (Figura 73), y que se puede ver completo en el ANEXO.

Cabe destacar que el soporte sufrirá principalmente cargas de tracción por lo que consideramos suficientemente robusto tanto el material como el espesor que dispone. Como se ha definido el eje de simetría de la polea debe coincidir con el plano medio del banco de ensayos. Va a ser importante conocer el tamaño de las tuercas usadas para saber si se orienta sobre el plano de ensayo, para ello se consulta la norma referente [9].

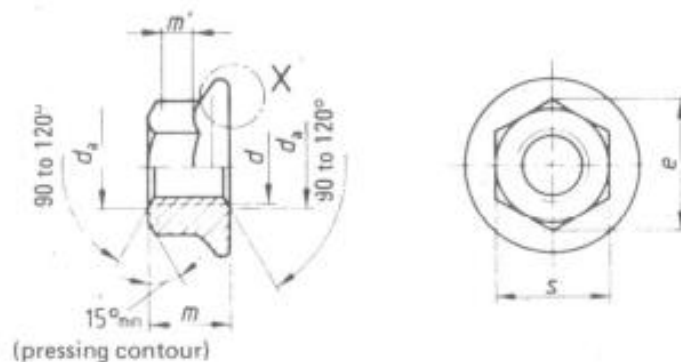


Figura 74. Norma DIN 6923. [9]

Para las utilizadas de M6 corresponde un ancho de desde la base de 6 mm en la norma correspondiente. (Figura 74).

2.6.5.2 PLANO DE DISEÑO DEL UTILLAJE DE LA POLEA

A continuación, se refleja en un plano los elementos utilizados para el útil, reflejando las distancias de montaje y como alinear la polea con el eje central del perfil vertical (Figura 75), de forma que la transmisión de cargas y medidas se realice en el plano de trabajo.

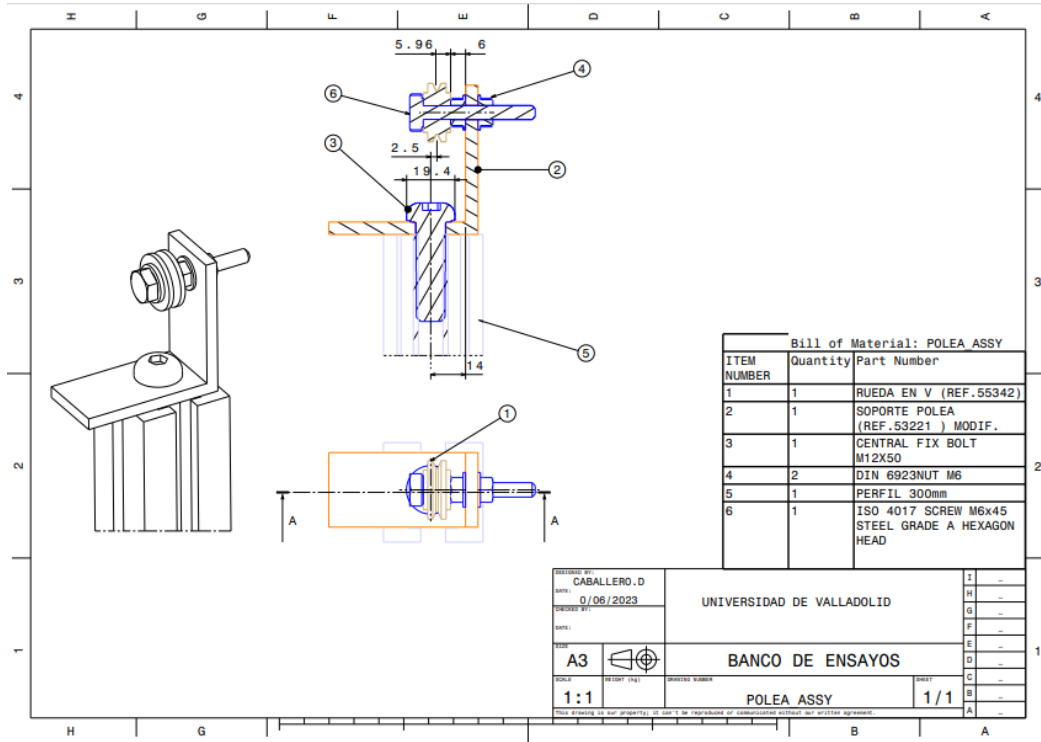


Figura 75. Plano de diseño de ensamblaje (ver completo en ANEXO)

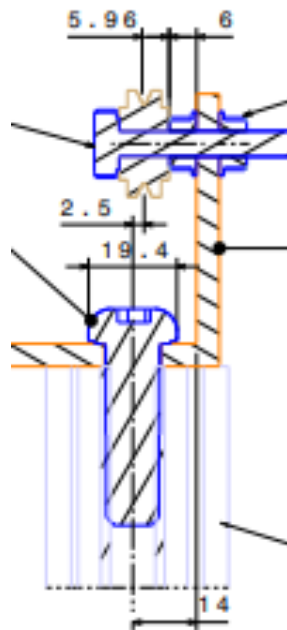


Figura 76. Gap de eje del tornillo a plano de simetría de la polea

Como se refleja en el plano (*Figura 76*) teóricamente queda una distancia de 2,5 mm, en montaje se verificará la distancia que pueda existir y se corregirá con arandelas con el espesor necesario en caso de necesitarse, por ser una distancia pequeña se puede salvar fácilmente, por ello se diseña de forma que falte medida ya que si sobrase no se puede corregir.

3. VERIFICACIÓN DE EFECTO DE LA DEFLEXIÓN EN LOS ENSAYOS.

Con la parte mecánica ya definida y los distintos elementos necesarios ya elegidos el siguiente paso es que no influyan en los resultados experimentales. La parte principal de este apartado va a basarse en la influencia del comportamiento del marco ante las cargas del ensayo considerando que los empotramientos o distintos apoyos que se realicen son ideales para así centrarnos en el comportamiento de la barra ensayada en el conjunto del marco en comparación con el caso de ideal. Ya que en caso de deformarse el marco de manera acusada el sensor fijado en el marco de la bancada va a falsear la medida trasladando la deformación de este a la medida tomada. Tras esta comprobación se tratará de definir como pueden afectar algunos componentes de fijación a través de su deflexión al someterlos a cargas, esto hace que las mediciones que tomen los instrumentos de medida estén influidas y en cierta medida no sean correctas. En el caso del marco se realizará una verificación final a través del software SAP 2000, más compleja que el cálculo rápido inicial que nos sirvió como orientación. A continuación, los componentes de fijación que se definan como críticos se someterán a un análisis ante las cargas de ensayo usando elementos finitos en el módulo de CATIA V5.

3.1 ENSAYO DEL CONJUNTO DEL MARCO

La geometría del marco ya definida con sus correspondientes uniones será estudiada para conocer de forma precisa su comportamiento ante cargas y como pueda afectar a la toma de resultados. Para ello se modelarán las características de la sección que forma el marco en el software SAP2000. Se considerarán para la simulación el caso de fijación ya sea apoyo o empotramiento como ideal.

Se comprueba para dos casos distintos, el inicial para la pletina definida biempotrada, y un segundo caso con la barra bi-apoyada, así se obtendrán resultados para ambos tipos de fijación. Aprovechando el uso de SAP 2000 se obtienen resultados en tensiones para tener una visión de zonas más críticas y en caso de presenciar problemas corregirlos.

3.1.1 SIMULACIÓN PARA CASOS DE EMPOTRAMIENTOS

En este caso se parte en la situación de la barra de ensayo empotrada por los soportes en cada extremo y aplicando una carga central de 10 Kg, que es el caso real más representativo (*Figura 77*).

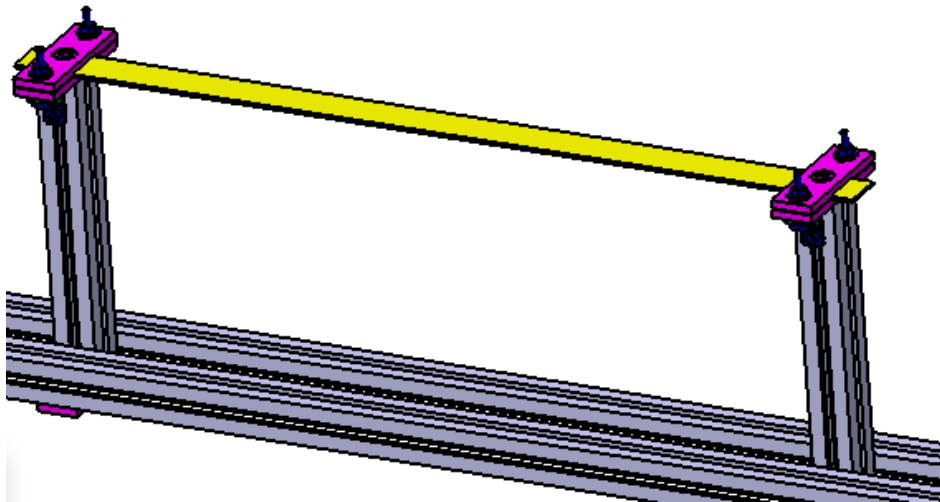


Figura 77. Caso de ensayo barra bi-empotrada

El caso por simular (Figura 78) se modelará a continuación en SAP 2000 definiendo las premisas de la simulación, por ello se traslada y simplifica al caso bidimensional.

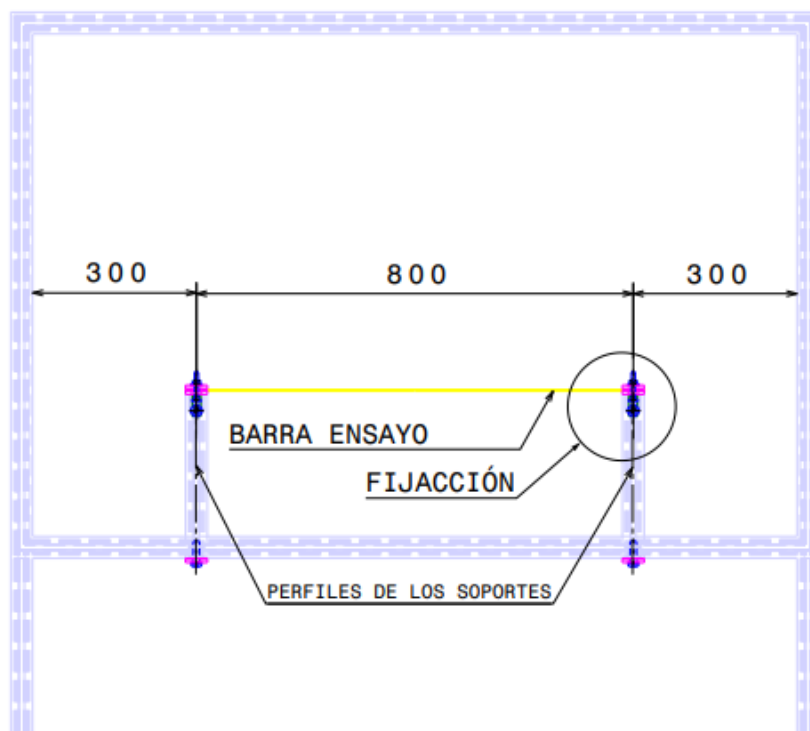


Figura 78. Modelo bidimensional caso bi-empotrado

Las fijaciones (Figura 79) de las estructuras se ven simplificadas y consideradas ideales, ya que con esta simulación interesa ver los resultados del conjunto global.

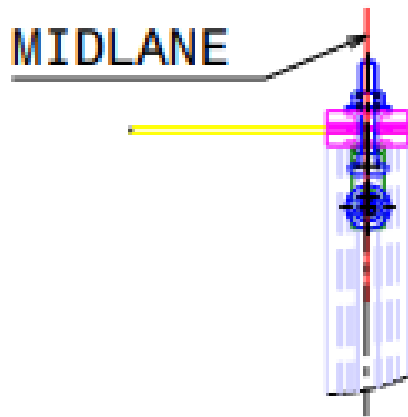


Figura 79. Fijación realizada de empotramiento

Debe ser modelada la geometría global del banco de ensayos como las secciones y sus materiales. Se pone el ejemplo de la barra de ensayo, pero también es necesario la definición de los perfiles extruidos para el marco.

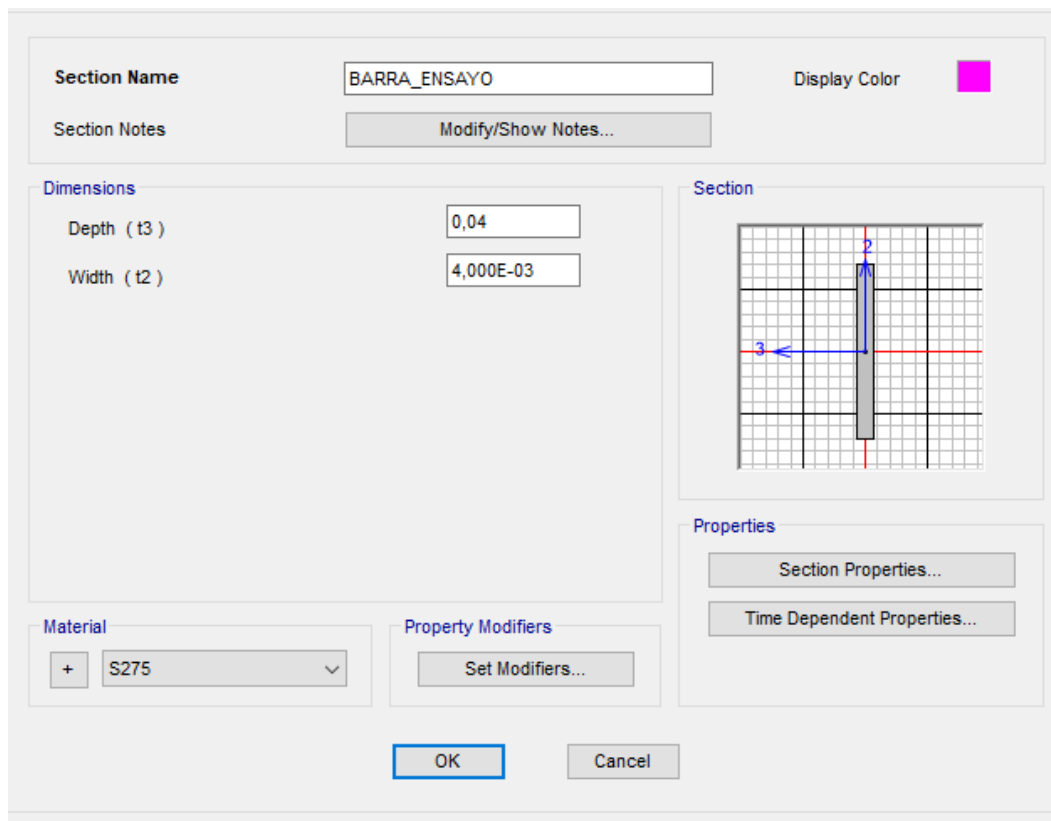


Figura 80. Definición de la sección y el material en SAP 2000

Para definir los perfiles del marco compuesto por dos 40 x 40 y del soporte se creando cada sección con sus propiedades resistentes en SAP. Con las secciones y geometría del marco ya definidas en SAP (Figura 80), se dibuja el marco y la barra de ensayo. Y se le aplican las cargas correspondientes, de 10 kg a la barra en la sección central, y 20 kg que hacen de reacción por efecto de la polea hacia abajo.

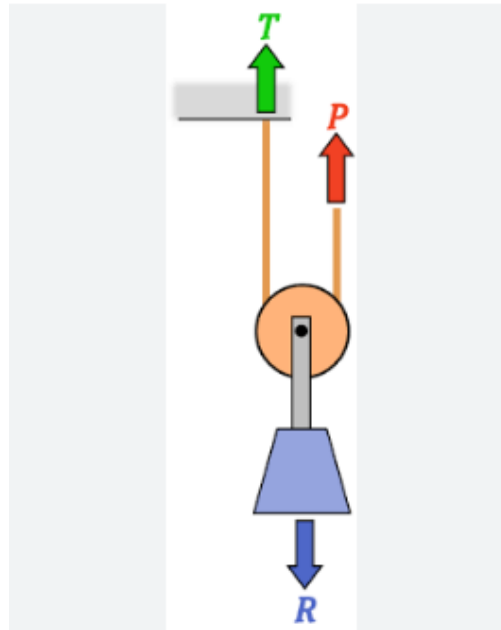


Figura 81. Cargas debidas a polea. [10]

Al aplicarse una carga (Figura 81) de 10 kg a la barra (P), es debido a que cuelga de otro extremo de una cuerda 10 kg (T), por lo que la resultante que debe ejercer el marco de la bancada es 20 kg (R), esta carga se traslada a las secciones centrales en SAP (Figura 82).

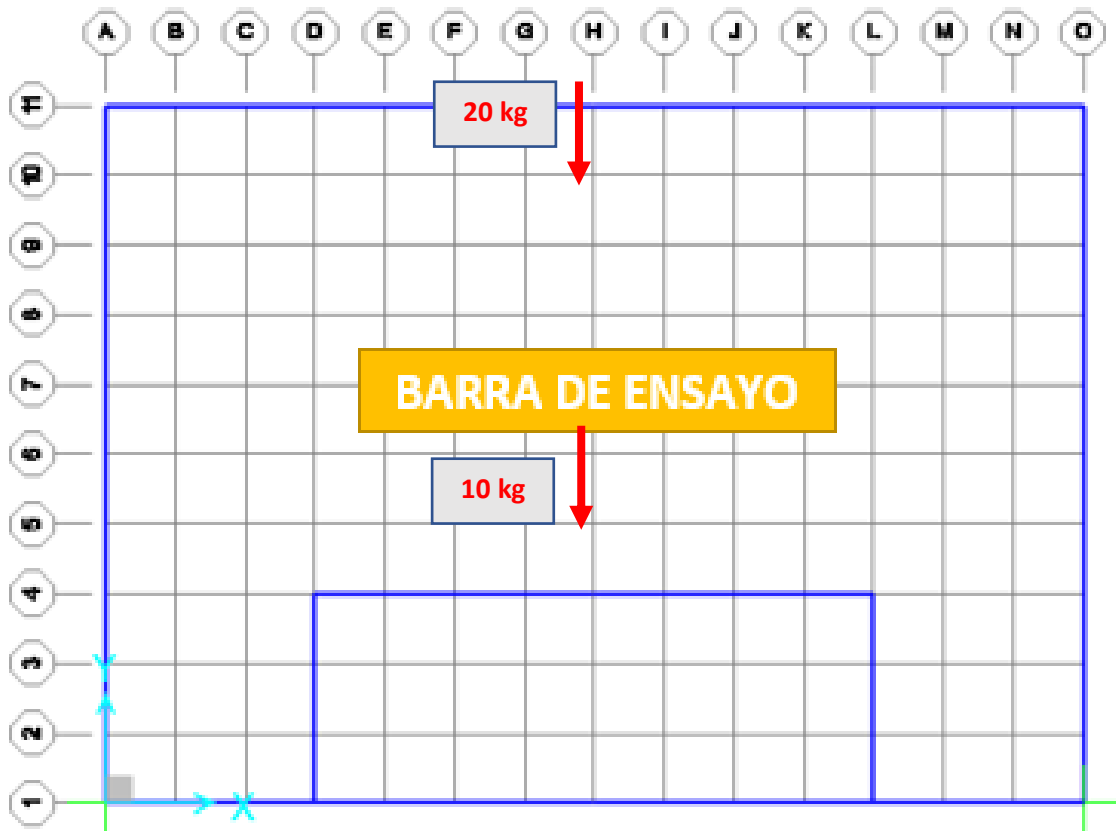


Figura 82. Caso de simulación en SAP 2000.

Resultado de la simulación se obtienen diagramas del conjunto en tensión y en deformación. Los esfuerzos interesan los debidos a flexión (Figura 83) por ser los que mayor peso tendrán y pueden causar mayor tensión y deflexión.

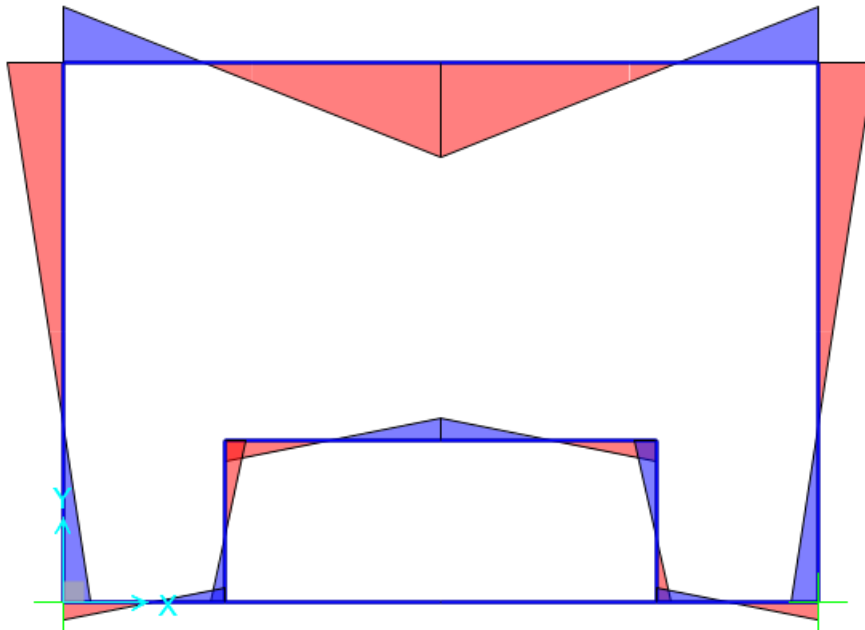


Figura 83. Distribución de esfuerzo debido a flectores del conjunto

Resultado de la simulación se identifica la barra más cargada (Figura 84), en este caso la correspondiente resulta la superior del marco, debido a que tiene la mayor carga aplicada en su sección central.

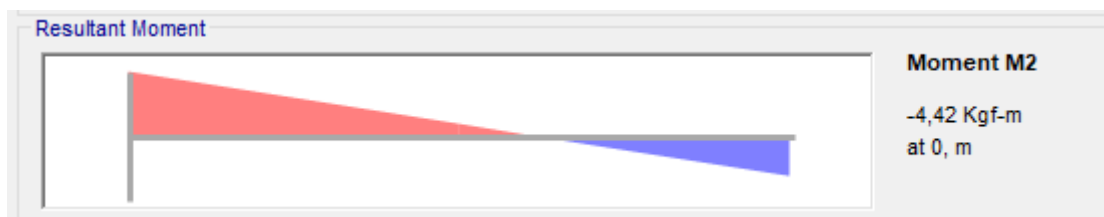


Figura 84. Momento en la barra más cargada

Conociendo el material y sus propiedades (Figura 85), se calcula la tensión máxima sufrida, en este caso debida a flexión.

Límite elástico Tensile strength	200 N/mm ²
Módulo de elasticidad transversal Elasticity module E	aprox. 70000 N/mm ²

Figura 85. Características mecánicas del material

$$\sigma = \frac{(M * y)}{I}$$

Figura 86. Tensión debida a flexión

Calculando la tensión resultante da un valor de 48 MPa, por lo que resiste sobradamente ya que el material tiene límite elástico de 200 MPa. Ahora interesa observar el comportamiento en deflexión del conjunto del banco (Figura 86) y detectar una posible influencia en resultados por deformación.

En lo correspondiente a los desplazamientos el banco se comporta de la siguiente manera.

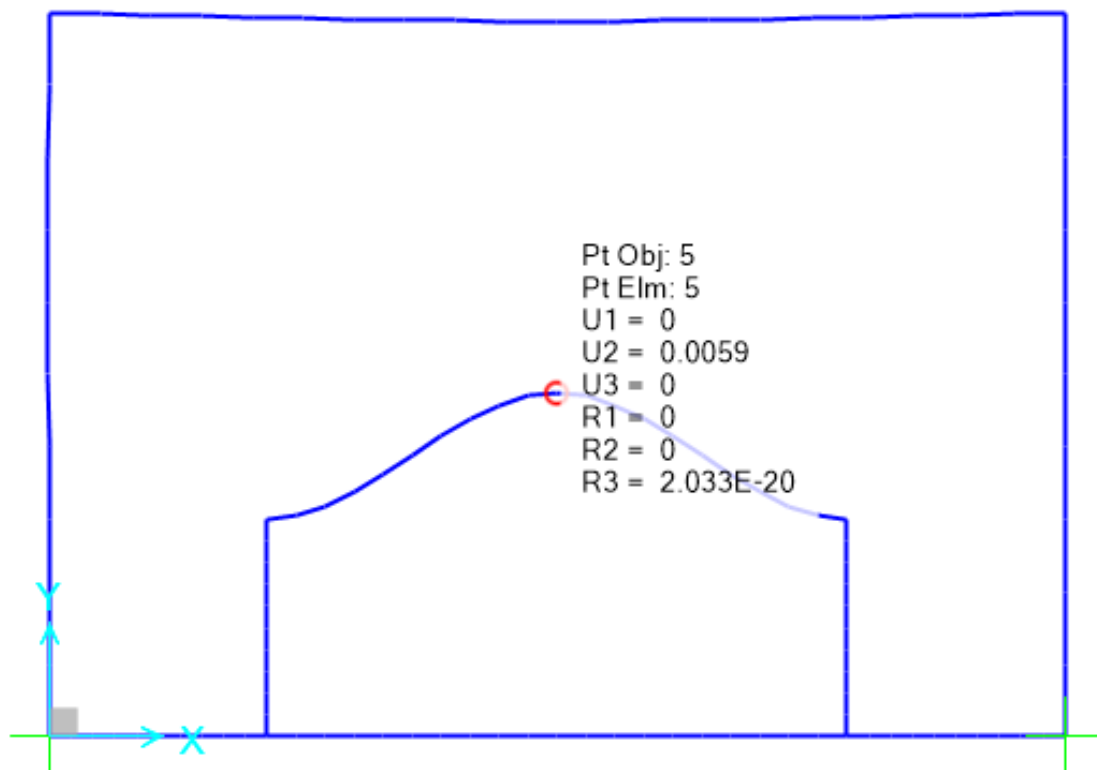


Figura 87. Resultados deflexión barra bi-empotrada

Como se ve la barra ensayada se desplaza unos 6 mm (Figura 87), comparándolos con los que sufre el marco en el perfil superior que son del orden de 0,1 mm, supone en torno al 2% de la deflexión de la barra, por lo que es una correcta aproximación despreciarlo. Se podría pensar que la barra superior del marco por deformarse más que la inferior por estar más cargada, sería menos apta para colocar elementos como el sensor de hilo, pero en verdad no va a influir ya que son valores que comparando con la flecha de la barra se van a despreciar. No obstante, se va a observar el caso simulado con uno ideal de una barra aislada para ver si tiene efecto el comportamiento del banco.

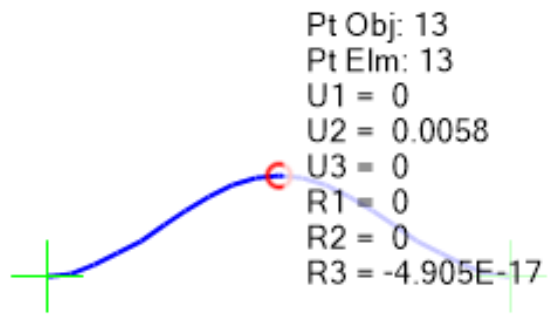


Figura 88. Caso ideal barra aislada bi-empotrada

En el caso ideal (Figura 88), donde se ha aislado la pletina del marco y se han establecido empotramientos ideales, se observa una flecha muy similar, no obstante, en los extremos el caso ideal no presenta rotación, en el caso del banco se tiene una ligera presencia de ese grado de libertad (R3) (Figura 89), pero es de un orden de magnitud muy pequeño como para considerar que influya.

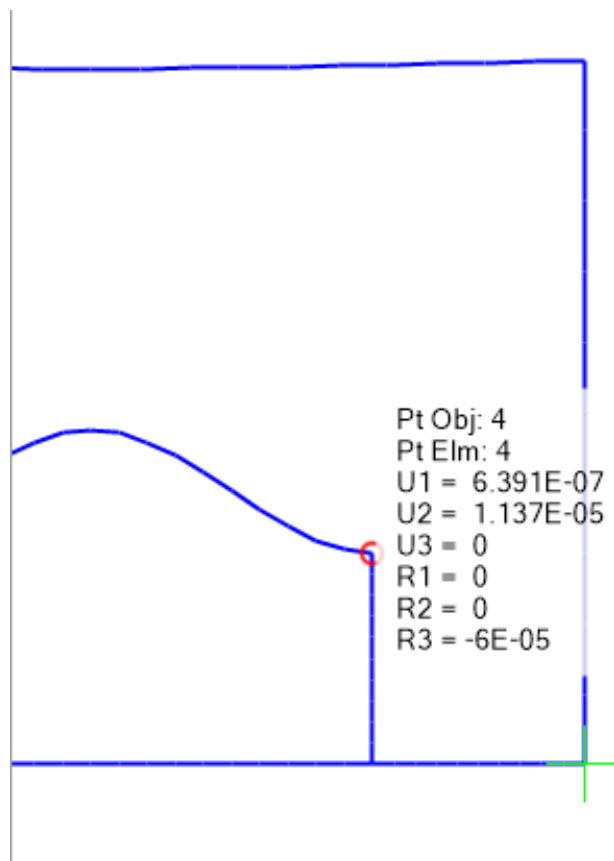


Figura 89. GDL de giro en los extremos

De manera más precisa se ha verificado que no se influya de manera importante en los resultados. Por lo que para el caso de barra bi-empotrada simulado en el caso de carga más crítica se verifica el caso como suficientemente válido.

3.1.2 SIMULACIÓN PARA CASOS DE APOYOS

Se busca hacer una verificación similar para el caso de una pletina de ensayo bi-apoyada (Figura 90), también a través de SAP 2000. Por ello se debe trasladar al igual que en el caso anterior a un modelo bidimensional (Figura 91).

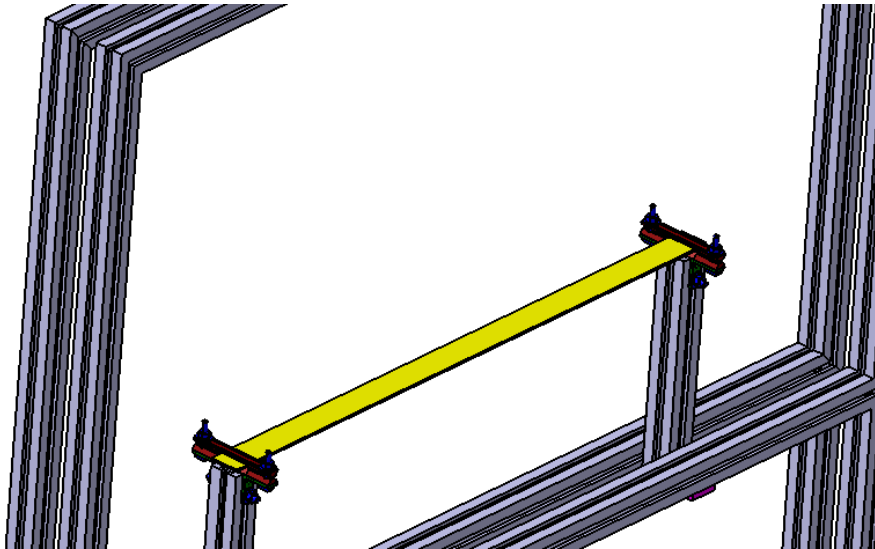


Figura 90. Caso 3D de viga bi-apoyada

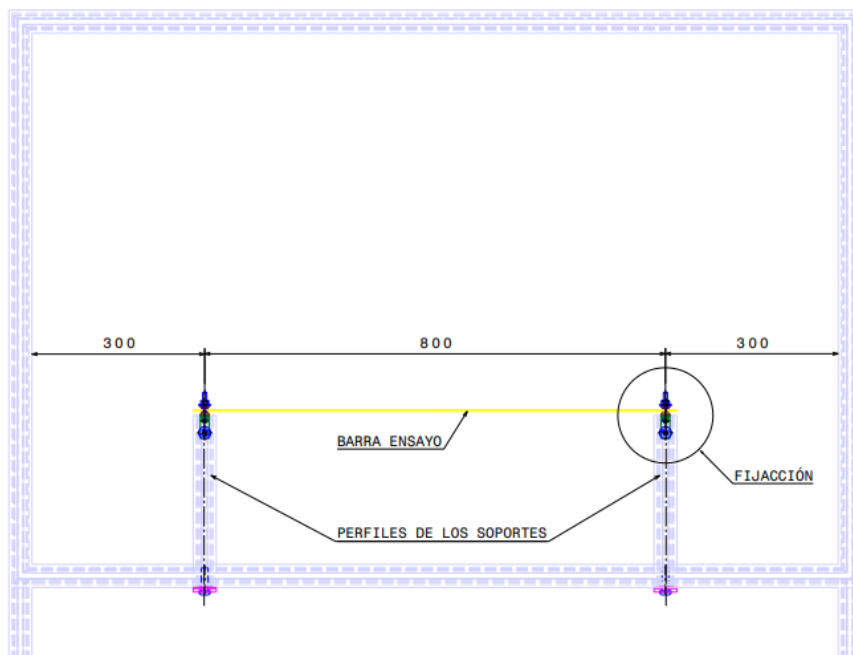


Figura 91. Modelo bidimensional barra bi-apoyada

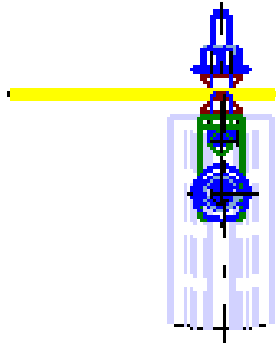


Figura 92. Fijación de barra en apoyo.

En SAP 2000 a diferencia del caso anterior se debe otorgar a la barra de ensayo libertad de giro en sus extremos (Figura 93) para que refleje el modelo físico que permite el giro en su sección fijada (Figura 92).

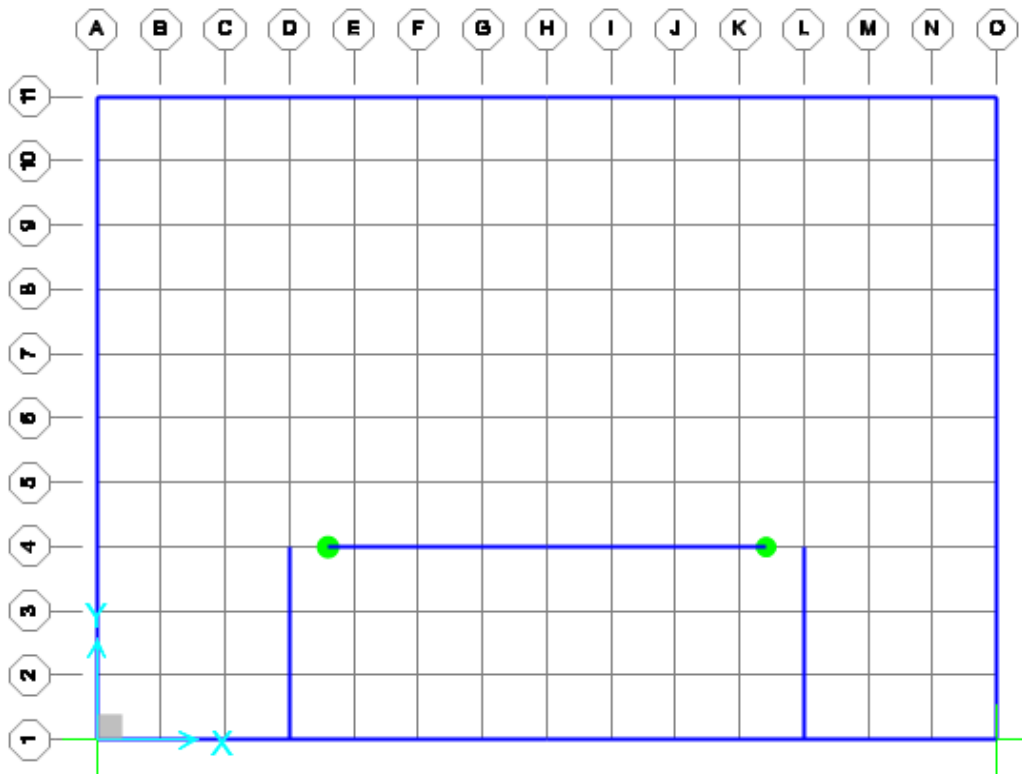


Figura 93. Barra con libertades en extremos

Manteniendo las cargas iguales que para el anterior caso se obtienen resultados en deflexión para el caso del conjunto del marco, y para uno ideal con la barra bi-apoyada. Así, al igual que antes se pueden obtener los resultados en tensiones y en desplazamiento del conjunto. Para este caso solamente interesan los resultados en desplazamiento, dado que en tensiones la sección cargada resultará la misma debido a q solo se ha cambiado el giro de la barra de ensayo, y la carga de 20 kg se sigue aplicando en el mismo sitio del marco.

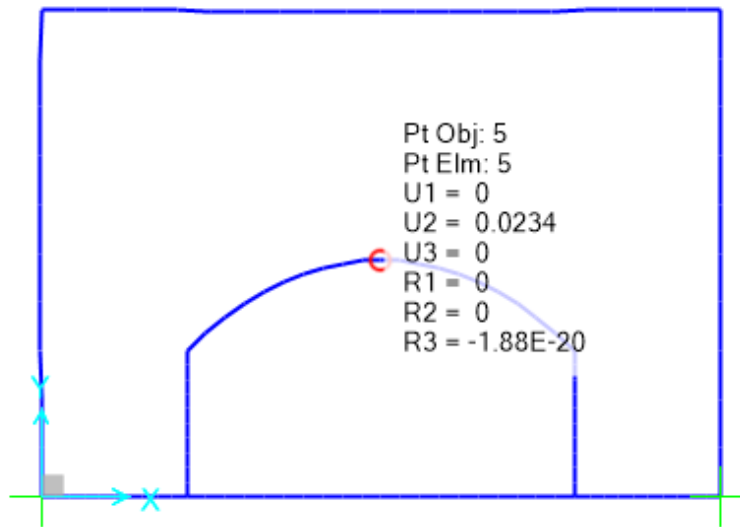


Figura 94. Resultado en conjunto del marco

El resultado obtenido (Figura 94) de deformaciones en el marco tiene un comportamiento parecido al de la (Figura 87), suponiendo un error aún menor porcentaje menor la deflexión del marco de en torno al 1%, es decir no influye en el ensayo. Los giros al tener libertades en ambos casos no están restringidos, aunque pueden verse influenciados por los desplazamientos y giros del marco.

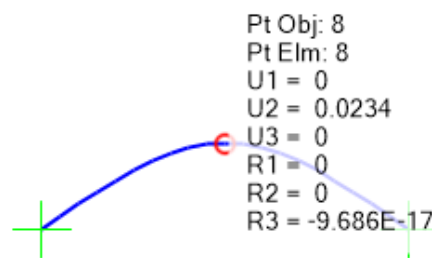


Figura 95. Resultado caso ideal barra aislada bi-apoyada

Se observa un mismo comportamiento en la flecha de la barra entre el caso ideal que se aísla y se fija por apoyos móviles (Figura 95) y el del conjunto, por lo que podemos ver que no se influye en resultados.

3.2 SIMULACIONES FEM

Para los componentes considerados críticos, el módulo de CATIA utilizado es "Generative Structural Analysis" (Figura 96). Para utilizar correctamente este módulo de CATIA se ha utilizado el trabajo de fin de grado de las referencias [12], donde se aplica el uso de sus diversos comandos.



Figura 96. Módulo simulación CATIA V5

Dentro de este módulo se debe especificar que es un Análisis estática en nuestro caso. Para decidir si sus deflexiones tienen peso sobre los resultados medidos, primero se debe conocer el orden de magnitud que tienen los desplazamientos de las estructuras ensayadas, por ello debe ser definida una barra a ensayar, con su geometría y material.

3.2.1 CÁLCULO FEM BARRA

Se hace una primera simulación sobre la barra de ensayo para explicar la metodología a seguir y tratar de ver que la flecha de la barra concuerda con resultado en SAP 2000. Con la geometría ya modelada en CATIA, se aplica el material con las características necesarias. Para comenzar la simulación es necesario definir las características del material de cada pieza que se vaya a simular (*Figura 97*).

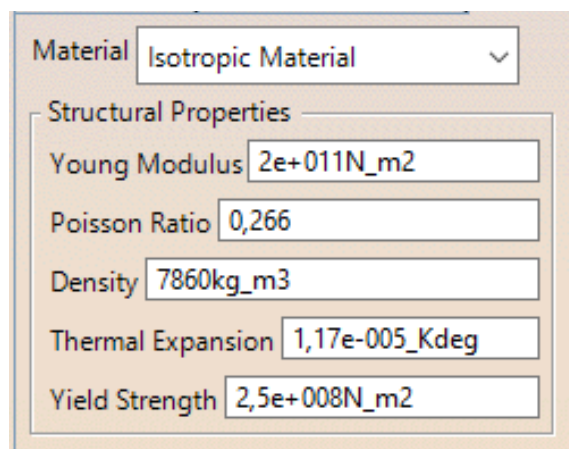


Figura 97. Definición del material de la barra

Una vez hecho esto debe mallarse la pieza a simular (*Figura 98*), es importante tener en cuenta el tamaño de cada pieza para definirlo, para estos ensayos no se malla de forma muy fina por limitación computacional.

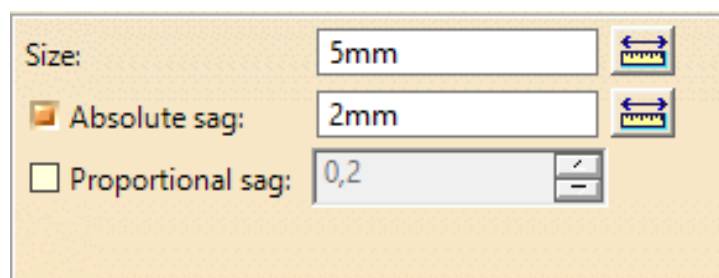


Figura 98. Definición del Mallado de la barra

El siguiente paso va a ser aplicar las condiciones de contorno ya definidas, es decir considerar bi-empotradas las caras laterales, y carga en la sección central (*Figura 99*).

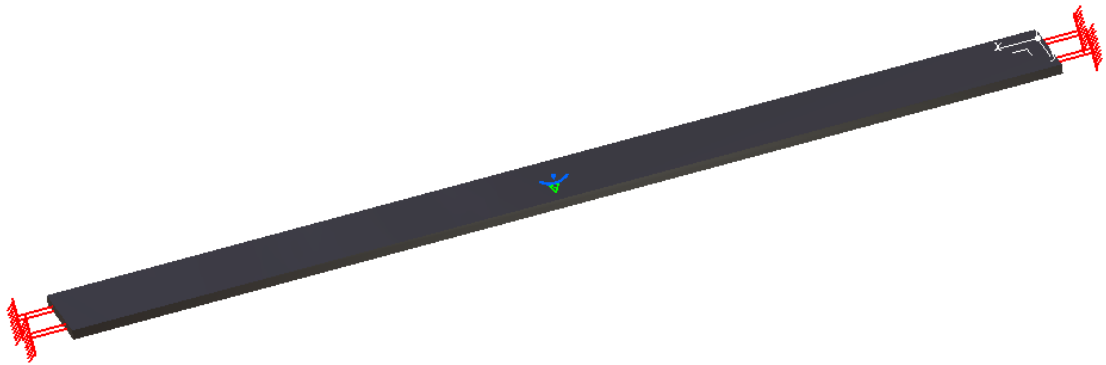


Figura 99. Condiciones de contorno en la barra

La carga se va a aplicar de forma distribuida en una línea de la sección central, y de valor total de 200 N (Figura 100), se ha tomado este valor para situarnos en un caso donde los desplazamientos a medir sean de ordenes bajos.

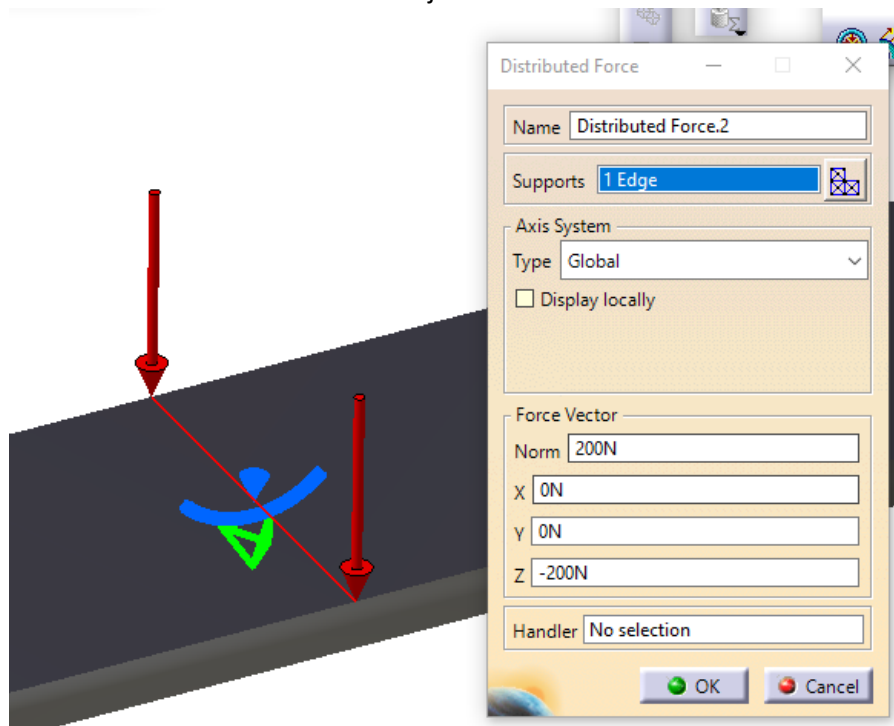


Figura 100. Carga aplicada en la sección central

Con la geometría de la barra definida y mallada y las condiciones de contorno aplicadas, la simulación aporta unos resultados de tensiones y deformaciones. En el caso de la barra de ensayo solo interesa el resultado en desplazamientos para tener una referencia del orden de su magnitud.

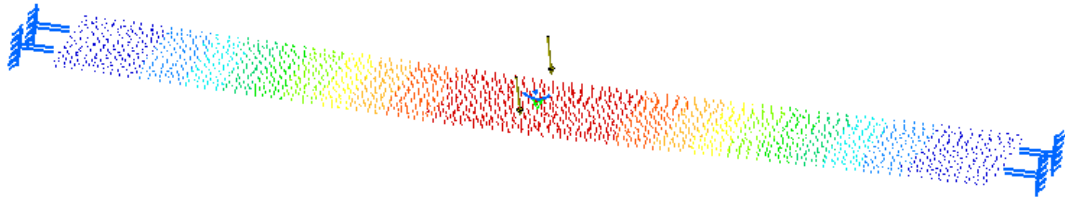


Figura 101. Resultados en desplazamientos de la barra

En el campo de desplazamientos en la sección central se llegan a dar desplazamientos del orden de 0,690 mm, considerando que el mallado no ha sido muy fino, hay una buena coherencia entre SAP 2000 y CATIA, ya que en SAP 2000 para el caso de bi-empotrada el resultado era de 0,590 mm. En la (Figura 102) se aprecia la leyenda de desplazamientos de la barra

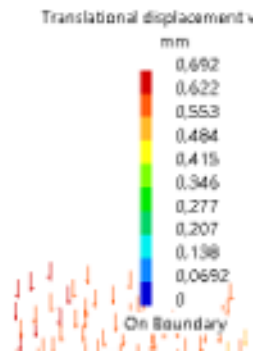


Figura 102. Leyenda desplazamientos

3.2.2 ENSAYO PIEZAS USADAS PARA FIJACIÓN

Ahora que se tiene un orden de magnitud para usar de referencia, es necesario estudiar los desplazamientos de las piezas de fijación para validarlas. La simulación se va a centrar en la pletina usada para los empotramientos, y la regleta de los apoyos, ya que su geometría ha sido modificada respecto al catálogo y así se puede asegurar que cumplan también ante tensiones. En caso de percibir algún conflicto de estos ensayos con los requisitos necesarios, se adaptarán para cumplirlos.

3.2.2.1 CÁLCULO FEM REGLETA USADA EN APOYOS

3.2.2.1.1 PROPIEDADES DE LA REGLETA

Las geométricas ya han sido definidas tras su modificación, y es por ello se quiere hacer esta simulación. Respecto el material, el fabricante dispone de varios materiales para fabricar regletas para los perfiles, se va a probar inicialmente con Aluminio (Figura 103).

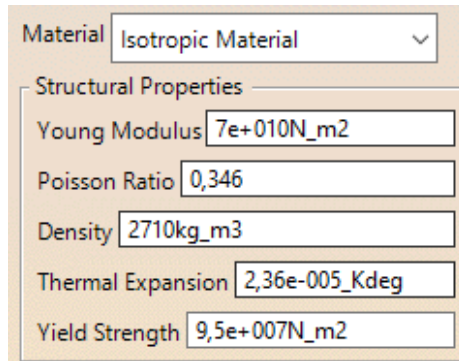


Figura 103. Definición Material de la regleta

3.2.2.1.2 CÁLCULO FEM REGLETA

Es importante definir las zonas donde se aplicarán las condiciones de contorno, las marcadas en azul las zonas de contacto plano determinadas por el tamaño de las tuercas, estas superficies con el fin de simplificar el cálculo se van a considerar empotradas. La zona roja central será donde se transmitirá toda la carga por ser la superficie de contacto (Figura 104).

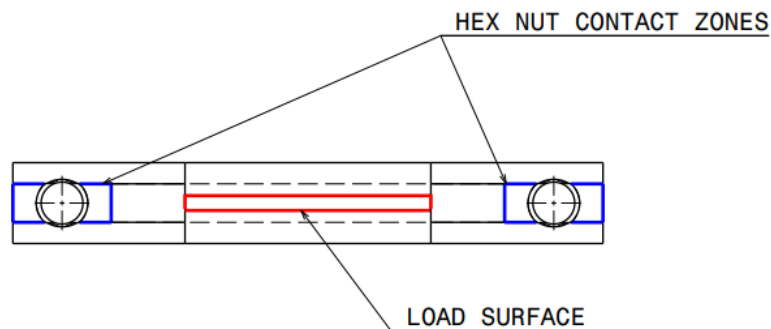


Figura 104. Condiciones de Contorno regleta

Para este caso se considerarán las mayores cargas con las que está diseñado el banco para poder tener una validación correcta en tensiones y en desplazamientos. Consideramos un caso en el que la barra este solo fijada en un extremo para que así toda la carga recaiga sobre un apoyo.

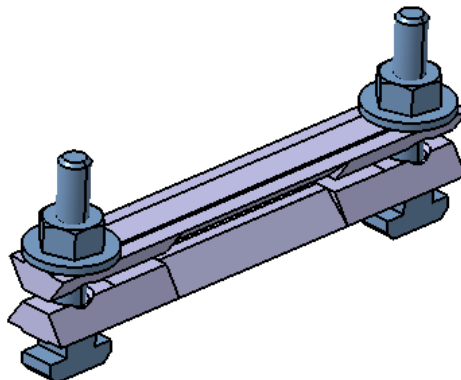


Figura 105. Caso de apoyo con tornillos y tuercas de fijación posicionados

El apoyo está compuesto por dos regletas, que se considera que es un apoyo ideal, es decir no sufre momentos, y la carga se reparte entre dos para las dos regletas (Figura 105). Por lo que para el caso de la mayor carga del banco es decir 20 kg sobre la barra de ensayo, se traducirán como 10 kg actuando en las regletas. Partiendo de las hipótesis, se definen en CATIA las condiciones de contorno para realizar la simulación de elementos finitos (Figura 106).

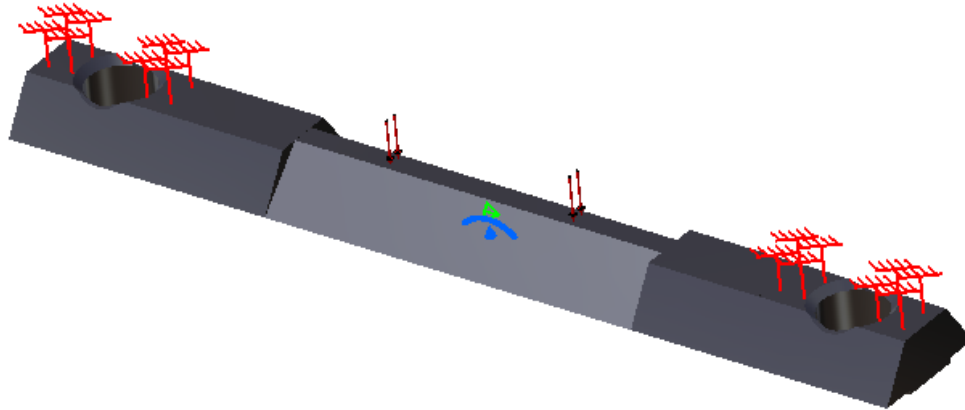


Figura 106. Condiciones de contorno aplicada en CATIA

3.2.2.1.3 RESULTADOS EN TENSIONES REGLETA

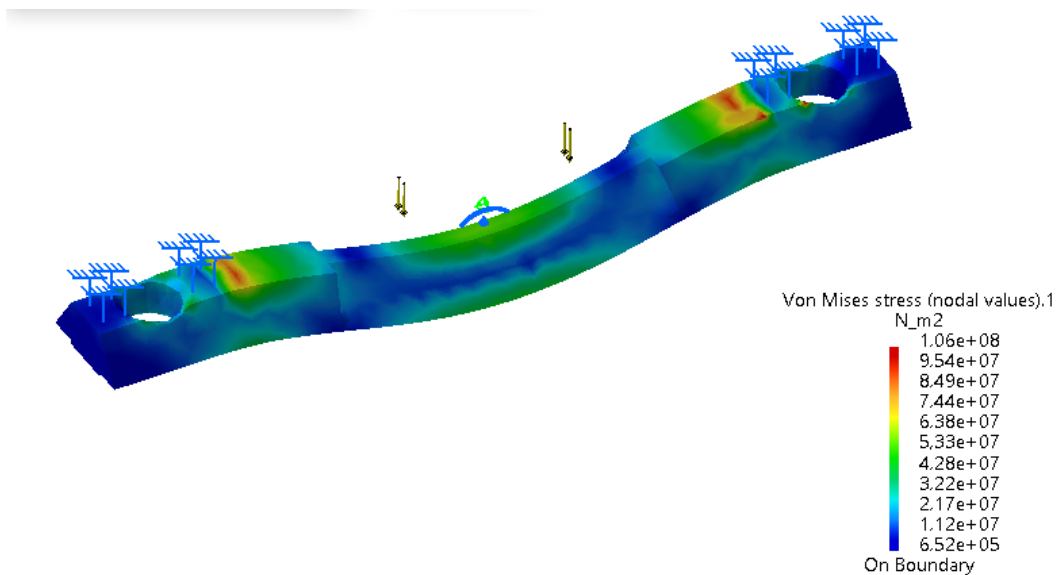


Figura 107. Distribución de Tensiones regleta.

A resultado de esto se observa, que respecto al límite elástico del material hay zonas en las que se supera (Figura 107), pese a que el mallado se podría haber realizado mucho más fino con una máquina que permita más poder computacional, pero da una idea de que no es adecuado. Con el fin de asegurar los resultados en tensiones se simula con otro material que ofrece el fabricante.

3.2.2.1.4 RESULTADO EN DESPLAZAMIENTOS REGLETA

Los resultados en desplazamientos de las piezas de fijación son de gran interés ya que una deflexión acusada afecta al desplazamiento de los componentes de ensayo.

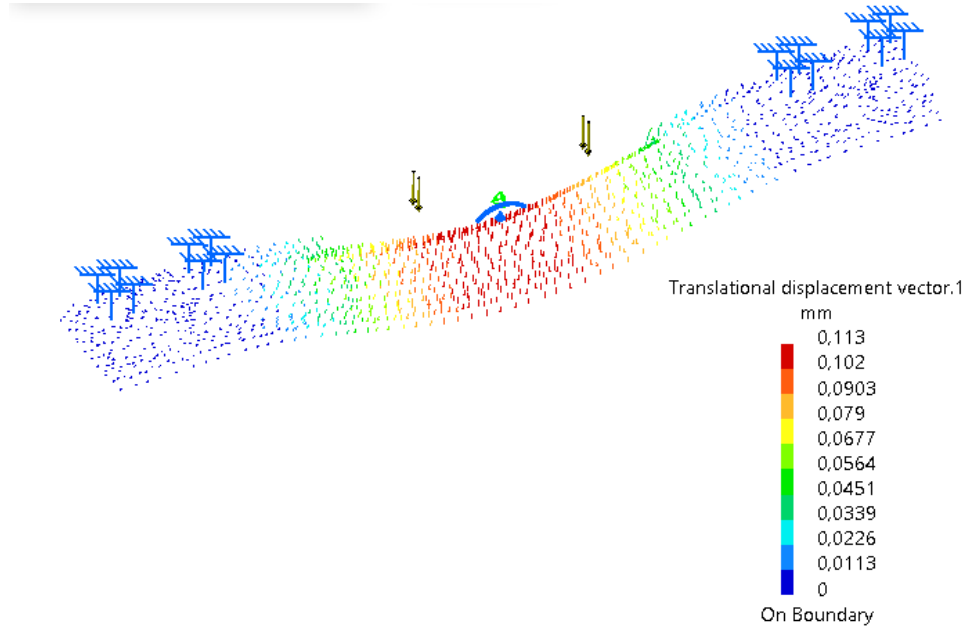


Figura 108. Resultado en desplazamientos de la regleta

Observando los resultados (*Figura 108*), por efecto de la deflexión en esta pieza se estaría a las mediciones un error para esta carga de 0,1 mm.

3.2.2.1.5 MODIFICACIONES REGLETA

Con el fin de resolver el problema de las tensiones en la pieza, se solicita la fabricación de esta en otro material que suministre el fabricante con el fin de elevar el límite elástico. Se opta por usar acero al carbono cincado como el aplicado en la barra de ensayo (*Figura 97*). Como consecuencia esto conlleva el aumento del módulo de Young por lo que tendrá mejor comportamiento en desplazamientos y mejorará la respuesta ante cargas.

3.2.2.1.6 VERIFICACIÓN FINAL REGLETA

Tras este cambio se verifica el correcto comportamiento en tensiones y desplazamientos de la regleta.

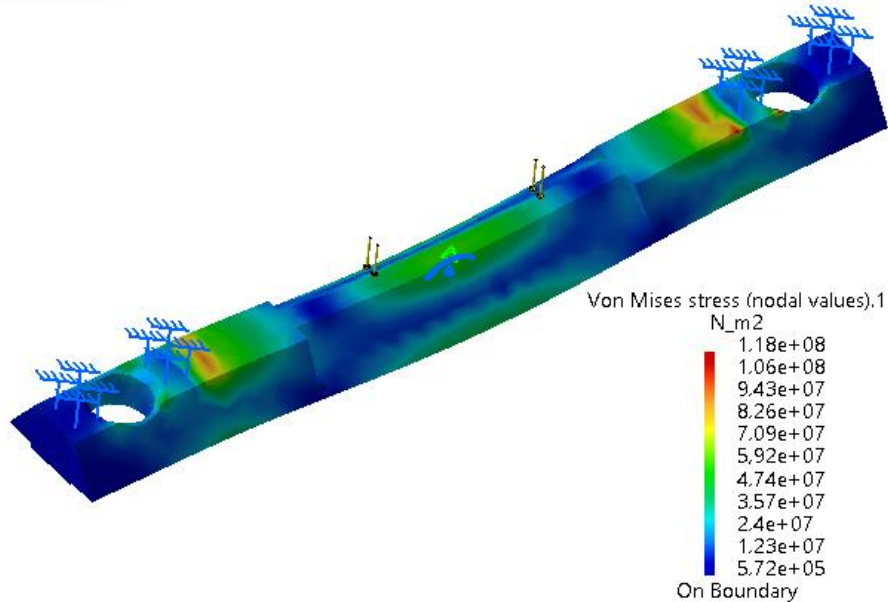


Figura 109. Tensiones con nuevo material

Las distribuciones de las tensiones son similares (Figura 109), pero al contar con un material con límite elástico de 250 MPa cumple de sobra las solicitaciones.

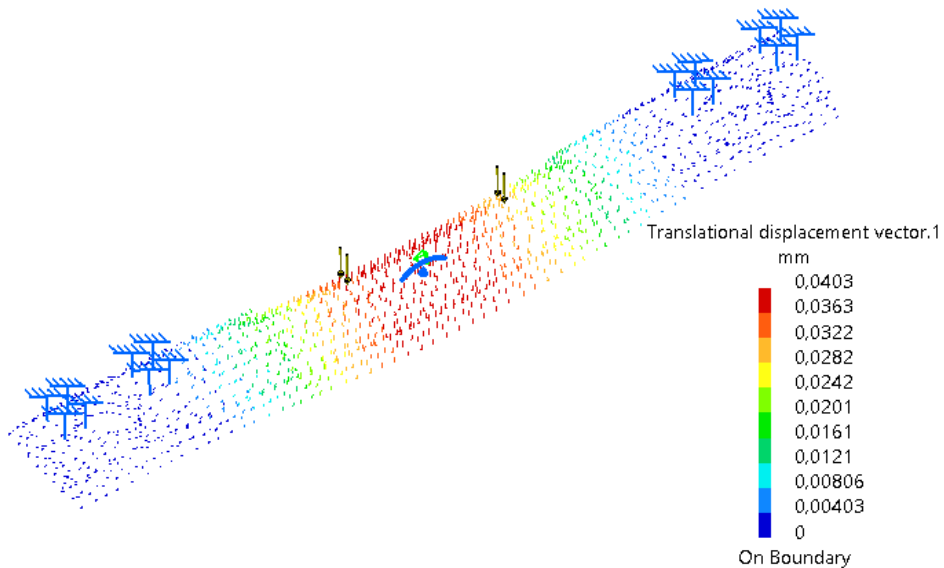


Figura 110. Nuevo campo de desplazamientos

El campo de desplazamientos si que se ve muy influido por este cambio, consiguiendo reducir la deflexión máxima a la mitad prácticamente (Figura 110). Y suficientemente pequeños comparándolo con los 6 mm de flecha de la barra.

3.2.2.2 CÁLCULO FEM PLETINA USADA EN EMPOTRAMIENTOS

3.2.2.2.1 PROPIEDADES DE LA PLETINA

Al igual que la regleta tras la modificación, en la pletina se cuenta con el mismo material de la barra de ensayo (Figura 111).

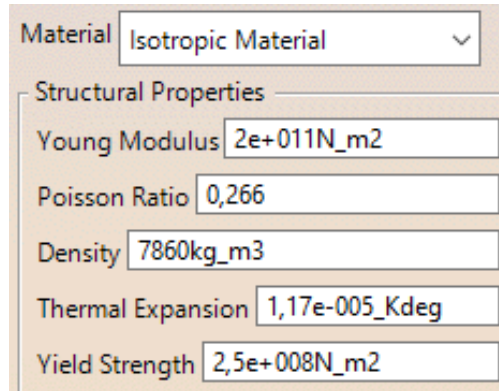


Figura 111. Características material pletina

3.2.2.2.2 CÁLCULO FEM PLETINA

Para el cálculo se definen las zonas de contacto y de empotramiento, siendo estas donde contactan las tuercas hexagonales (Figura 112).

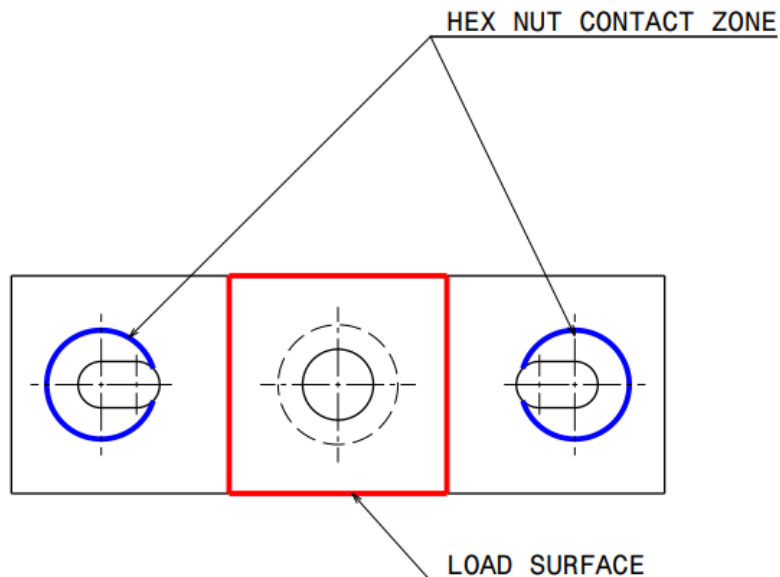


Figura 112. Zonas de contactos pletina

La zona central se define entera como zona de carga y se supone la hipótesis de que toda la carga se transfiere a partir de esa superficie, estas condiciones son trasladadas a CATIA junto la definición de su material y propiedades.

3.2.2.2.3 RESULTADOS DE LA PLETINA

Observando el resultado en tensiones (*Figura 113*) se aprecia que está suficientemente sobrado ya que se tienen tensiones de 15 MPa, y el acero del que se fabrican tienen límite elástico de 250 MPa.

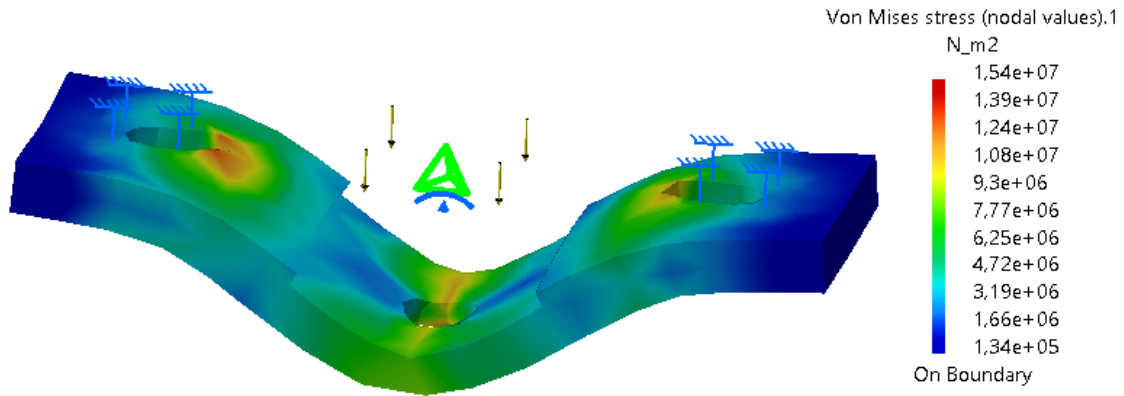


Figura 113. Resultados en tensiones pletina

Los desplazamientos que pueda tener son importantes porque en todos los soportes se utilizan las pletinas en la base, y un mal comportamiento condicionaría mucho.

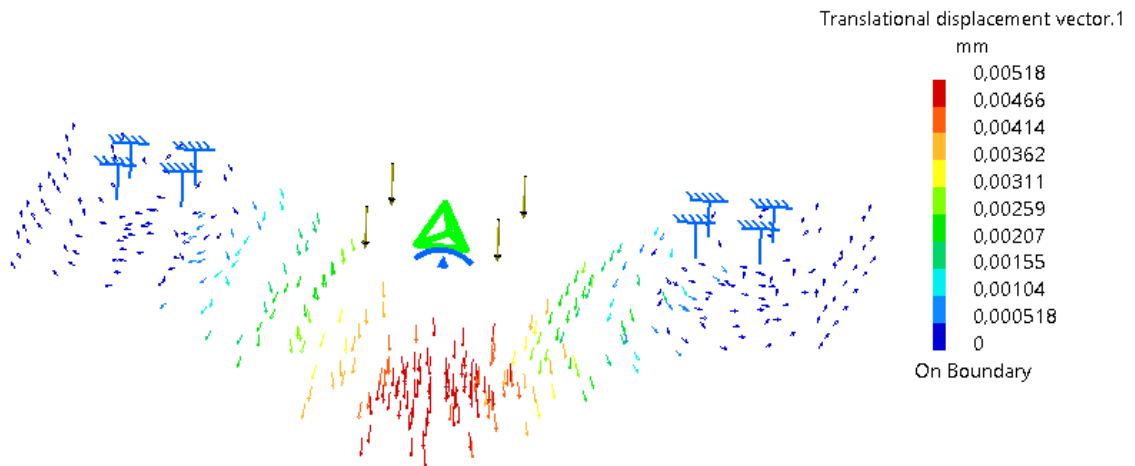


Figura 114. Resultado en desplazamientos pletina

El efecto de desplazamientos es inapreciable y desde luego no preocupante (*Figura 114*), esto puede deberse en gran medida al aumento de espesor que se dio a la hora de rediseñar la pieza.

- Los resultados que observamos con FEM son buenos y no influyentes, en el único caso que se observó que podía haber algún posible problema se cambió el material para garantizar resultados.

4 CONCLUSIONES DEL DISEÑO Y LÍNEAS FUTURAS

Los objetivos del trabajo en esta primera fase del trabajo se han cumplido y validado a través de uso de software, haciendo uso de ensamblaje para comprobar uniones mecánicas, y con simulaciones para ver que cumplían ante cargas. Los casos que se simulan en los actuales bancos van a poder realizarse todos con los útiles diseñados con la ventaja de la simplificación del montaje debido a la reducción de componentes usados y todos procedentes de catálogo comercial. Esto ha supuesto que se definan los componentes necesarios del catálogo comercial detectando cuáles eran las posibilidades de ensamblarlos ente sí para conseguir la funcionalidad. Las posteriores simulaciones de conjunto y de piezas aisladas han permitido verificar el buen comportamiento en tensiones y deformaciones que puedan afectar tomas de resultados. Este trabajo es continuado por la fase de montaje.

No obstante, los siguientes pasos será la petición de presupuesto a la empresa para tener un coste estimativo de la parte mecánica del banco, y poder comparar así con empresas en la industria y sus productos.

También ha de utilizarse los útiles de medida para verificar que las piezas prototipadas para la realización de fijaciones son de verdad válidas, es decir, las fijaciones de los soportes deben ser comparadas con los resultados obtenidos usando el banco homólogo SE 100.47 de GUNT Hamburg (*Figura 4*) para el mismo caso de ensayo. Así se prueban en funcionamiento para a partir de ellas decidir si hay alguna modificación sobre las ya diseñadas, y como se implementan las mejoras. En caso de detectar incoherencias o malos comportamientos entraría en juego una siguiente revisión del proyecto donde se remodelarían los componentes.

5. MEJORAS Y OTRAS FUNCIONALIDADES

5.1 SEGUNDA FASE DEL TRABAJO

Como se ha comentado en líneas futuras la continuación de este trabajo consiste en el montaje del marco de ensayos. Con el montado se determinará experimentalmente como de parecidos son los resultados para los mismos ensayos en este banco comparándolo con el banco comercial del que se dispone. De esta forma se podrá detectar fallos y poder corregirlos, y detectar un cierto porcentaje de error con el caso modelo.

Con esta segunda fase podrá iniciarse una segunda revisión, estudiando nuevas funcionalidades y piezas para adaptar a mayor rango de estructuras.

5.2 ARTICULACIÓN

Con el fin de poder orientar los soportes en la dirección que se quiera, no solamente perpendicular al marco, se estudiará, tras la validación en el laboratorio como se adaptará la siguiente articulación del catálogo FASTEN (*Figura 115*), permitiendo así la orientación del soporte.

Articulación regulable 40x40 Aluminio

Pivot joint 40x40 with locking lever Aluminium

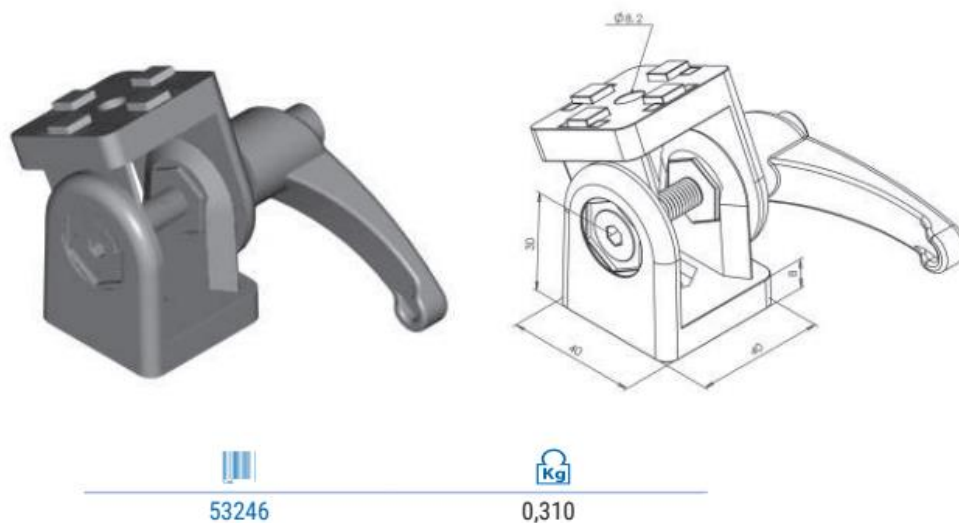


Figura 115. Articulación FASTEN [4]

Sobre la parte superior como indica el nombre del artículo se coloca un perfil de 40x40, ahí en principio no habría más problema ya que con un tornillo de fijación central podría fijarse. La parte inferior de la articulación se colocaría sobre la pletina de la base y se deberá fijar de alguna forma, ahí entra que se estudie tras la validación ya que teóricamente el diseño realizado de los soportes no debería modificarse en gran medida para su posible adaptación.

5.3 PERFILES INTEGRADOS

Con el fin de facilitar las tareas de montaje del marco se podría optar por este tipo de perfiles extruidos integrales, que brindan también la funcionalidad de tener carriles paralelos (Figura 116).

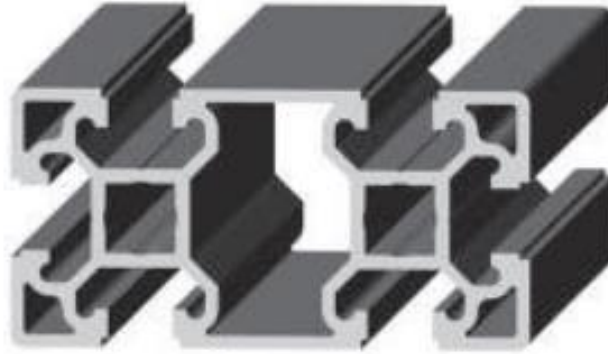


Figura 116. Perfiles extruidos integrales [4]

Al fabricarse así tienen como resultado una menor inercia (Figura 117) que, si se sitúan dos perfiles 40x40 independientes en paralelo, pero muy ligera, de en torno 1 cm^4 .

$$\frac{I_x \text{ cm}^4}{16,9}$$

Figura 117. Inercias de los perfiles integrales

Se debe comentar que para este caso no se optó por esta alternativa porque se quería buscar la intercambiabilidad con los bancos que se disponía en laboratorio, y son de perfiles independientes.

5.4 SUSTITUCIÓN DE ESCUADRAS

Con el fin de simplificar las uniones del marco hechas con escuadras, se probará en el Laboratorio a realizarlas usando los tornillos de fijación central para unir perfiles en perpendicular. Esto supondría una reducción del número de componentes necesarios, aunque tendría que ser validado en cargas y desplazamientos. Es el mismo mecanismo utilizado para fijar en los soportes el perfil a la pletina, pero utilizado para unir dos perfiles en perpendicular.

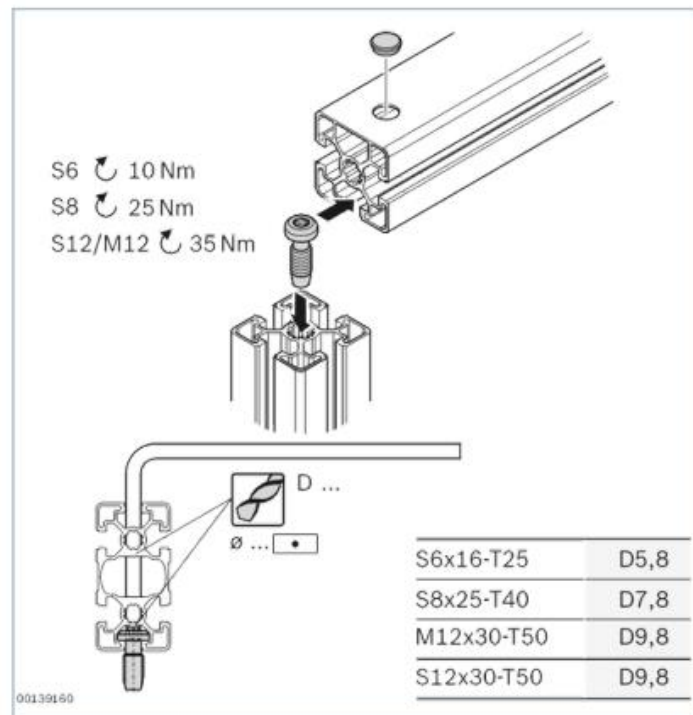


Figura 118. Ensamblaje sugerido a probar [6]

Como se ve en la (Figura 118), la cabeza quedaría encajada en uno de los perfiles y en el otro roscaría, simplemente es necesaria la realización de un taladro para poder apretar con la llave Allen.

5.5 NUEVO FORMATO DE ESTRUCTURA DE ENSAYO

Con el fin de resolver problemas de trabajar conjuntos de varias barras y sus fijaciones, tras la validación del trabajo realizado, se estudiará la implementación de un concepto distinto de conjuntos estructurales. Para ello realizando las adaptaciones necesarias de componentes y útiles de ensayo. Un ejemplo de las posibilidades de este tipo de conjuntos de ensayo son los ofrecidos por GUNT Hamburg (Figura 119).

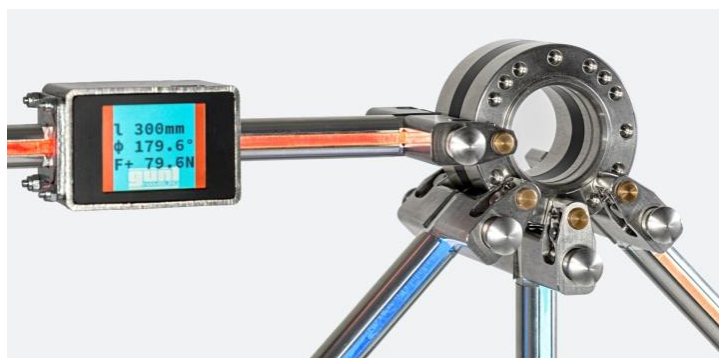


Figura 119. Articulación de varias barras de ensayo. [2]

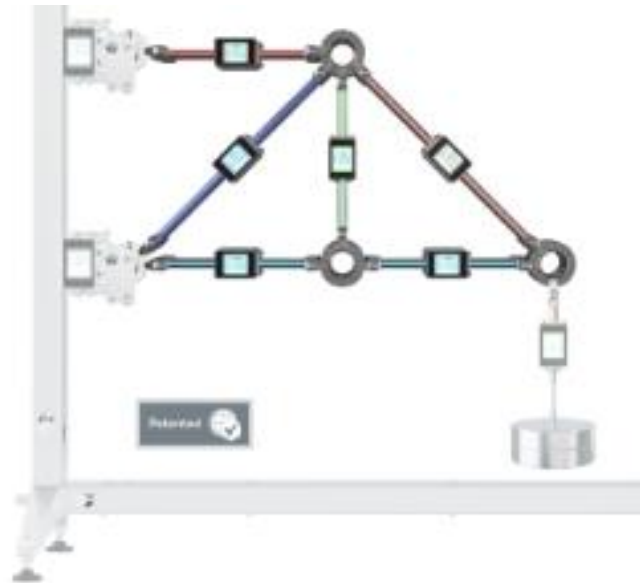


Figura 120. Conjunto de varias barras, GUNT Hamburg [2]

Esta línea de producto de la empresa permite la configuración de geometría personalizada que se desee. Los perfiles utilizados permiten la unión en nudos y los extremos permiten ser fijados (*Figura 120*). Además, cuenta con un software de monitorización de resultados, usando sensores en cada una de las barras que la componen. La posibilidad de tener el banco adaptada a este tipo de estructuras de ensayo resolvería el caso de ensayar todas configuraciones posibles, el único problema sería que se limita a unas únicas propiedades de materiales y secciones.

REFERENCIAS

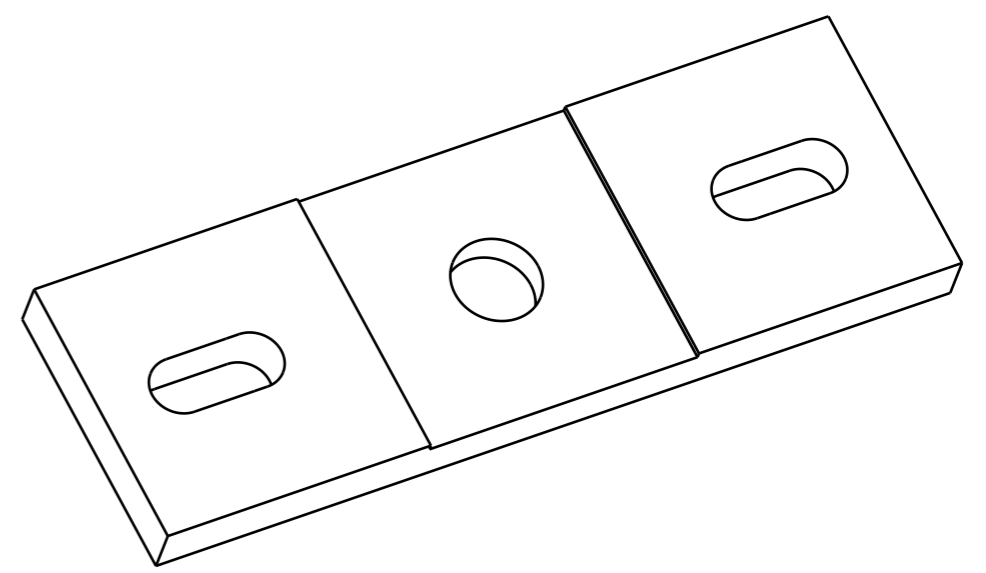
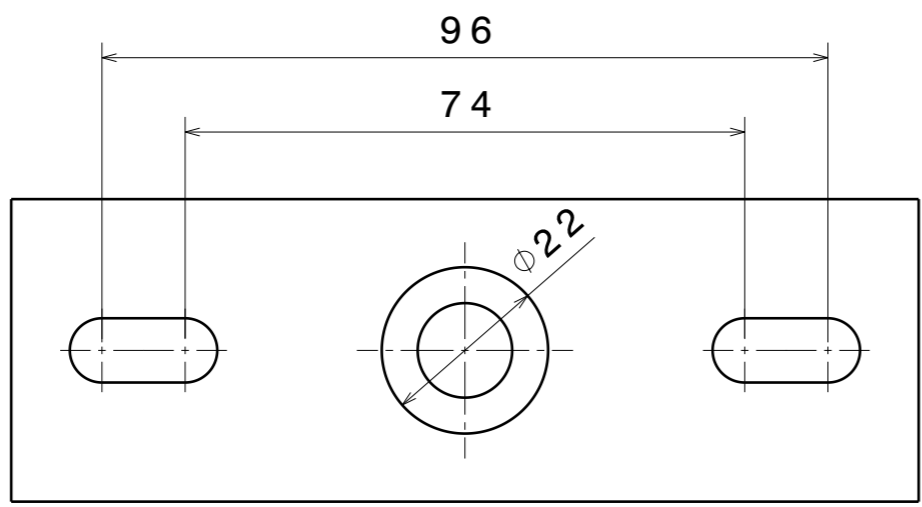
- [1] Catálogos y productos comerciales de la empresa EDIBON. Recopilado de (<https://www.edibon.com/es>)
- [2] Catálogo e información recopilada de la web de GUNT Hamburg. Recopilado de (<https://www.gunt.de/es/>)
- [3] Información sobre sensores de hilo de ASM Posiwire. (<https://www.asm-sensor.com/en/posiwire-wegseil-sensoren.html>)
- [4] Catálogo comercial de la empresa FASTEN. (<https://www.fasten.es/>)
- [5] Página web de la empresa SACOR S.L (<https://frs-cnc.com/>)
- [6] Catálogo e información recopilado de (<https://store.boschrexroth.com/>)
- [7] Página web de Detalles Constructivos. (<https://www.detallesconstructivos.net>)
- [8] A. Chevallier , LIMUSA 2004, Dibujo Industrial.
- [9] Hexagon Nuts with flange, DIN 6923.
- [10] Página web que ofrece material didáctico sobre Física, (<https://www.ingenierizando.com/>)
- [11] Página web que recopila información sobre automatismos y electrónica. (<https://learnchannel-tv.com/en/welcome-learnchannel/>)
- [12] H.M EL MIZEB (2019), Análisis estático de estructuras de barras mediante el módulo de elementos finitos de CATIA. Validación y Aplicación. Recopilado de ([http://uvadoc.uva.es/handle/10324/38441.](http://uvadoc.uva.es/handle/10324/38441))

ANEXO

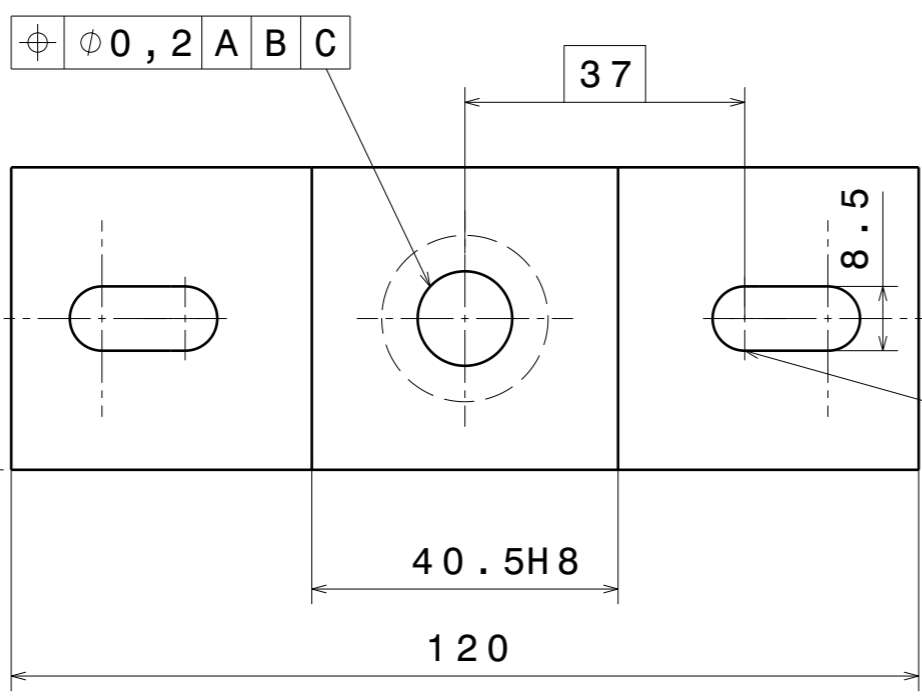
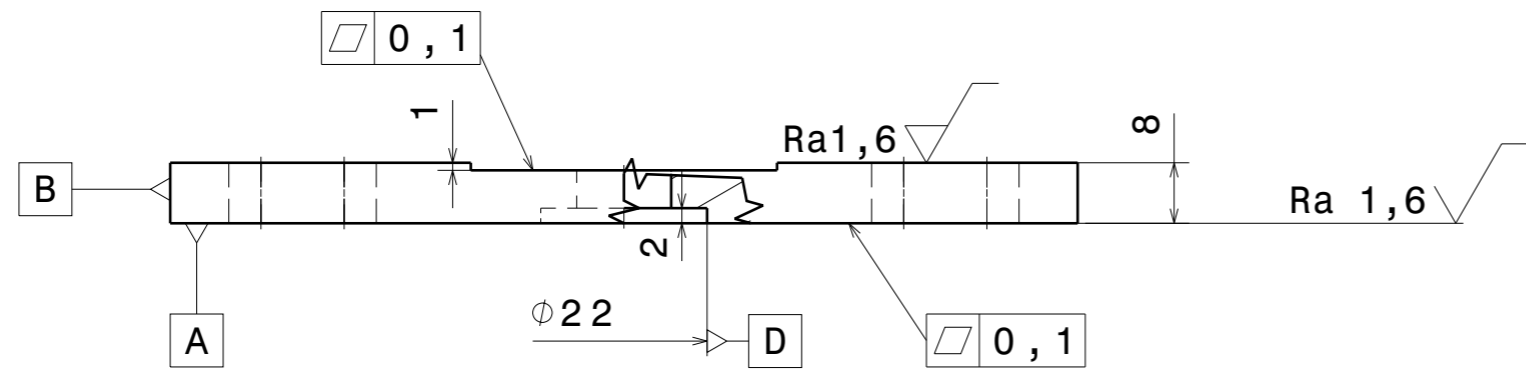
A continuación, se muestran los planos en el orden en el que se referencian a lo largo del documento para poder visualizarlos en detalle.

H G F E D C B A

4
3
2
1



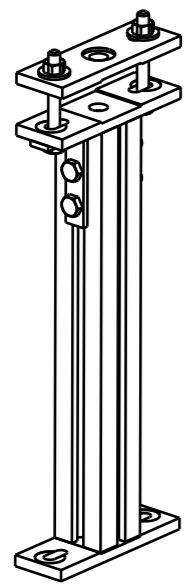
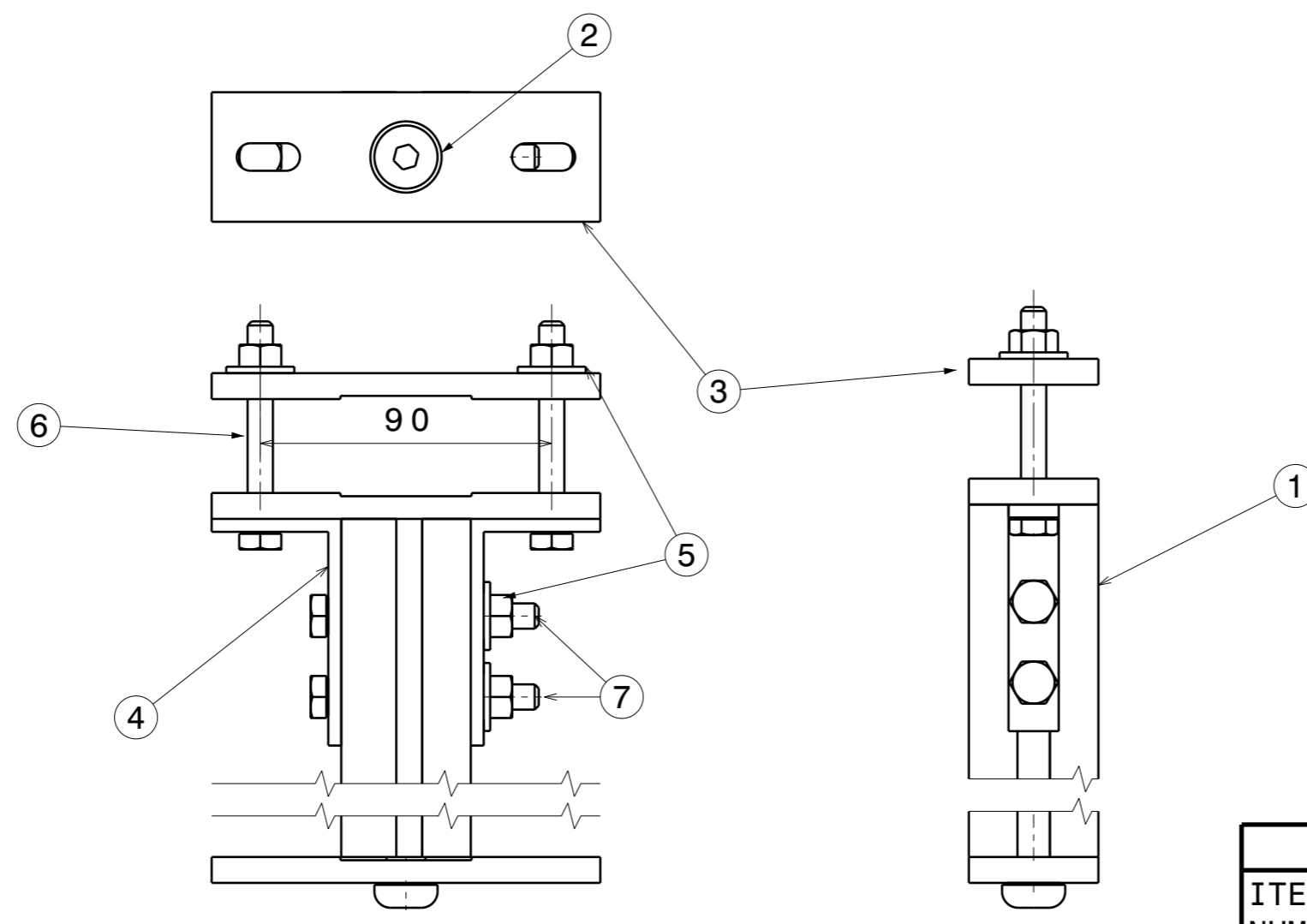
ISOMETRIC VIEW (NOT TO SCALE)



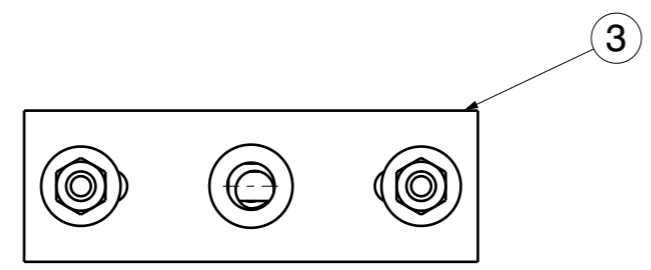
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Dimensiones	Material	Nº Plano - Referencia
		Component Name: PLETINA SOPORTE	Expresión Gráfica en la Ingeniería Universidad de Valladolid			
		Assembly Name: BANCO DE ENSAYOS	DENOMINACION BANCO DE ENSAYOS PART #01			
		Tolerancia general: ISO 2768-m Ra 3.2	Firma: DIEGO	SCALE 1:1	DATE 04/06/2023	Designer: D. CABALLERO SHEET -
		Apellidos y Nombre: CABALLERO DE LA CALLE, DIEGO			Titulacion: Ingeniería Mecánica	SIZE A3

H G F E D C B A

H G F E D C B A



Isometric view
Scale: 1:5

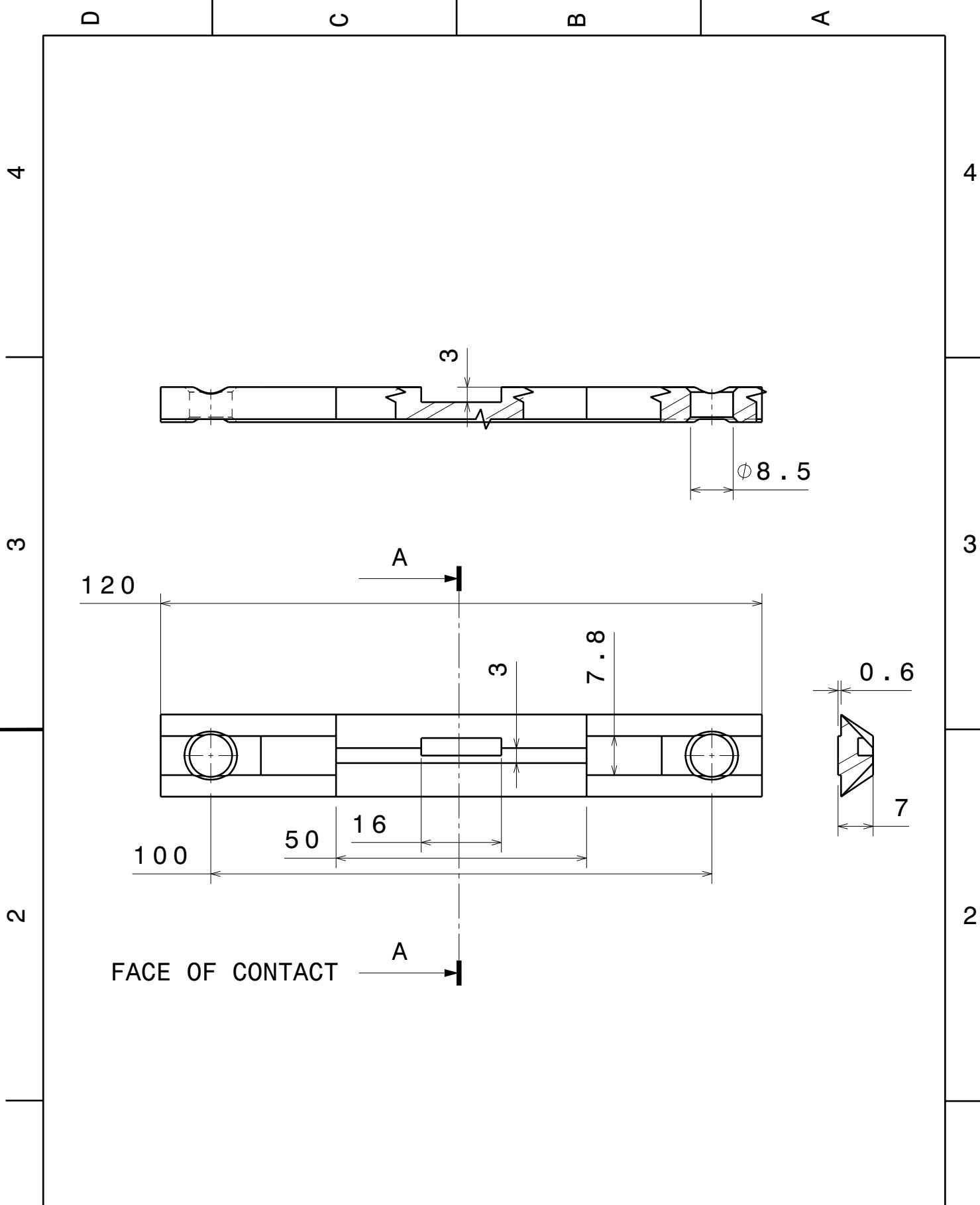


Bill of Material: Apoyo_elevacion

ITEM NUMBER	Quantity	Part Number
1	1	PERFIL 300 mm
2	1	CENTRAL FIX BOLT M12x50
3	3	PLETINA MODIF. (REF. 53232)
4	2	ANGULO SUJECCION MODIF. (REF. 53221)
5	4	ISO 4032 NUT M8 STEEL GRADE A HEXAGON
6	4	ISO 4017 SCREW M8x65 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD

Component Name: SOPORTE EMPOTRAMIENTO		Expresión Gráfica en la Ingeniería	
Assembly Name: BANCO ENSAYOS		Universidad de Valladolid	
Tolerancia general: ISO 2768- Cal. Sup.: ✓		SOPORTE EMP.	
Firma: DIEGO		SCALE :	DATE : 2006/2023
Apellidos y Nombre: CABALLERO DE LA CALLE DIEGO		ASIGNATURA : <i>Dibujo Industrial</i>	SHEET : X
		Titulacion: Ingeniería Mecánica	SIZE : A3

H G F E D C B A



Component Name: REGLETAS FIJACIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería Universidad de Valladolid		
Assembly Name: APOYOS		DENOMINACION BANCO DE ENSAYOS PART#02		
Tolerancia general: ISO 2768-m	Firma: DIEGO	SCALE 1:1	DATE 07/06/2022	ASIGNATURA <i>Dibujo Industrial</i>
Cal. Sup.: Ra 3,2				SHEET 2
Apellidos y Nombre: CABALLERO DE LA CALLE, DIEGO			Titulacion: Ingeniería Mecánica	SIZE A4

D C B A

4

4

3

3

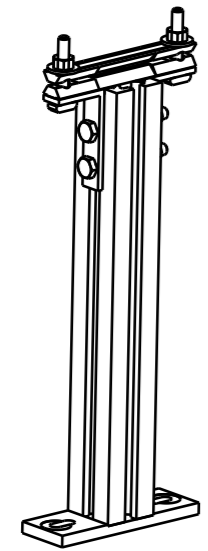
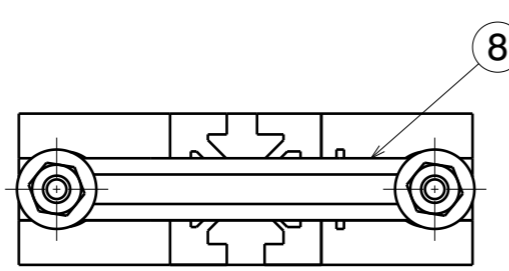
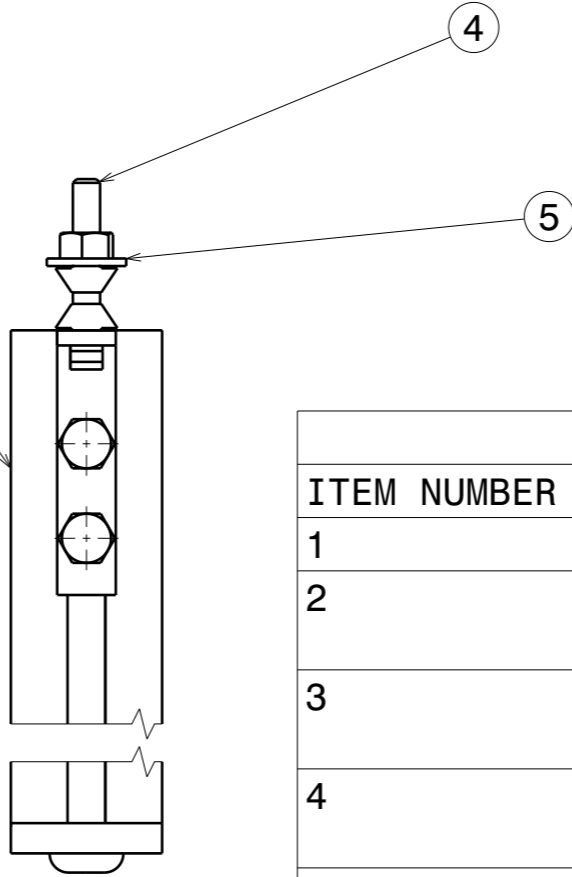
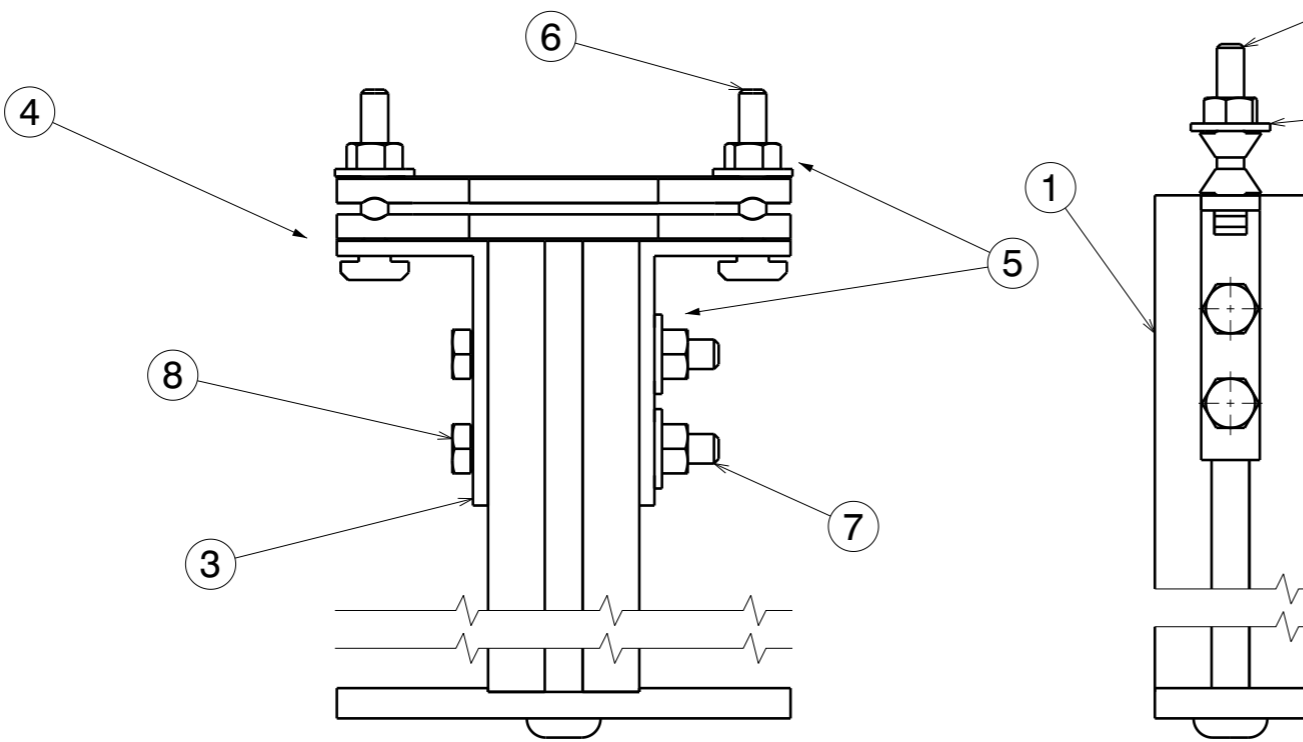
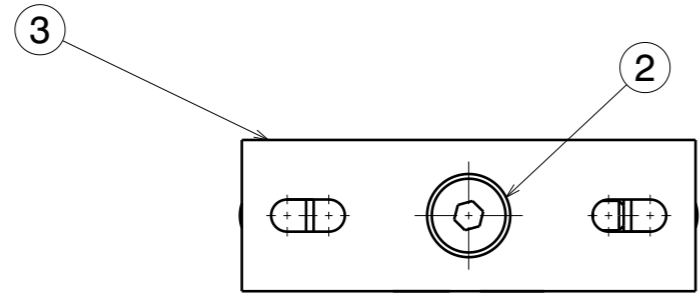
2

2

1

1

FACE OF CONTACT



Isometric view
Scale: 1:5

Bill of Material: Apoyo_elevacion

ITEM NUMBER	Quantity	Part Number
1	1	PERFIL
2	1	TORNILLO FIJACION CENTRAL M12x50
3	1	PLETINA UNION (5323) MODIF.
4	2	ANGULO SUJECCION (53221) MODIF.
5	4	ISO 4032 NUT M8 STEEL GRADE A HEXAGON
6	2	ISO 4017 SCREW M8x45 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD
7	2	ISO 4017 SCREW M8x65 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD
8	2	REGLETA, PERFIL EN T (52103000) MODIF.

Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Dimensiones	Material	Nº Plano - Referencia
Component Name: SOPORTE APOYO			Expresión Gráfica en la Ingeniería			
Assembly Name: BANCO ENSAYOS			Universidad de Valladolid <small>INGENIERIA MECANICA</small>			
Tolerancia general: ISO 2768- Cal. Sup.: ✓			Firma: DIEGO		SOPORTE APOYO ASIGNATURA: <i>Dibujo Industrial</i> Titulacion: Ingeniería Mecánica SHEET: X SIZE: A3	
Apellidos y Nombre: CABALLERO DE LA CALLE DIEGO			SCALE: :	DATE: 20/06/23		

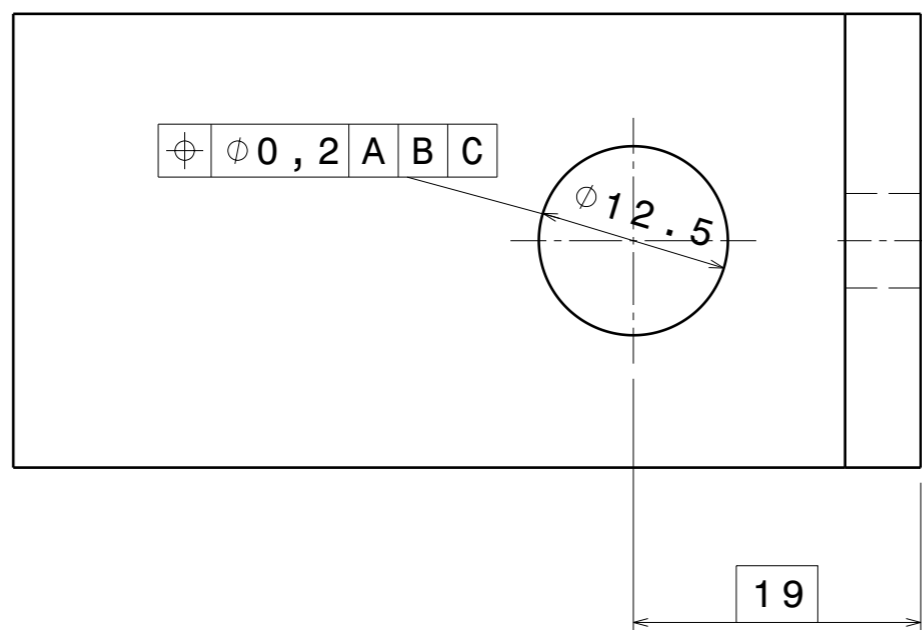
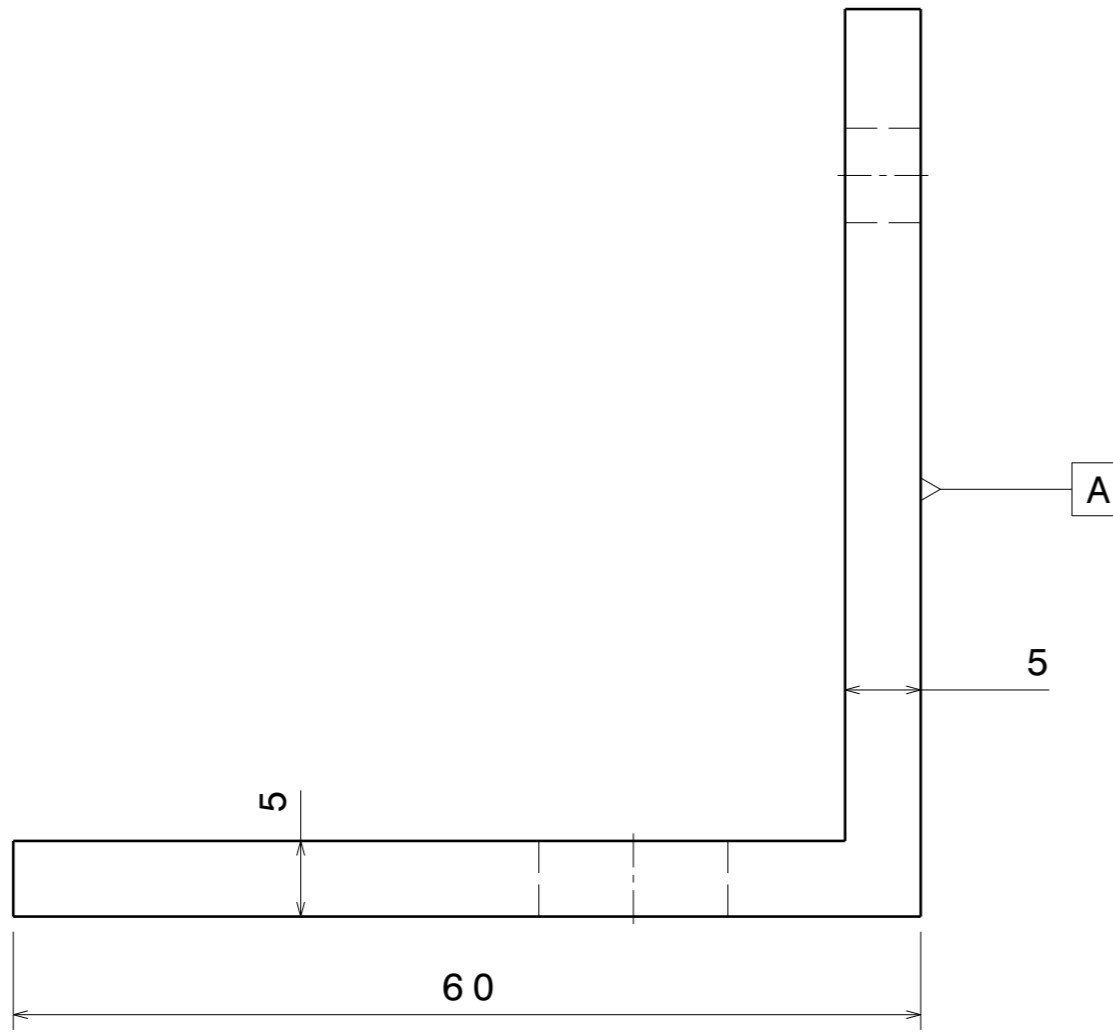
H G F E D C B A

4

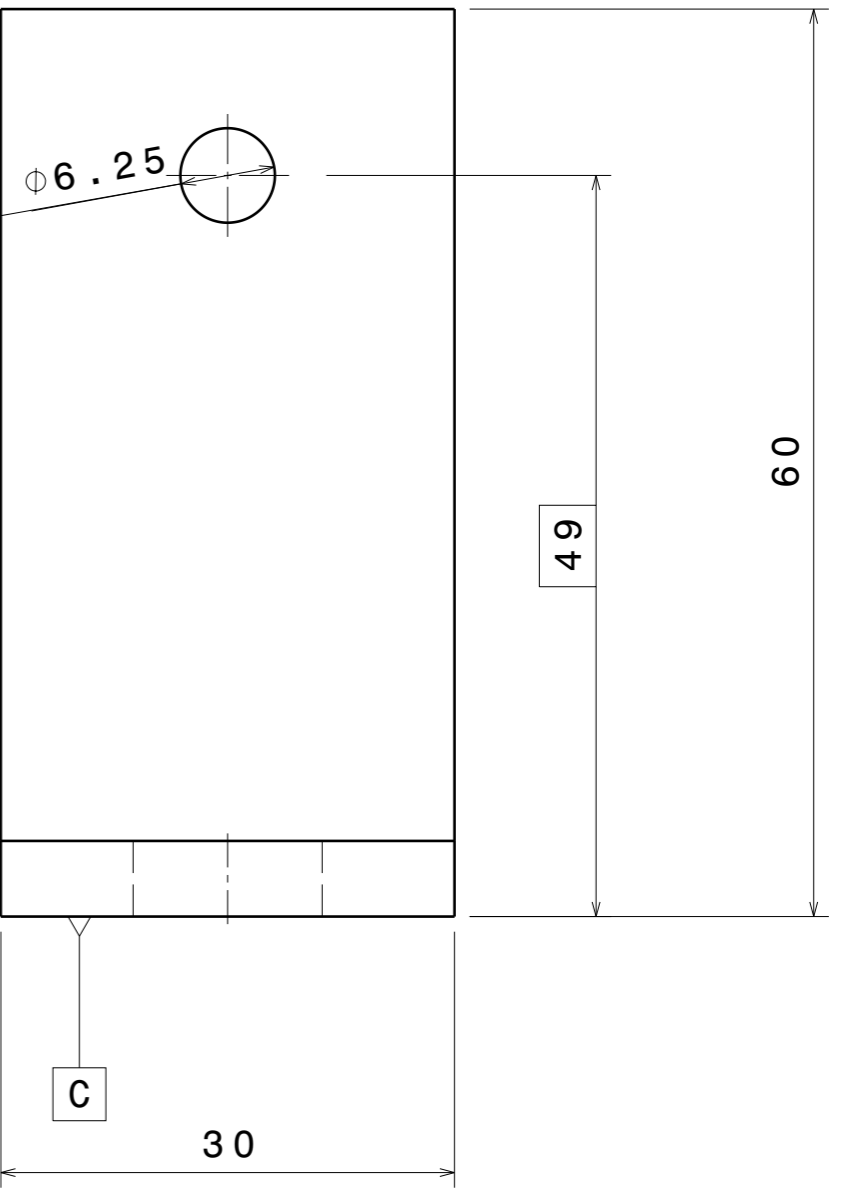
3

2

1



⊕ 0,2 A B C



4

3

2

1

Component Name: SOPORTE POLEA		Expresión Gráfica en la Ingeniería Universidad de Valladolid		
Assembly Name: BANCO ENSAYOS		DENOMINACION BANCO DE ENSAYOS		
Tolerancia general: ISO 2768-m	Firma: DIEGO	SCALE :	DATE 25/06/2022	SHEET 1/X
Ra 3,2		Apellidos y Nombre: CABALLERO DE LA CALLE DIEGO		Titulacion: Ingeniería Mecánica
				SIZE A3

H G F E D C B A

H G F E D C B A

4

3

2

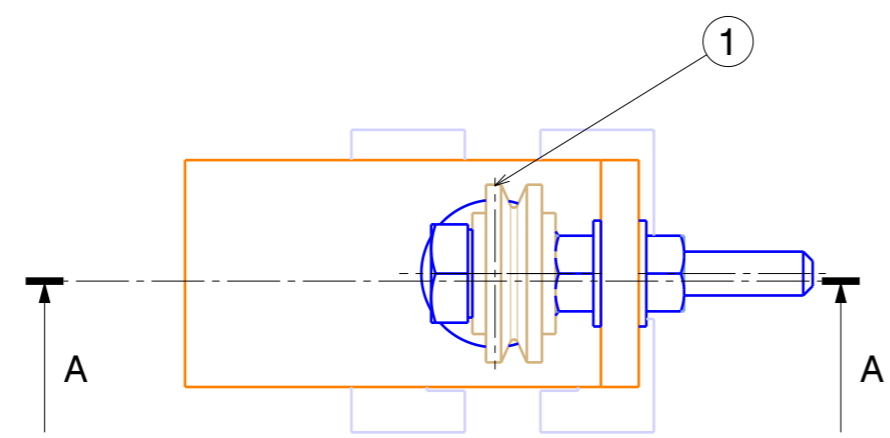
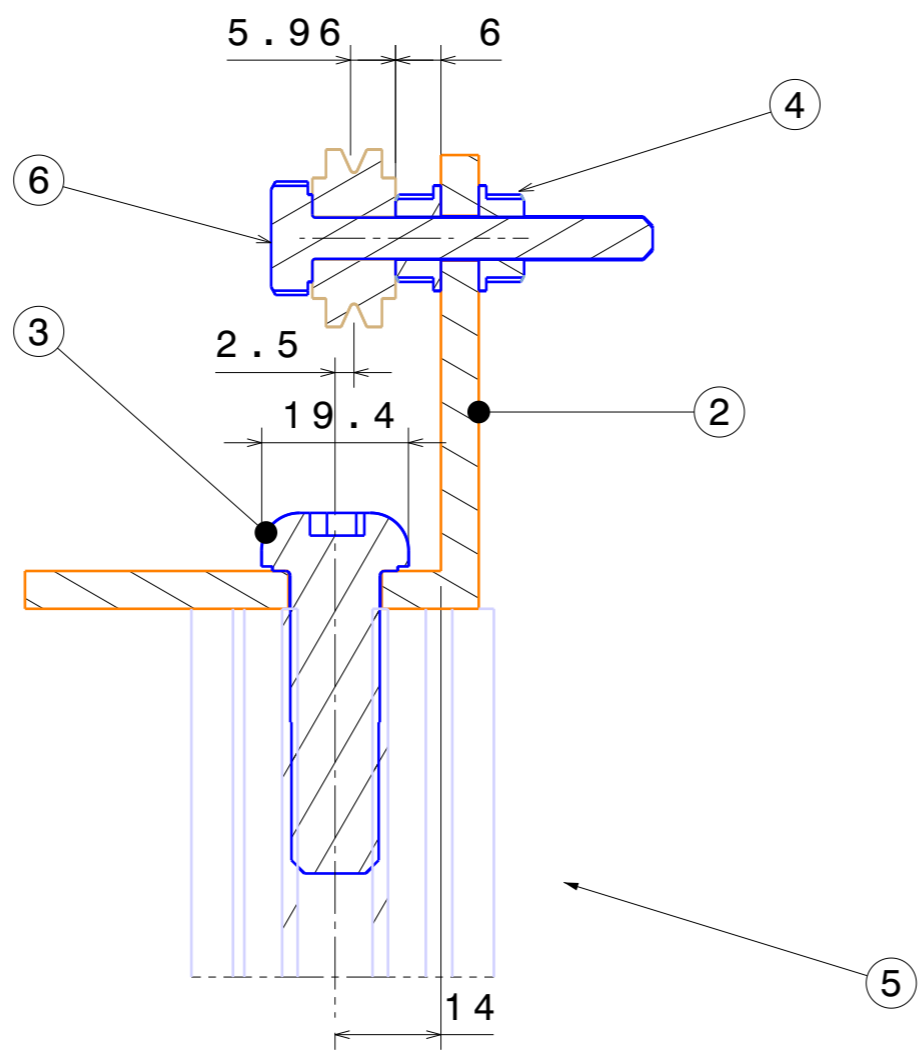
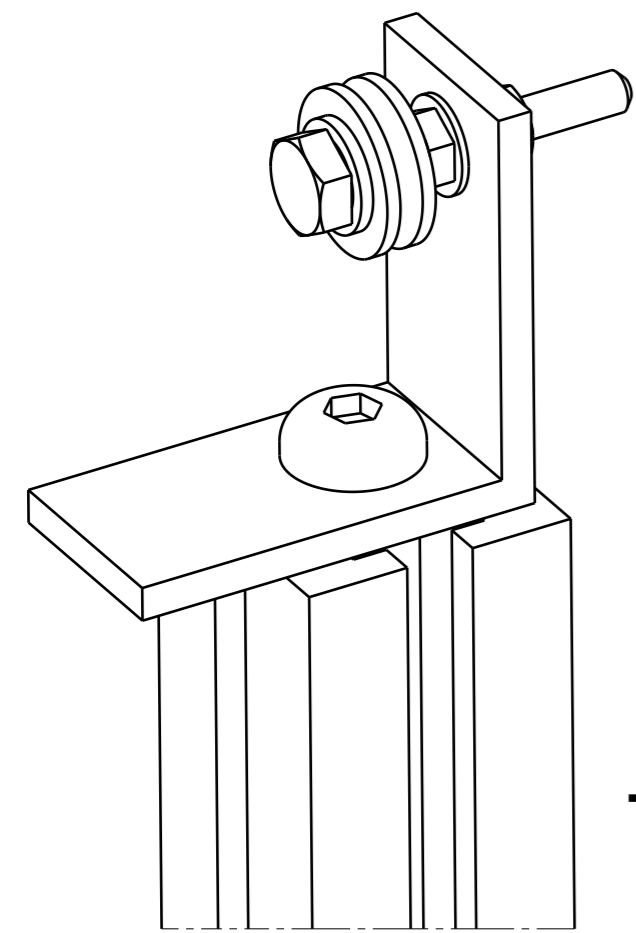
1

4

3

2

1



Bill of Material: POLEA ASSY

ITEM NUMBER	Quantity	Part Number
1	1	RUEDA EN V (REF.55342)
2	1	SOPORTE POLEA (REF.53221) MODIF.
3	1	CENTRAL FIX BOLT M12X50
4	2	DIN 6923NUT M6
5	1	PERFIL 300mm
6	1	ISO 4017 SCREW M6x45 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD

DESIGNED BY:
CABALLERO.D
DATE:
0/06/2023

CHECKED BY:
DATE:

SIZE
A3

SCALE
1:1

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

BANCO DE ENSAYOS

DRAWING NUMBER
POLEA ASSY

SHEET
1/1

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

H G F E D C B A

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